

Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Arendsee

Abschlussbericht

Auftraggeber: **Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee**
Töbelmannstraße 1
39619 Arendsee (Altmark)

Datum: **18.12.2014**

bearbeitet durch: **BPM Ingenieurgesellschaft mbH**
Waisenhausstraße 10
09599 Freiberg



Dr.-Ing. M. Neumann



Dr. H. Fritz



M.Sc. K. Kempe

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis	5
Anlagenverzeichnis.....	7
1 Einleitung	8
1.1 Politische Hintergründe.....	8
1.2 Wirtschaftliche Hintergründe.....	9
1.3 Zielsetzung	10
2 Ausgangszustand	12
2.1 Lage und Größe	12
2.2 Bevölkerung	13
2.3 Tourismus.....	14
2.4 Schutzgebiete.....	15
2.5 Wärmeenergie- und CO ₂ -Verbrauch	16
2.5.1 Datenerfassung.....	16
2.5.2 Ergebnisse	17
3 Einspar- und Effizienzpotentiale.....	21
3.1 Einsparung von Energie	21
3.1.1 Energetische Gebäudesanierung	21
3.1.2 Nicht-investive Maßnahmen	23
3.2 Steigerung der Energieeffizienz.....	24
3.2.1 Erneuerung des Wärmeerzeugers.....	24
3.2.2 Optimierung des Heizsystems.....	24
3.2.3 Wärmenetze.....	25
3.3 Ausbau der erneuerbaren Energien.....	28
3.3.1 Solarthermie.....	28
3.3.2 Biomasse	31
3.3.3 Geothermie	34
3.3.4 Schlussfolgerung.....	39
4 Alternative Wärmeversorgung	41
4.1 Technisches Konzept.....	41
4.1.1 Flächeninanspruchnahme	42
4.1.2 Bohrung	43
4.1.3 Geothermische Heizzentrale (GHZ)	44
4.1.4 Wärmenetz.....	47

4.2 Energetisches Konzept.....	48
4.2.1 Datenauswertung	48
4.2.2 Wärmeenergiebedarf.....	49
4.2.3 CO ₂ -Verbrauch und Primärenergiefaktor	50
4.3 Wirtschaftliches Konzept	51
4.3.1 Ausgaben.....	51
4.3.2 Einnahmen	55
4.3.3 Bewertung der Wirtschaftlichkeit	59
5 Zusammenfassung	62
6 Quellenverzeichnis	65

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Auflistung der zugehörigen Ortsteile/Ortschaften Arendsee	12
Tab. 2:	Datenerfassung und Hochrechnungsfaktoren	17
Tab. 3:	Umrechnungs- und Emissionsfaktoren der Wärmeträger	17
Tab. 4:	Ermittlung des gewichteten Primärenergiefaktors des Projektgebietes	19
Tab. 5:	Ermittlung der CO ₂ -Emissionen bei einer Wärmebedarfsabdeckung durch Solarthermie	31
Tab. 6:	Übersicht der betrachteten Biomassequellen	32
Tab. 7:	Zusammenfassung des Biomassepotentials im Umkreis von 15 km um Arendsee (*ALENSYS ENGINEERING GMBH [2007], ** FNR E.V. [2010], *** FNR E.V. [2014a])	33
Tab. 8:	Übersicht der im Umfeld vorhanden und geplanten Biogasanlagen (Anlage 8) (* KLEBE [2014], ** FREDERKING [2014])	33
Tab. 9:	Zusammenstellung der vorliegenden Studien zum geologischen Kenntnisstand	37
Tab. 10:	Bohrprofil der Bohrung E Arendsee 10/82 bis Muschelkalk [EBERWEIN 2006; KABUS & SEIBT 1998a]	37
Tab. 11:	Zusammenstellung der Parameter des geothermischen Aquifers „Wealden“ [KABUS 2007; SCHNEIDER et al. 1999a]	38
Tab. 12:	Einsparung an CO ₂ -Emissionen des Projektgebietes durch den Ausbau erneuerbaren Energien	40
Tab. 13:	Je Rohrdurchmesser zu verlegende Rohrlänge	48
Tab. 14:	Anzahl der Gebäude je Gruppe	49
Tab. 15:	Ermittlung der CO ₂ -Emissionen sowie des gewichteten Primärenergiefaktors der alternativen Wärmeversorgung	51
Tab. 16:	Investitions- und Ersatzinvestitionskosten gruppiert nach Kostengruppen	52
Tab. 17:	Fixkostenermittlung als prozentuale Anteile der Investitionskosten	53
Tab. 18:	Berücksichtigte Tilgungszuschüsse des KfW-Programms Erneuerbare Energien "Premium"	58
Tab. 19:	Ermittlung des KWK-Zuschusses der ersten 30.000 Betriebsstunden des BHKWs (4,84 Jahre)	58

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aufteilung des Energieverbrauchs in Deutschland (Bezugsjahr 2011) [BMW 2011].....	9
Abb. 2: Entwicklung der Verbraucherpreise in Deutschland [BMW 2014].....	10
Abb. 3: Projektgebiet des Energie- und Klimaschutzkonzeptes.....	13
Abb. 4: Darstellung und Vergleich der Bevölkerungsentwicklung und -prognose der Stadt Arendsee und des Bundeslandes Sachsen-Anhalt [nach STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT 2013].....	14
Abb. 5: Anzahl von Tagen kleiner/gleich der Außentemperatur (Auswertung von Tagesmittelwerten der Klimastation Marnitz ca. 55 km nordwestlich von Arendsee [DWD 2014])	17
Abb. 6: Wärmeverbrauch der Stadt Arendsee (links: jährlich, rechts: aufgeteilt nach privaten und öffentlichen Gebäuden)	18
Abb. 7: Wärmeträgerverteilung und CO ₂ -Emissionen der Stadt Arendsee	18
Abb. 8: Rohstoffkosten der Stadt Arendsee	20
Abb. 9: Vergleichswerte der ENEV [2014] zum Endenergiebedarf von Gebäuden (links) und dessen prozentuale Verteilung der Gebäude von Arendsee (rechts).....	22
Abb. 10: Energieströme in einem unsanierten (links) und komplex sanierten (rechts) Einfamilienhaus [SAENA 2012]	23
Abb. 11: Wärmenetzformen [FRAUNHOFER UMSICHT 2001]	25
Abb. 12: Gleichzeitigkeitsfaktor in Abhängigkeit der Anzahl an Wärmeabnehmern [geändert nach WINTER et al. 2001b)]	26
Abb. 13: Charakteristischer Wärmebedarf einer Wohnsiedlung (links: konventionell [geändert nach FRAUNHOFER UMSICHT 2001]; rechts: erwarteter Tagesgang basierend auf Niedertemperatur).....	27
Abb. 14: Betriebsstunden der mittels Erfassungsbogen aufgenommenen Wärmegestehungsanlagen.....	28
Abb. 15: Mittlere Monatssummen der Globalstrahlung (1981 – 2010) an der Station Marnitz [DWD 2013]	29
Abb. 16: rechts: Bestimmung der Globalstrahlung in Abhängigkeit der Ausrichtung und Neigung der Fläche [SOLARTECHNIK MINDEN 2012] links: Monatlicher Solarenergiegewinn eines südorientierten Kollektors in Abhängigkeit von der Neigung [LUTZ 2008].....	29
Abb. 17: Vergleich zwischen monatlichem Wärmebedarf und nutzbarem solarem Eintrag sowie die sich daraus ergebende solare Abdeckung.....	31
Abb. 18: Übersicht der Nutzungsarten von oberflächennaher Geothermie: a) Erdwärmesonden, b) Erdwärmekollektoren, c) Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage [LAGB 2012].....	34
Abb. 19: Übersicht der Nutzungsarten von tiefer Geothermie: a) Tiefe Erdwärmesonden, b) Hydrothermales System, c) Petrothermales System [verändert nach HLUG 2010]	36
Abb. 20: Grundprinzip der geplanten Wärmeversorgung [verändert nach SEIBT 2007]	42
Abb. 21: Open-Hole-Komplettierung mit Gravel-Pack und Wickeldrahtfilter [KABUS et al. 2003]	44
Abb. 22: Auszug aus Anlage 11 zur schematischen Darstellung des Thermalwasserkreislaufs (Beschreibung der Nummern siehe Text)	45
Abb. 23: Auszug aus Anlage 11 zur schematischen Darstellung des Heizwasserkreislaufs (Beschreibung der Nummern im darüber stehenden Text)	46
Abb. 24: Aufteilung der Leistung auf die einzelnen Anlagenkomponenten: Geothermie, Spitzenlast, BHKW	50
Abb. 25: Zeitliche Entwicklung der kumulierten Investitionskosten sowie Ersatzinvestitionen je Kostengruppe	52
Abb. 26: Zeitliche Entwicklung der Betriebskosten	53
Abb. 27: Zeitliche Entwicklung der Zinskosten	55

Abb. 28: links: Vollkostenpreis der konventionellen Wärmeversorgung (Gaskessel) rechts: Zeitliche Entwicklung des Wärmepreises der alternative Wärmeversorgung (grün gestrichelt: Mittelwert über 20 Jahre).....	56
Abb. 29: Zeitliche Entwicklung des Wärmepreises und der sich daraus ergebenden Wärmerlöse bei einer verkauften Wärmemenge von 15.000 MWh/a (gestrichelt: Mittelwert)	57
Abb. 30: mittlere Eigenkapitalrendite über 20, 25 und 30 Jahre	60
Abb. 31: Ermittlung der Refinanzierung der Investitions- und Ersatzinvestitionskosten	61

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Übersichtsplan mit Schutzgebieten
- Anlage 2: Erfassungsbogen
- Anlage 3: Übersichtsplan Erfassungsbogenrücklauf
- Anlage 4: Globalstrahlung der Bundesrepublik Deutschland (Zeitraum: April 1981 - 2010)
- Anlage 5: Tiefbohrungen im Umfeld von Arendsee
- Anlage 6: Verbreitung des geothermischen Aquifers Wealden
- Anlage 7: Verbreitung des geothermischen Aquifers Hauterive
- Anlage 8: Landnutzung im Umkreis von 15 km um Arendsee
- Anlage 9: Biomasse-Nutzungspfade
- Anlage 10: Übersichtsplan der alternativen Wärmeversorgung
- Anlage 11: Schaltschema Geothermische Heizzentrale (GHZ)
- Anlage 12: Übersichtsplan öffentlicher und gewerblich genutzter Gebäude
- Anlage 13: Übersichtsplan Gebäudegruppierung
- Anlage 14: Aufstellungs- und Brandschutzplan

1 Einleitung

1.1 Politische Hintergründe

Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) veröffentlicht in regelmäßigen Abständen Sachstandsberichte als maßgebliche Zusammenfassung des Wissensstandes der Klimaforschung. Im fünften Sachstandsbericht (2013/14) hat er wiederholt dargestellt und konkretisiert, dass nur durch ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen

- auf internationaler Ebene durch die UN-Klimarahmenkonvention [UN 1992],
- auf europäischer Ebene durch die Europäische Energiestrategie [KOM 2007] und
- auf nationaler Ebene durch die Empfehlung des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung Globale Umweltveränderung [WBGU 1995]

das angestrebte Ziel (globale Erwärmung weniger als 2 °C gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung) zu erreichen ist.

Als Konsequenz beschloss die Bundesregierung im Jahr 2010 das Energiekonzept, welches die energiepolitische Ausrichtung Deutschlands bis 2050 beschreibt. Als Ziel wird die Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen um 40 % bis 2020 sowie um 80 % bis 2050 festgesetzt [BMWl & BMU 2010]. Um diesen Zielen stärkeren Nachdruck zu verleihen, wurde aktuell (12/2014) von der Bundesregierung das „Aktionsprogramm Klimaschutz 2020“ verabschiedet. Hierbei handelt es sich nach Bundesumweltministerin Hendricks um das „umfangreichste Maßnahmenpaket, das je eine Bundesregierung zum Klimaschutz vorgelegt hat“ und mit dem die „Klimaschutz-Anstrengungen im Vergleich zu den letzten 15 Jahren verdreifacht“ werden. Über die verschiedenen im Aktionsprogramm festgelegten Maßnahmen sollen bis zu 78 Mio. t CO₂-Äquivalente eingespart werden. Die Maßnahmen sind in neun Bausteine aufgeteilt [BMU 2014b, 2014a; BUNDESREGIERUNG 2014].

Der größte Baustein mit einem Einsparpotential von 25 Mio. t_{CO2} bis 30 Mio. t_{CO2} ist der „Nationale Aktionsplan Energieeffizienz“ (NAPA). Der Aktionsplan widmet sich der Steigerung der Energieeffizienz und dem Energiesparen im Gebäudebereich. Konkrete Maßnahmen sind u.a.:

- eine stärkere Förderung der Sanierung von Gebäuden durch die KfW (Darlehen und Zuschüsse) und
- eine steuerliche Förderung von Effizienzmaßnahmen an Gebäuden.

Über den zweiten Baustein „Klimafreundliches Bauen und Wohnen“ werden 5,7 Mio. t_{CO2} bis 10 Mio. t_{CO2} Einsparungen erwartet. Eine wesentliche Maßnahme hierzu ist der Ausbau und die Förderung von quartiersbezogenen Ansätzen zur energetischen Stadtsanierung sowie

kommunaler Klimaschutzprojekte. Im Rahmen dieses Bausteins werden auch übergeordnete Themen wie Stadtentwicklung, demografischer Wandel u.a. behandelt.

Darüber hinaus wird im „Aktionsprogramm Klimaschutz 2020“ mit dem siebenden Baustein die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand in Hinblick der Gebäudesanierung aber auch der öffentlichen Beschaffungen betont.

Weshalb ein so großer Fokus auf dem Gebäudebereich liegt, verdeutlicht Abb. 1. Demnach sind die Haushalte nahezu mit einem Drittel am deutschen Energieverbrauch beteiligt und hiervon zum überwiegenden Teil in Form von Raumwärme (72 %) und Warmwasser (13 %).

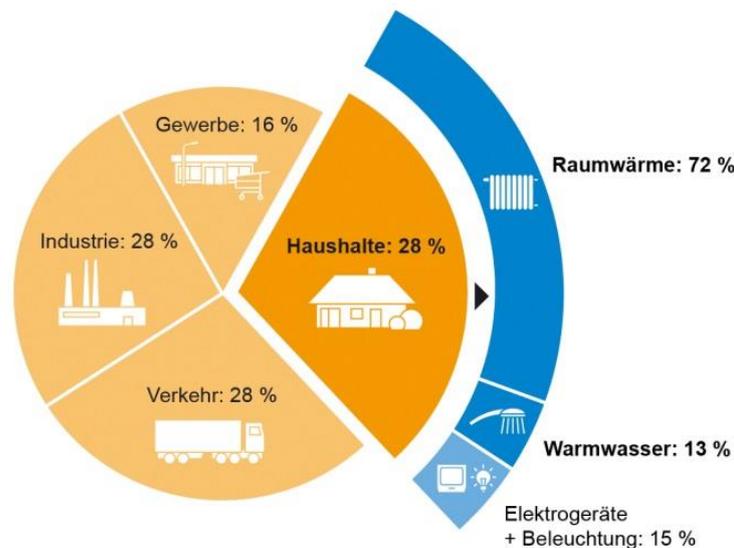


Abb. 1: Aufteilung des Energieverbrauchs in Deutschland (Bezugsjahr 2011) [BMW 2011]

1.2 Wirtschaftliche Hintergründe

Neben den umweltpolitischen Aspekten (Kap. 1.1) sprechen besonders wirtschaftliche Vorteile für den Ausbau der erneuerbaren Energien. Aufgrund des weltweit wachsenden Energiebedarfs, bedingt durch wachsende Bevölkerungszahlen und die zunehmende Angleichung aufstrebender Entwicklungs- und Schwellenländer an den westlichen Lebensstandard, steigt die Energienachfrage deutlich an und erhöht folglich den Marktpreis fossiler Energieträger. Abb. 2 zeigt die Entwicklung der Verbraucherpreise von Heizöl Erdgas und Strom von 2000 bis 2013.

Eine Auswertung dieser Daten macht deutlich, dass die durchschnittliche Energiepreissteigerung im Zeitraum von 2000 bis 2013 mindestens 5 % betrug. Daraus kann geschlossen werden, dass mit einer Änderung dieses Trends nicht zu rechnen ist.

Erneuerbare Energien unterliegen, weil sie, mit Ausnahme von Biomasse, nicht am Weltmarkt gehandelt werden, keinen global-politischen Einflüssen und bieten somit die Möglich-

keit sich von den stetigen Preissteigerungen der fossilen Energieträger zu lösen. Aus einer Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare, emissionsfreie Technologien resultiert demnach langfristig eine finanzielle Entlastung der öffentlichen, privaten und gewerblichen Haushalte. Ebenso wird durch die Nutzung regional verfügbarer Energierohstoffe die eigene Wirtschaftsstruktur stabilisiert.

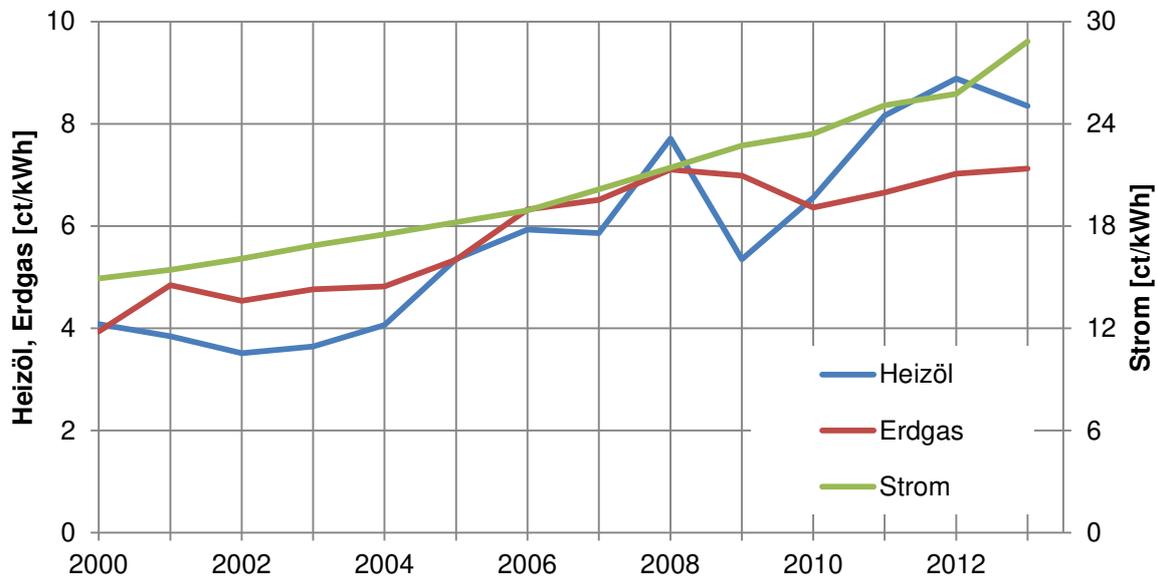


Abb. 2: Entwicklung der Verbraucherpreise in Deutschland [BMWi 2014]

1.3 Zielsetzung

Als Konsequenz aus den politischen und wirtschaftlichen Hintergründen (Kap. 1.1 und 1.2) wurde von der Stadt Arendsee mit Unterstützung der Investitionsbank Sachsen-Anhalt (Förderprogramm: „Sachsen-Anhalt Klima“) die vorliegende Studie beauftragt.

Aufgabe der Studie war es, eine ganzheitliche alternative Wärmeversorgung für das Projektgebiet (Abb. 3) zu entwickeln, die zum einen durch den Einsatz erneuerbarer Energien die CO₂-Emissionen minimiert und zum anderen langfristig stabile Wärmepreise gewährleistet.

Mit der alternativen Wärmeversorgung verfolgt die Stadt folgende Ziele:

- Unterstützung der Bundesregierung bei der Erreichung der Klimaschutzziele zur Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen (Kap. 1.1)
- Weitgehende Abkopplung von den stetigen Preissteigerungen der fossilen Energieträger (Abb. 2) um eine langfristige finanzielle Entlastung der öffentlichen, privaten und gewerblichen Haushalte zu erreichen
- Steigerung der regionalen Wertschöpfung infolge der Nutzung erneuerbarer Energieträger durch:

- die kommunale Eigenversorgung des Stadtgebietes mit Wärme und demzufolge durch die Minimierung des Zukaufs überregionaler (fossiler) Energierohstoffe
- die Schaffung neuer Arbeitsplätze im Energiesektor
- die Einbindung der Stadt sowie der Grundeigentümer in eine künftige Gesellschaftsstruktur

- Förderung des Wirtschaftszweiges „Tourismus“ durch:
 - bezahlbare Energiepreise und entsprechende Sonderkonditionen für saisonverlängernde Angebote
 - Imagegewinn aufgrund der ökologischen Energieversorgung
 - Etablierung von „Energietourismus“ (Führung durch Kraftwerk, Tagungen und Kongresse zum Thema Energie)
 - Auskopplung von Thermalsole bei Nutzung von tiefer Geothermie für medizinische / balneologische Zwecke

- Steigerung der Attraktivität zur Ansiedlung weiterer Wärmeabnehmer (z. B. Seniorenheime, Kliniken, Gärtnereien)

- Weitere Verbesserung des Luftkurort-Status durch Senkung der CO₂-Emissionen

- explizite Berücksichtigung der vorhandenen tiefen Bohrung E Arendsee 10/82

Grundlage der zu erarbeitenden alternativen Wärmeversorgung war die Erfassung des Ausgangszustandes (Kap. 2) und hierbei besonders die des aktuellen Wärmeenergiebedarfs sowie des daraus resultierenden CO₂-Verbrauchs.

Anschließend (Kap. 3) wurden in Anlehnung an den energetischen Dreisprung (Einsparung von Energie, Steigerung der Energieeffizienz, Ausbau der erneuerbaren Energien) die Einspar- und Effizienzpotentiale des Projektgebietes dargestellt.

Auf der Grundlage des aktuellen Wärmeenergiebedarfs und der zu erwartenden Einspar- und Effizienzpotentiale wurde für Teile des Projektgebietes eine alternative Wärmeversorgung abgeleitet und damit Möglichkeiten aufgezeigt, die oben genannten Ziele der Stadt ganzheitlich zu verwirklichen.

2 Ausgangszustand

2.1 Lage und Größe

Die Stadt Arendsee (Altmarkkreis Salzwedel) befindet sich in der Altmark im Norden des Bundeslandes Sachsen-Anhalt zwischen Salzwedel im Südwesten und Wittenberge im Nordosten.

Die seit der Gemeindegebietsreform 2010/2011 der Stadt Arendsee zugehörigen Ortschaften bzw. Ortsteile sind in Tab. 1 aufgeführt.

Tab. 1: Auflistung der zugehörigen Ortsteile/Ortschaften Arendsee

Ortschaften und Ortsteile der Stadt Arendsee						
Binde	Harpe	Kläden	Lohne	Neulingen	Schrampe	Ziemendorf
Dessau	Höwisch	Kleinau	Lübbars	Rademin	Störpke	Zeißbau
Fleetmark	Kassuhn	Kraatz	Lüge	Ritzleben	Thielbeer	Zühlen
Genzien	Kaulitz	Ladekath	Mechau	Sanne	Vissum	
Gestien	Kerkau	Leppin	Molitz	Schernikau	Zehren	

Das Gemeindegebiet umfasst eine Fläche von ca. 270 km². Durch die Lage der Ortschaft am Arendsee inmitten der landschaftlich reizvollen Altmark, welche sich insbesondere durch eine starke Verzahnung von Ackerland und Wäldern auszeichnet, unterliegt das Gebiet vor allem einer touristischen Nutzung (Kap. 2.3). Über die Bundesstraße B190 ist Arendsee zudem gut an das Mittelzentrum Salzwedel angeschlossen.

Das Projektgebiet des vorliegenden Energie- und Klimaschutzkonzept entspricht weitestgehend dem Ortsteil Arendsee und umschließt die größten Wärmesenken/-verbraucher des Gemeindegebiets. Begrenzt wird es im Norden durch den Arendsee und den Harper Forst, im Osten etwa durch die markante von Nord nach Süd verlaufende Waldgrenze, im Süden durch die stillgelegte Bahnlinie Salzwedel-Arendsee-Wittenberge und im Westen durch die Ausläufer der Gemeindeheide sowie durch ein Waldstück des Landschaftsschutzgebiets Arendsee (Abb. 3).

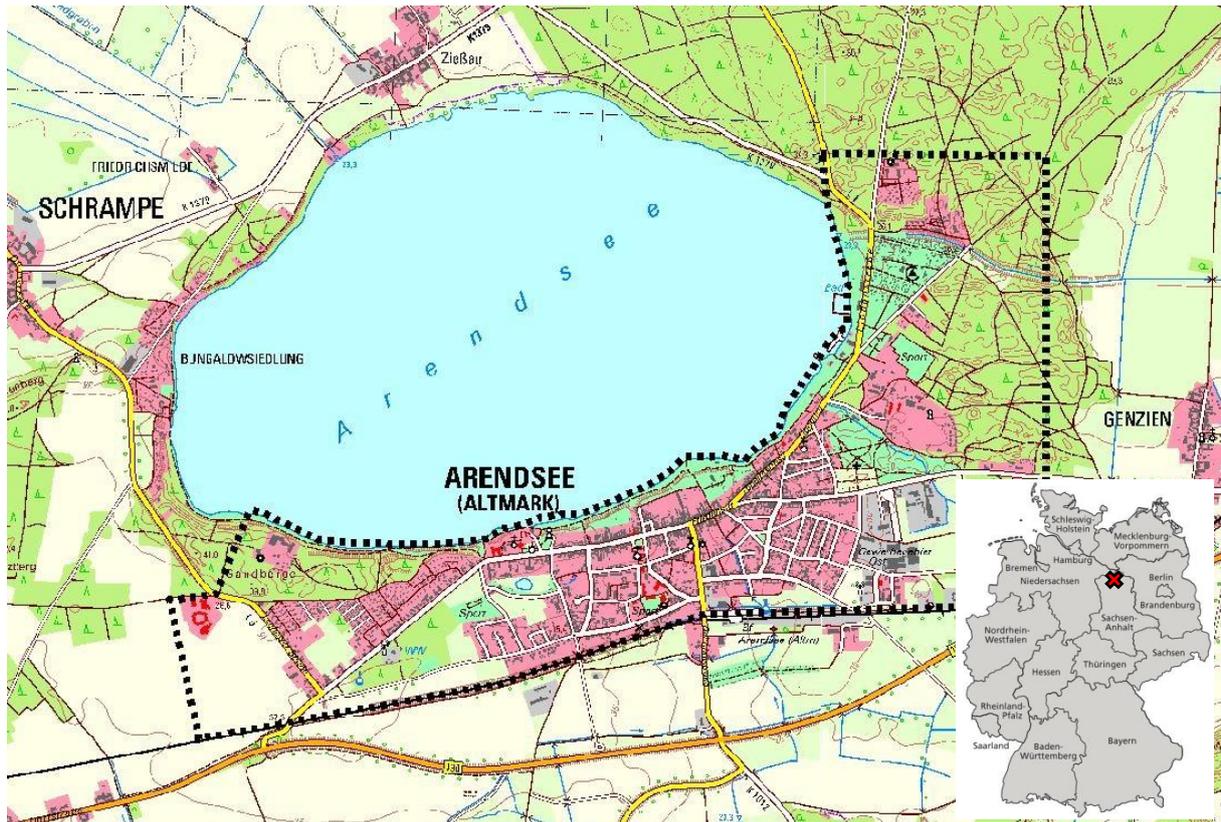


Abb. 3: Projektgebiet des Energie- und Klimaschutzkonzeptes

2.2 Bevölkerung

Derzeit leben in Arendsee ca. 7.000 Einwohner. Die 5. regionalisierte Bevölkerungsprognose des Statistischen Landesamtes Sachsen-Anhalt gibt für Arendsee jedoch einen Bevölkerungsrückgang bis zum Jahr 2025 von 23,3 % an [MLV SACHSEN-ANHALT 2010]. Die Entwicklung seit dem Jahr 2000 als auch die Prognose bis 2025 sind in Abb. 4 dargestellt. Demnach hält der langjährige Abwärtstrend der Bevölkerungszahlen in Arendsee als auch im Bundesland Sachsen-Anhalt weiter an.

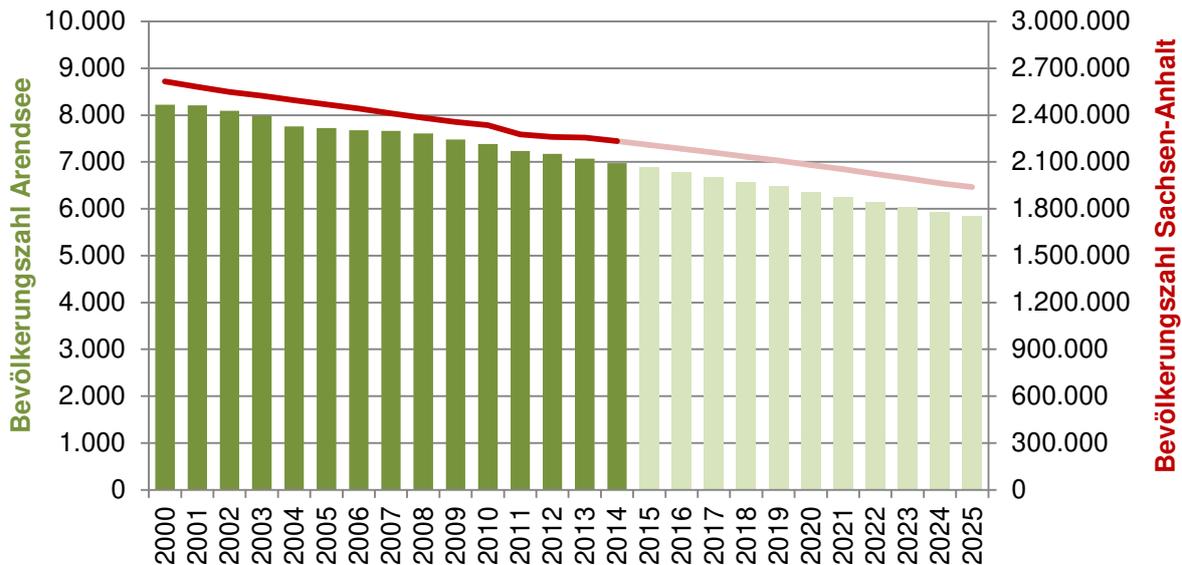


Abb. 4: Darstellung und Vergleich der Bevölkerungsentwicklung und -prognose der Stadt Arendsee und des Bundeslandes Sachsen-Anhalt [nach STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT 2013]

2.3 Tourismus

Mit ca. 1.100 Betten und ca. 155.000 Übernachtungen im Jahr 2012 [STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT 2012] stellt Arendsee einen Schwerpunkt für den Erholungstourismus in Sachsen-Anhalt und der Altmark dar und der Tourismus einen wichtigen Wirtschaftszweig für die Stadt Arendsee.

Den Grundstein zum Kurort legte eine Aktiengesellschaft bereits im Jahre 1874 mit der Eröffnung der Kaltwasserheilanstalt am Ufer des Arendsees. 1913 wurde die Jugendherberge erbaut und mit der Errichtung von Pensionen und Hotels wurde die Stadt Arendsee nach dem ersten Weltkrieg zum Luftkurort. Seit dem 01.08.1950 hält die Stadt den offiziellen Status eines „*Staatlich anerkannten Luftkurortes*“ [LUFTKURORT ARENDSEE GMBH].

Mit der gezielten Entwicklung von Einrichtungen des Kur- und Pflegewesens, zum Beispiel der „DRK-Vorsorge- und Rehabilitationsklinik für Mutter und Kind“, der Wellnessfarm „Haus am See“ oder der Umsetzung des Medical-Spa-Konzeptes [ELDAG et al. 2008], möchte die Stadt Arendsee den Status „*Staatlich anerkanntes Heilbad*“ erlangen. Zudem hat sich Arendsee zu einem beliebten Ziel für Aktivurlauber etabliert. Der See und die Umgebung laden zum Schwimmen, Segeln, Surfen, Tauchen, Reiten, Radfahren, Angeln und Wandern ein.

Diese touristische Bedeutung der Stadt Arendsee wird ebenso im Landesentwicklungsplan 2010 als auch im Regionalen Entwicklungsplan 2005 berücksichtigt, worin Arendsee als Vorbehaltsgebiet für Tourismus und Erholung ausgewiesen wurde. Demzufolge ist dem Tourismus bei der Abwägung eines Vorhabens mit regionaler Bedeutung, wie dem vorliegen-

den Energie- und Klimaschutzkonzept, ein besonderes Gewicht beizumessen [REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT ALTMARK 2005].

Die Region Altmark und auch die Stadt Arendsee verzeichnen einen leichten aber ständigen Anstieg der Besucher- und Übernachtungszahlen [MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT UND WIRTSCHAFT 2011]. Hierbei sind für das vorliegende Konzept vor allem zu berücksichtigen, dass Kur-, Erholungs- und Freizeiteinrichtungen durch ihren hohen Wärmebedarf besonders lukrative Wärmesenken darstellen.

Darüber hinaus kann ein weiterer Anstieg der Übernachtungszahlen durch saisonverlängernde Maßnahmen erreicht werden. So besteht zum Beispiel die Möglichkeit Sondertarife für die Wärmelieferung in den Übergangsjahreszeiten anzubieten, die die Wirtschaftlichkeit einer Vermietung in der Heizperiode deutlich verbessern und demzufolge den Tourismus fördern.

Darüber hinaus besitzt Arendsee aufgrund der Qualität der im Untergrund vorkommenden tiefen Grundwässer („jodhaltige Thermalsole“) einen außerordentlichen Standortfaktor, der es der Stadt ermöglicht sich zu einem Gesundheits- und Wellnessstandort zu entwickeln [ELDAG et al. 2008]. Die Umsetzung der in der Studie von ELDAG et al. [2008] herausgearbeiteten Entwicklungsstandorte (bes. Standort West „Wellness/Gesundheit“) wird durch die Ziele des vorliegenden Energie- und Klimaschutzkonzeptes (z. B. Verfügbarkeit langfristig stabiler Energiepreise, Kap. 1.3) signifikant begünstigt.

Ebenso wird in der Studie von ELDAG et al. [2008] die Etablierung von „Energietourismus“ (Führung durch Kraftwerk, Tagungen und Kongresse zum Thema Energie) dargestellt, die das touristische Angebot der Region erweitert und mit dem vorliegendem Konzept im Einklang steht.

2.4 Schutzgebiete

Obwohl alternative Technologien im Sinne des Klimaschutzes als emissionsfrei und nachhaltig gelten, können sich bei der technischen Umsetzung die Beeinträchtigungen auf die Umwelt und den Menschen an bestimmten Standorten als Hemmnisse auswirken. Daher gilt es, bei der Bewertung des Standortpotenzials schon im Vorfeld die Auswirkungen und auch das Vorkommen von Schutzgebieten zu beachten.

Im Umfeld von Arendsee vorkommende Schutzgebiete sind in Anlage 1 dargestellt. Der Betrachtungsbereich hat Anteil an den drei Zonen eines Wasserschutzgebietes, am FFH-Gebiet „Arendsee“ und am Landschaftsschutzgebiet „Arendsee“. Des Weiteren befinden sich im Nordosten Arendsees noch die FFH-Gebiete „Magerweide Aschkabel“ und „Most bei Harpe“

sowie das Naturschutzgebiet „Harper Moor“. Südöstlich des Betrachtungsbereiches ist zudem auf dem Gebiet der Ortschaft Kraatz das FFH-Gebiet „Weideflächen bei Kraatz“ ausgewiesen. In Niedersachsen, nordwestlich von Arendsee, befinden sich das Europäische Vogelschutzgebiet (SPA) „Landgraben- und Dummeniederung“ und das Naturschutzgebiet „Planken und Schletauer Post“.

Darüber hinaus ist im regionalen Entwicklungsplan der Altmark [REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT ALTMARK 2005] der Bereich um Kläden, östlich des Ortsteils Arendsee, als Vorranggebiet für die Gewinnung oberflächennaher Baurohstoffe ausgewiesen.

2.5 Wärmeenergie- und CO₂-Verbrauch

2.5.1 Datenerfassung

Über verschiedene Pressemitteilungen und in der Öffentlichkeitsveranstaltung am 01.08.2014 wurden die Einwohner Arendsees über die Durchführung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes informiert.

Anschließend erhielten alle Eigentümer bebauter Grundstücke durch die Stadt Arendsee einen Erfassungsbogen (Anlage 2), in dem Angaben zum Sanierungsstand des Gebäudes, zur Wärmeerzeugung, zum Wärmeträger sowie zum Wärmeverbrauch abgefragt wurden.

Speziell für die Ermittlung des Wärmeverbrauchs sind die letzten vier Jahre berücksichtigt wurden. Diese repräsentieren aus klimatischer Sicht mit dem Mittelwert der Jahre 2011 bis 2013 sehr gut den Durchschnitt der vergangenen 14 Jahre (2000 - 2013). Darüber hinaus wird mit dem Jahr 2010 ein außergewöhnlich kaltes Jahr abgebildet (Abb. 5).

Die Hochrechnung der über die Erfassungsbögen gewonnenen Informationen basiert auf den vom Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt (LVermGeo) bereitgestellten Hauskoordinaten des Projektgebietes und der Einteilung in private und öffentliche Gebäude (Tab. 2). Die vorliegende Datenbasis kann aufgrund der Höhe des Rücklaufs und deren gleichmäßiger räumlichen Verteilung innerhalb des Projektgebietes (Anlage 3) als sehr gut bezeichnet werden.

Die mittels Erfassungsbogen in der jeweiligen wärmeträgerspezifischen Größeneinheit erhobenen Verbrauchsdaten wurden zur Vergleichbarkeit in kWh umgerechnet. Die hierbei genutzten Umrechnungsfaktoren sind in Tab. 3 aufgelistet. Des Weiteren sind in dieser Tabelle die angewendeten CO₂-Emissionsfaktoren dargestellt.

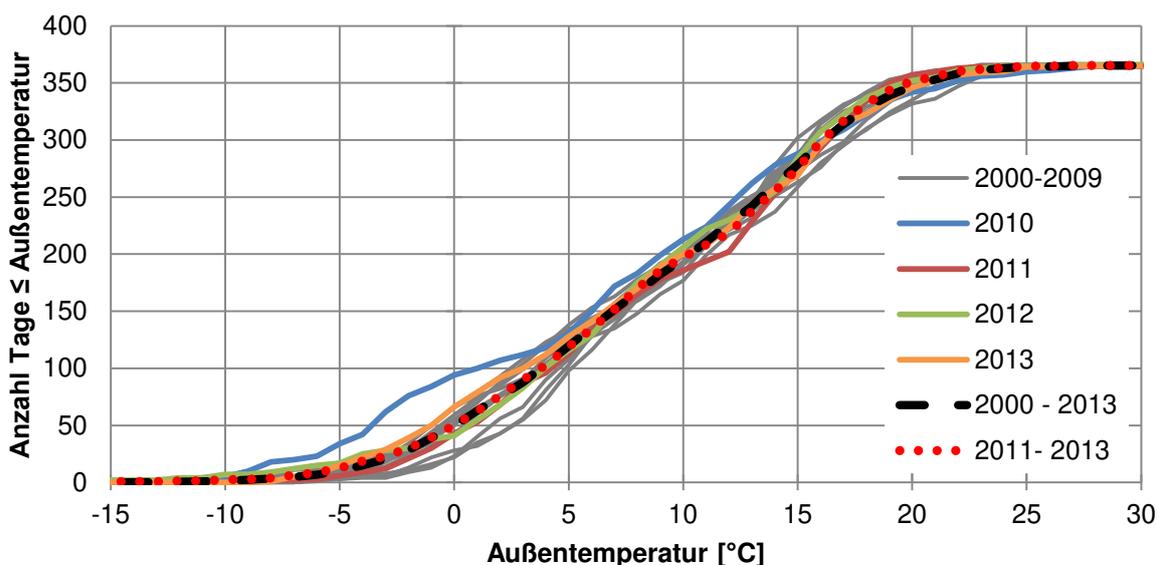


Abb. 5: Anzahl von Tagen kleiner/gleich der Außentemperatur (Auswertung von Tagesmittelwerten der Klimastation Marnitz ca. 55 km nordwestlich von Arendsee [DWD 2014])

Tab. 2: Datenerfassung und Hochrechnungsfaktoren

Kategorie	Gesamtgebäude (LVerMGeo)	Rücklauf Erfassungsbogen	abgeleiteter Hochrechnungsfaktor
öffentliche Gebäude	11	8	1,4
private Gebäude	890	158	5,6
Gesamt	901	166	5,4

Tab. 3: Umrechnungs- und Emissionsfaktoren der Wärmeträger

Wärmeträger	Einheit Wärmeträger	Umrechnungsfaktor*	Emissionsfaktoren [t _{CO2} /MWh]
Erdgas	kWh	1 kWh/kWh	0,252**
Heizöl	l	10 kWh/l	0,299**
Holz	Fm	2.200 kWh/Fm	0,025**
Kohle*	t	5.400 kWh/t	0,364***
Strom	kWh	3 kWh/kWh	0,576****

*) [DEPV 2012; EN-OP-INSTITUT 2012]

**) [UMWELTBUNDESAMT 2014]

***) Kohlebrikett Lausitz [ZUV 2012]

****) [UBA 2013a]

2.5.2 Ergebnisse

Das Projektgebiet von Arendsee hat einen jährlichen Gesamtwärmebedarf für Heizung und Warmwasser von durchschnittlich **40.000 MWh** (Mittelwert der Jahre 2011 bis 2013, Schwankungsbreite: $\pm 2,6\%$). Wie bereits aus den Klimadaten erwartet wurde (Abb. 5), hebt sich der Wärmeverbrauch des kalten Jahres 2010 mit über 43.000 MWh deutlich von dem

der anderen Jahre ab. Mit etwa 2 % ist der Anteil der öffentlichen Gebäude (Schulen, Kitas, Haus des Gastes, ...) am Gesamtverbrauch sehr gering (Abb. 6).

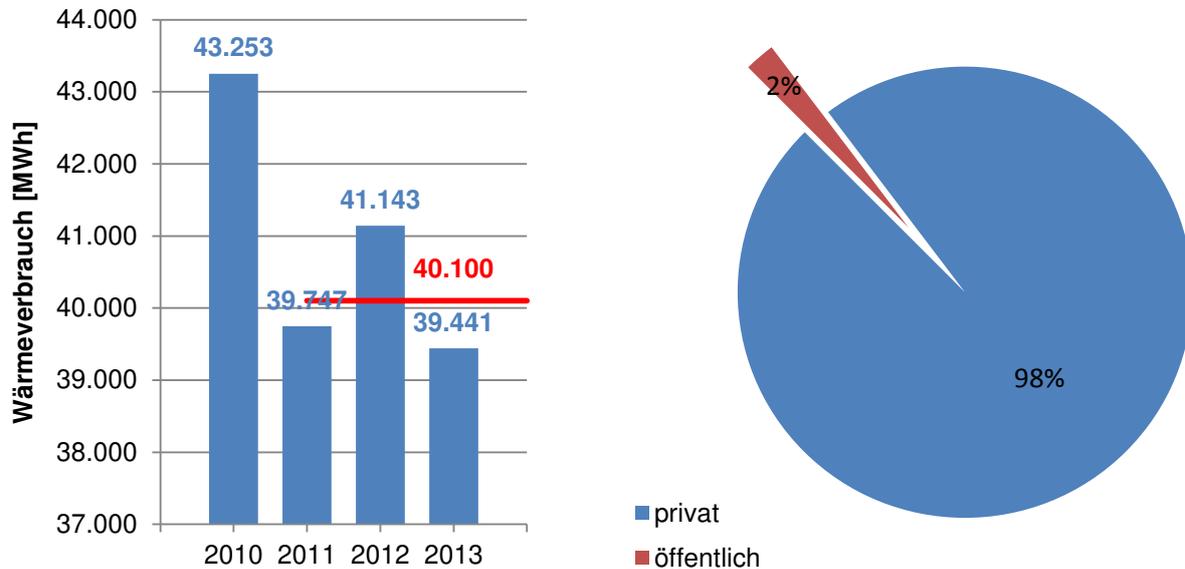


Abb. 6: Wärmeverbrauch der Stadt Arendsee (links: jährlich, rechts: aufgeteilt nach privaten und öffentlichen Gebäuden)

Der mit fast **90 %**, bezogen auf den Wärmeverbrauch, am häufigsten eingesetzte Wärmeträger ist **Erdgas**, gefolgt von Holz, Heizöl und Strom (je 3 - 4 %). Demzufolge werden die CO₂-Emissionen, die durchschnittlich **10.000 t pro Jahr** betragen (Mittelwert der Jahre 2011 bis 2013, Schwankungsbreite: ± 2,5 %), maßgeblich von der Nutzung des Erdgases geprägt (Abb. 7, Umrechnung kWh zu t_{CO2} siehe Tab. 3). Die jährlichen Emissionen steigen im kalten Jahr 2010 um 8 % (bezogen auf den Mittelwert) auf 10.800 t an.

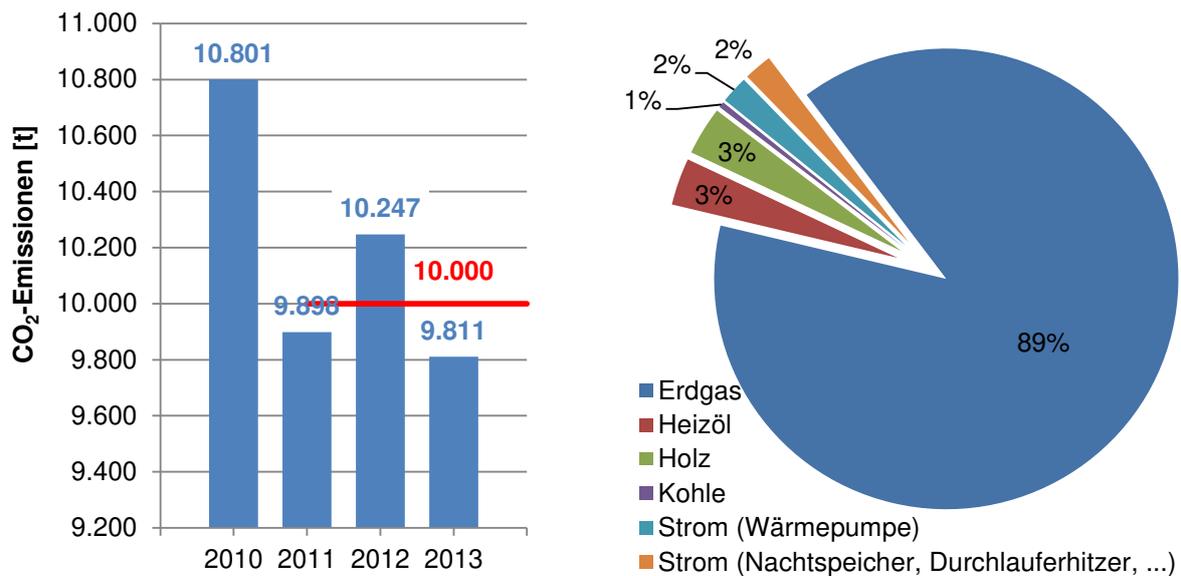


Abb. 7: Wärmeträgerverteilung und CO₂-Emissionen der Stadt Arendsee

Wie noch in Kap. 3 dargestellt wird, müssen sich Hausbesitzer an strenge Vorgaben der Energieeinsparverordnung (ENEV) halten. Hierzu zählt u.a., dass für den Wärmebedarf nur eine bestimmte Menge an Primärenergie aufgewendet werden darf. Das bedeutet, dass neben der Bereitstellung der Wärme im Gebäude auch die aufgewendete Energie für den Transport bis ins Gebäude berücksichtigt wird. Diese Aufwendungen werden mit dem Primärenergiefaktor bewertet.

Der Primärenergiefaktor gibt das Verhältnis von eingesetzter Primärenergie zu abgegebener Endenergie wieder (Gl. 1) und gilt damit als Maß für die Nachhaltigkeit.

$$\frac{Q_p}{Q_e} = f_p \quad \begin{array}{l} Q_p \dots\dots\dots \text{Primärenergie} \\ Q_e \dots\dots\dots \text{Endenergie (Wärmeverbrauch)} \\ f_p \dots\dots\dots \text{Primärenergiefaktor (insgesamt)} \end{array} \quad \text{Gl. 1}$$

Für das Projektgebiet kann aktuell auf der Grundlage der Energieeinsparverordnung ein nach Wärmeträgern gewichteter **Primärenergiefaktor von 1,1** abgeleitet werden (Tab. 4).

Tab. 4: Ermittlung des gewichteten Primärenergiefaktors des Projektgebietes

Wärmeträger	Primärenergiefaktor [ENEV 2014]	Anteil Wärmeträger (Abb. 7) [%]
Erdgas	1,1	89
Heizöl	1,1	3
Holz	0,2	3
Kohle	1,1/1,2	1
Strom	2,8	2
„Umweltenergie“ (Solarthermie, Geothermie u.ä.)	0	2
Energiemix Projektgebiet	1,1	100

In Kap. 1.2 (Wirtschaftliche Hintergründe) wurde bereits die Entwicklung der Energiepreise in Deutschland dargestellt. Basierend auf den in Abb. 2 und Abb. 8 dargestellten Wärmeträgerpreisen wurden die im Projektgebiet von Arendsee anfallenden Rohstoffkosten ermittelt.

Wie bei den CO₂-Emissionen werden diese überwiegend durch den Wärmeträger Erdgas geprägt, dessen Preis in den Jahren 2010 bis 2013 stetig anstieg, jedoch noch nicht das Maximum von 2008 erreicht hat (Abb. 2).

Im Projektgebiet fallen pro Jahr etwa **3 Mio. €** Rohstoffkosten an, die jährlich ca. 4,5 % ansteigen (Abb. 8) sowie die öffentlichen und privaten Haushalte belasten ohne eine Wertschöpfung in der Region darzustellen.

ct/kWh	2010	2011	2012	2013
Erdgas	6,36	6,66	7,03	7,13
Heizöl	6,55	8,16	8,88	8,35
Holz	0,00	0,00	0,00	0,00
Kohle	5,89	5,89	5,89	5,89
Strom	23,42	25,08	25,76	28,83

Für den Wärmeträger Holz wurde auf konkrete Preisangaben verzichtet, da davon auszugehen ist, dass überwiegend private Holzreserven zum Einsatz kommen.

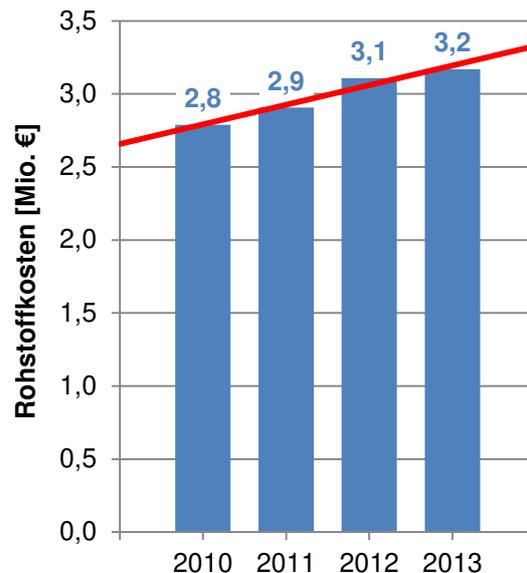


Abb. 8: Rohstoffkosten der Stadt Arendsee

3 Einspar- und Effizienzpotentiale

Eine wirkungsvolle und dauerhafte Senkung der CO₂-Emissionen wird durch die Anwendung des energetischen Dreisprungs erreicht:

- 1. Sprung: Einsparung von Energie
- 2. Sprung: Steigerung der Energieeffizienz
- 3. Sprung: Ausbau der erneuerbaren Energien

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Komponenten des energetischen Dreisprungs näher erläutert sowie Möglichkeiten zu deren Umsetzung aufgezeigt.

3.1 Einsparung von Energie

3.1.1 Energetische Gebäudesanierung

Als Grundlage der energetischen Gebäudesanierung gelten die in der Energieeinsparverordnung [ENEV 2014] gestellten Mindestanforderungen hinsichtlich der wärmetechnischen Qualität der Bauteile (Wärmedurchgangskoeffizient bzw. U-Wert). Der Wärmeschutz für die Gebäudehülle bei Neubauten gilt dann als erfüllt, wenn für jedes Bauteil eines Gebäudes (Dach, Außenfassade, Kellerdecke etc.) der entsprechende Referenz-U-Wert eingehalten wird. Darüber hinaus muss bei Neubauten der Wärmebedarf anteilig über die Nutzung erneuerbarer Energien gedeckt, oder die für das konkrete Gebäude zu erfüllenden Anforderungen an die Wärmedämmung (nach ENEV [2014]) um mindestens 15 % unterschritten werden [EEWÄRMEG 2011].

Hinsichtlich des Endenergiebedarfs eines Gebäudes sieht die ENEV [2014] unterschiedliche Vergleichswerte vor (Abb. 9, links). Demnach beträgt der Endenergiebedarf eines durchschnittlichen Wohngebäudes ca. 150 kWh pro m² Nutzfläche und Jahr (ENEV-Klasse: E).

Die Auswertung der Erfassungsbögen hat ergeben, dass über 40 % der Gebäude von Arendsee max. ENEV-Klasse: F (nicht wesentlich modernisiert) sind und nur 15 % als min. ENEV-Klasse: C (gut modernisiert) angesprochen werden können (Abb. 9, rechts). Demzufolge wird davon ausgegangen, dass sich der energetische Zustand der Gebäude aufgrund der vorliegenden gesetzlichen Randbedingungen in den nächsten Jahren verbessern wird.

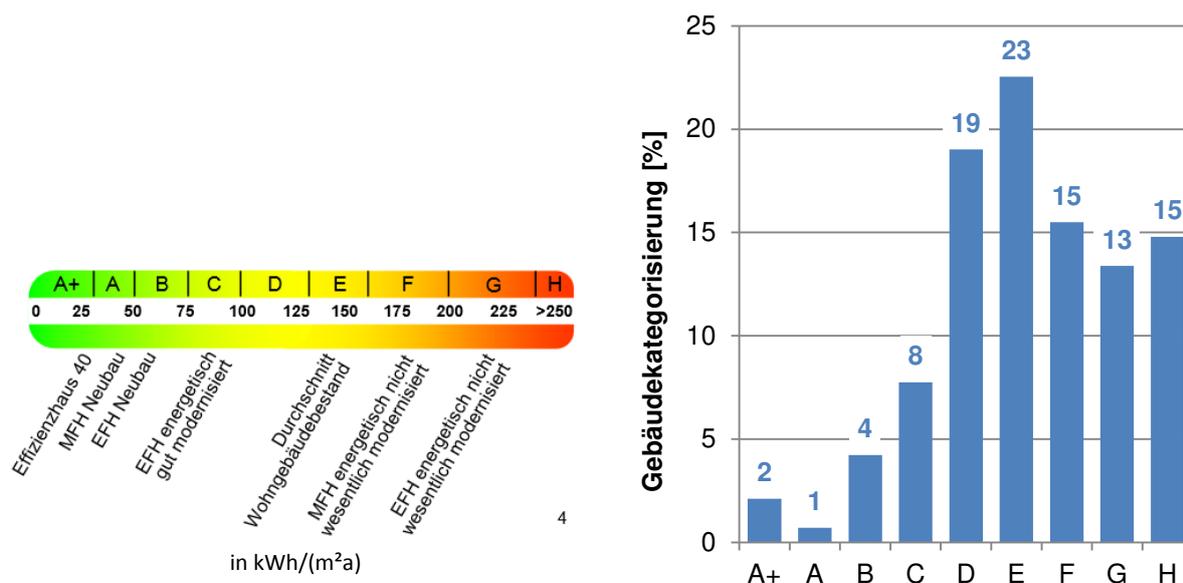


Abb. 9: Vergleichswerte der ENEV [2014] zum Endenergiebedarf von Gebäuden (links) und dessen prozentuale Verteilung der Gebäude von Arendsee (rechts)

Neben der Auflage sich bei einer Sanierung von Gebäudeteilen an die Mindestanforderungen der ENEV [2014] zu halten, bestehen für Altbauten prinzipiell folgende Nachbesserungspflichten (sofern wirtschaftlich):

- Dämmung bisher ungedämmter oberster Geschossdecken – alternativ kann auch die gesamte Dachfläche mit einer Dämmung versehen werden
- Dämmung von Heizungs- und Warmwasserrohren sowie Armaturen in unbeheizten Räumen
- Austausch von Öl- und Gaskesseln mit einer Nennleistung zwischen 4 kW und 400 kW, welche älter als 30 Jahre sind
- Außerbetriebnahme von Nachtspeicherheizungen in Wohngebäuden ab 6 WE, vorausgesetzt die Geräte sind älter als 30 Jahre und gelten als einziges Heizsystem im Wohngebäude

Abb. 10 der Sächsischen Energieagentur [SAENA 2012] verdeutlicht die Energieströme in einem Einfamilienhaus. Demnach kann bei einer komplexen, vollumfänglichen Sanierung des Gebäudes der Energiebedarf auf ca. 35 % gegenüber dem unsanierten Zustand verringert werden. Das größte Wärmeeinsparpotential liegt in der Dämmung der Außenfassaden und im Austausch der Wärmegegestehungsanlage (Kap. 3.2.1). Eine Nachbesserung dieser beiden Gebäudeteile verringert den Wärmebedarf des Gebäudes um 25 % bezüglich der Außenfassaden und 30 % bezüglich der Wärmegegestehungsanlage (Gl. 2).

Auf Basis der Erfassungsbögen wird deutlich, dass nicht einmal 40 % der Gebäude über eine Fassadendämmung verfügen. Werden langfristig die verbleibenden 60 % der Gebäude gedämmt, verringert sich der durchschnittliche Wärmebedarf um ca. **6.100 MWh/a**.

$$\text{Reduzierung des Wärmebedarfs [\%]} = 100 - \frac{(\text{Ausgangsbedarf} - \text{Einsparung}) * 100}{\text{Ausgangsbedarf}}$$

Gl. 2

Reduzierung des Wärmebedarfs am Beispiel der Gebäudedämmung (Abb. 10):

$$24,84 \% = 100 - \frac{\left(374,4 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{m}^2} - \left(119 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{m}^2} - 26 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{m}^2}\right)\right) * 100}{374,4 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{m}^2}}$$

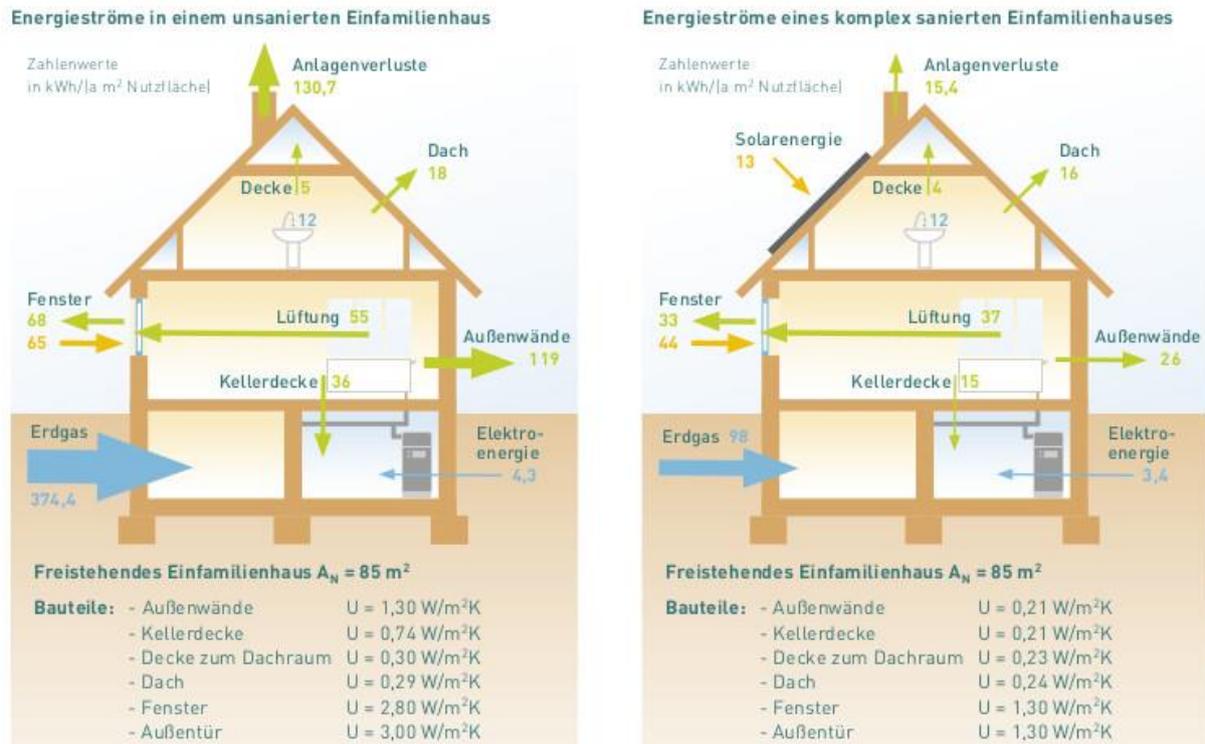


Abb. 10: Energieströme in einem unsanierten (links) und komplex sanierten (rechts) Einfamilienhaus [SAENA 2012]

3.1.2 Nicht-investive Maßnahmen

Unter nicht-investiven Maßnahmen werden energetisch wirksame Maßnahmen verstanden, die ohne bzw. mit geringem Kosteneinsatz, im Wesentlichen über ein angepasstes Nutzerverhalten, realisiert werden können. Zu den Schwerpunkten der nicht-investiven Maßnahmen zählen [BMVBS 2010]:

- Heizungssteuerung (z. B. Freihaltung und Reinigung der Heizkörperoberfläche, Überprüfen der Einsatzzeit d. h. Zurückdrehen des Thermostatventils wenn es zu warm ist sowie in Räumen die längere Zeit nicht genutzt werden)
- Belüftung (z. B. Überprüfen der Abdichtung von Fenstern und Türen, angepasstes Lüftungsverhalten insbesondere in der Heizperiode)

- Einsatz elektrischer Geräte (z. B. Trennung vom Netz bei Nichtgebrauch zur Vermeidung des Stand-By-Modus, kein Dauerbetrieb von elektrischen Warmwasserspeichern, Verwendung von Energiesparlampen)

Das Ziel der nicht-investiven Maßnahmen besteht zunächst darin, eine Bewusstseinsbildung für die Thematik Energieeinsparung zu schaffen, um anschließend mit dem vorhandenen Wissen und entsprechendem Handeln einen positiven Beitrag bezüglich der Energieeinsparung leisten zu können [BMVBS 2010].

3.2 Steigerung der Energieeffizienz

3.2.1 Erneuerung des Wärmeerzeugers

Gemäß dem Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“ des Deutschen Institutes für Urbanistik [DIFU 2011] wird bei Wärmeerzeugern ein Austauschzyklus von ca. 15 Jahren angesetzt, gesetzlich verpflichtend ist jedoch ein Wechsel nach 30 Jahren [ENEV 2014]. Des Weiteren müssen laut ENEV [2014] Öl- und Gaskessel mit einer Leistung zwischen 4 und 400 kW, die vor 1985 eingebaut wurden, ersetzt werden. Von der ENEV-Regelung ausgenommen sind Eigentümer von Ein- und Zweifamilienhäusern, die diese seit dem 1. Februar 2002 selbst bewohnen.

Nach der Auswertung der Angaben des Erfassungsbogens sind fast 65 % der Wärmeerzeuger in Arendsee älter als 15 Jahre und sogar 35 % älter als 20 Jahre. Demnach ist im Austausch alter Heizsysteme ein hohes Effizienzpotential zu sehen. Wie in Abb. 10 dargestellt, können durch den Wechsel der Wärmegestehungsanlage deren Verluste von 35 % auf 16 % abgesenkt werden. Ein Austausch der über 20 Jahre alten Anlagen ermöglicht eine Energieeinsparungen von ca. **2.600 MWh/a** gegenüber dem durchschnittlichen Jahresverbrauch. Zudem birgt der Anlagenwechsel nicht nur das Potenzial der Effizienzsteigerung, sondern ebenso das des Energieträgerwechsels hin zu einer ökologischen Versorgung.

3.2.2 Optimierung des Heizsystems

Ein hydraulischer Abgleich stellt sicher, dass die erzeugte Wärme gleichmäßig auf alle Heizkörper bzw. Heizflächen verteilt wird und Strömungsverluste minimiert werden. Durch eine dem Stand der Technik entsprechende Einstellung des Heizsystems kann so verhindert werden, dass manche Heizkörper schneller warm werden als andere, ohne dabei eine stärkere Pumpe mit einem höheren Stromverbrauch einzusetzen. Demzufolge gilt der hydraulische Abgleich als Voraussetzung für die optimale Dimensionierung und den energiesparenden

Betrieb einer Umwälzpumpe, sodass dieser in jedem Fall vor der Anschaffung einer neuen Pumpe durchgeführt werden sollte.

Durch eine anlagengerechte Einstellung der Pumpenleistung und eine verbesserte Ausnutzung der Vorlauftemperatur kann die Energieeffizienz der Anlage erhöht [SAENA 2011] und damit einhergehend der Heizenergiebedarf um 5 bis 15 kWh/m² reduziert werden [PROGNOS AG et al. 2007].

Bei einer aus den Erfassungsbögen hoch gerechneten Heizfläche von 170.000 m² kann der Wärmebedarf von Arendsee durch Optimierung der Heizsysteme um **1.700 MWh/a** verringert werden.

3.2.3 Wärmenetze

Die Bildung von Nah- bzw. Fernwärmenetzen gilt als ein unverzichtbarer Baustein für die Umsetzung von effizienten alternativen Wärmeversorgungssystemen.

Typische Wärmenetzformen sind das Strahlennetz, das Ringnetz und das Maschennetz. Während Ring- und Maschennetze die Einbindung mehrerer Heizzentralen ermöglichen und damit eine höhere Versorgungssicherheit garantieren, sind Strahlennetze aufgrund der viel geringeren Trassenlängen und Rohrdurchmesser kostengünstiger [FRAUNHOFER UMSICHT 2001; KALTSCHMITT et al. 2006].

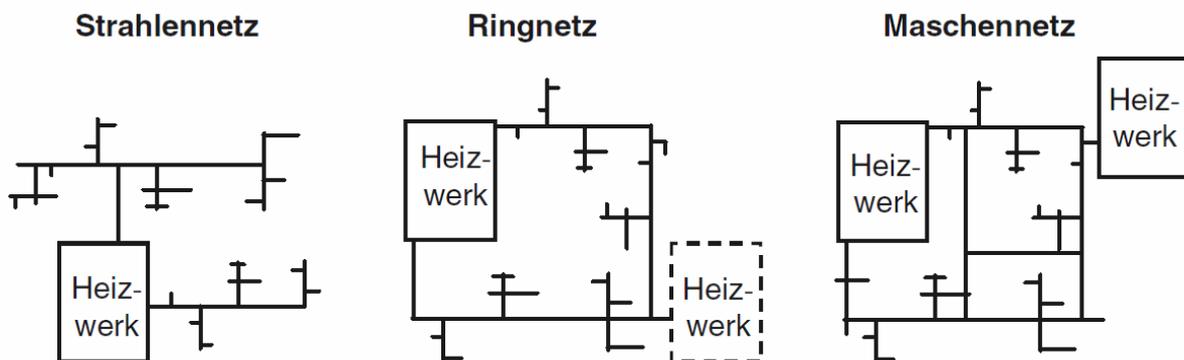


Abb. 11: Wärmenetzformen [FRAUNHOFER UMSICHT 2001]

Für die Bildung eines Wärmenetzes ist der Zusammenschluss einer umfassenden Anzahl an Verbrauchern notwendig. Indem sich diese Verbrauchergemeinschaft aus Abnehmern mit ganz unterschiedlichen Tagesabläufen (Arbeitstätige, Arbeitssuchende, Schüler/Auszubildende, Rentner, Familien etc.) zusammensetzt, kann erreicht werden, dass die Wärme nicht gleichzeitig, sondern zu verschiedenen Zeiten abgenommen wird. Dadurch verringert sich der Gleichzeitigkeitsfaktor, welcher eine wesentliche Basisgröße für die Dimensionierung des Wärmenetzes und vor allem der Wärmegestehungsanlage darstellt.

Abb. 12 zeigt die Gleichzeitigkeit als Abhängigkeit von der Anzahl der angeschlossenen Nutzer. Bei kleinen Netzen mit einer geringen Anzahl an Abnehmern tendiert der Gleichzeitigkeitsfaktor gegen 1. Bei sehr großen Versorgungsgebieten mit vielen angeschlossenen Verbrauchern beträgt der Wert ca. 0,5. Demzufolge kann bei Wärmenetzen mit einer großen Anzahl angeschlossener Verbraucher die installierte Leistung der Wärmegestehungsanlage bis zu 50 % geringer ausgelegt werden, als die summierte Leistung der angeschlossenen Verbraucher. Um nun den Verbrauchern die gleiche Wärmemenge zur Verfügung zu stellen, steigt die Auslastung (Betriebsstunden) der Anlage deutlich an.

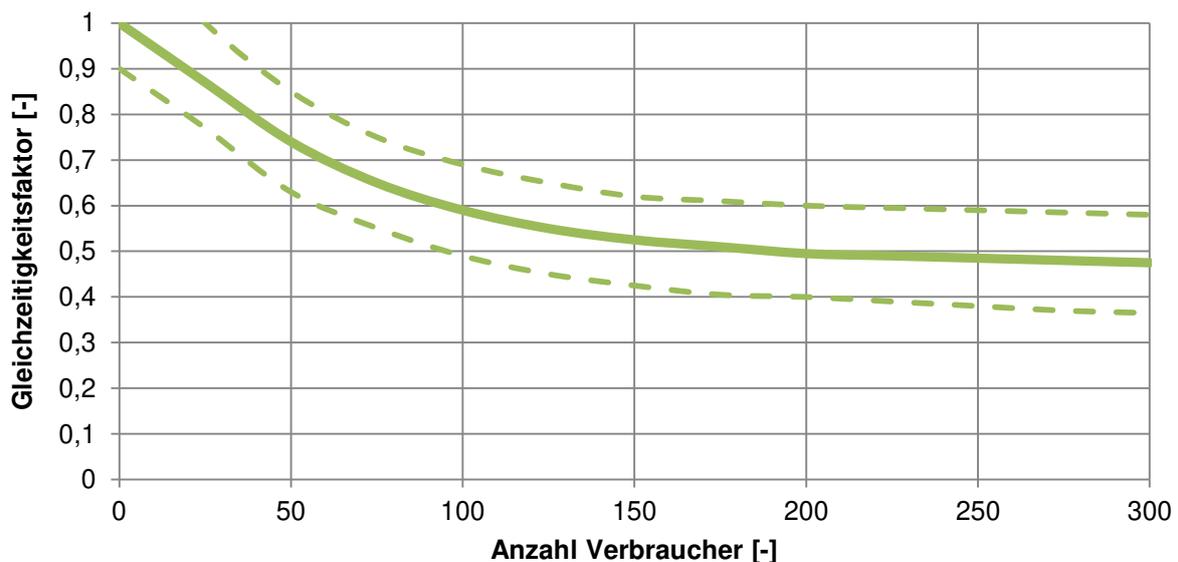


Abb. 12: Gleichzeitigkeitsfaktor in Abhängigkeit der Anzahl an Wärmeabnehmern [geändert nach WINTER et al. 2001b)]

Eine weitere Verringerung der Anlagenleistung durch die Erhöhung der Betriebsstunden kann erreicht werden, indem die Wärmeversorgung auf Niedertemperatur umgestellt wird. Abb. 13 zeigt den schematischen Tagesgang des Wärmebedarfs einer konventionellen (z. B. auf Heizöl oder Erdgas basierenden) Wärmeversorgung im Vergleich zum erwartenden Tagesgang einer Niedertemperaturwärmeversorgung. Bei beiden Abbildungen ist der Wärmebedarf (Fläche unter der Kurve) identisch, jedoch die Größe und Auslastung der Anlage und demzufolge deren Wirtschaftlichkeit signifikant verschieden.

Die Glättung des Wärmebedarfs mithilfe eines Niedertemperaturheizsystems ermöglicht eine Verringerung der Anschlussleistung sowie eine Erhöhung der Betriebsstunden, bedingt jedoch ein geändertes Nutzerverhalten.

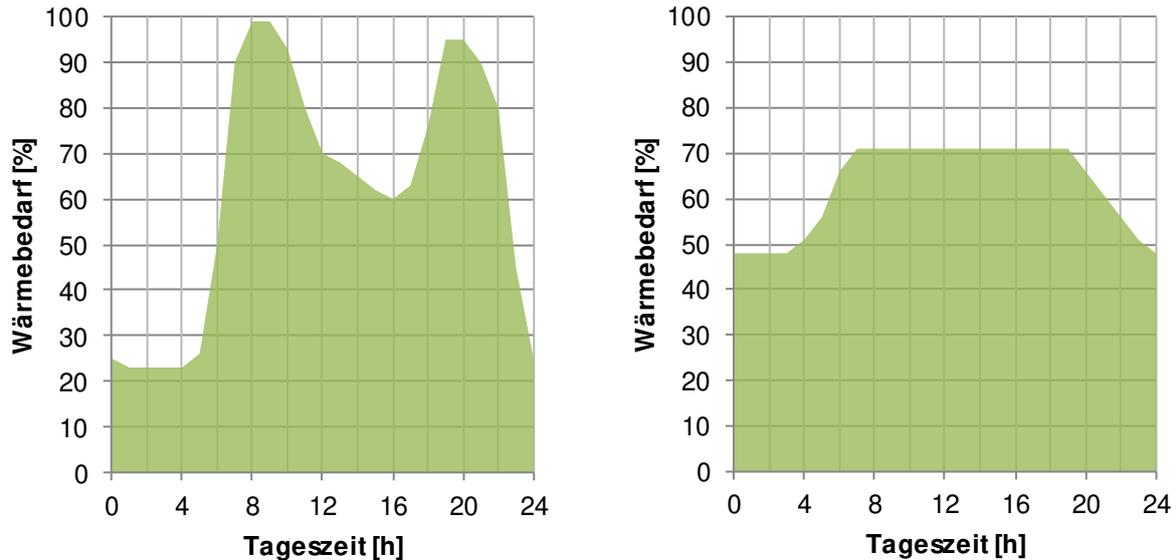


Abb. 13: Charakteristischer Wärmebedarf einer Wohnsiedlung (links: konventionell [geändert nach FRAUNHOFER UMSICHT 2001]; rechts: erwarteter Tagesgang basierend auf Niedertemperatur)

Weitere Vorteile des Anschlusses an ein Wärmenetz sind:

- geringe Investitionskosten einer Hausübergabestation (die ggf. vom Netzbetreiber gestellt wird) gegenüber eigener Kesselanlage
- geringe Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)
- geringerer Platzbedarf der Hausübergabestation gegenüber Kessel und Speicher der Wärmeträger (z. B. Öl- oder Flüssiggastanks)
- Verantwortungsübergabe der Versorgungssicherheit an den Netzbetreiber

Hochrechnungen aus den vorliegenden Daten der Erfassungsbögen haben ergeben, dass aktuell im Projektgebiet ein Anschlusswert von ca. **30 MW** anliegt, jedoch von den meisten Anlagen, wie Abb. 14 zeigt, nur selten beansprucht wird. Mit durchschnittlich ca. **1.200 Volllastbetriebsstunden** der Wärmegestehungsanlagen, ist deren Ausnutzung deutlich niedriger als in der Studie des Energieconsulting Heidelberg [ECH 1998 / 1.666 h/a] und der Studie der Alensys Engineering GmbH [ALENSYS ENGINEERING GMBH 2007 / 2.000 h/a] dargestellt wurde.

Explizit hervorgehoben werden muss an dieser Stelle jedoch, dass die aktuell installierten Wärmegestehungsanlagen mit durchschnittlich nur 1.200 Volllastbetriebsstunden pro Jahr durchschnittlich überdimensioniert sind. Im weiteren Verlauf des vorliegenden Berichtes werden deshalb ebenso wie in der Studie der ALENSYS ENGINEERING GMBH [2007] und in Anlehnung an die VDI 2067 [2000] für alle Gebäude/Verbraucher 2.000 Volllastbetriebsstunden pro Jahr angenommen. Demzufolge reduziert sich die Anschlussleistung des Projektgebietes auf ca. 18 MW.

Werden zusätzlich dezentrale Wärmenetze mit nur 100 Abnehmern aufgebaut reduziert sich die Gesamtleistung des Projektgebietes aufgrund der Untersuchungen von WINTER et al. [2001b, 2001a] um den Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,6 (Abb. 12) von 18 MW auf **11 MW** bzw. erhöht sich die Volllastbetriebsstundenzahl der Wärmegestehungsanlage(n) von 2.000 h/a auf **3.300 h/a**.

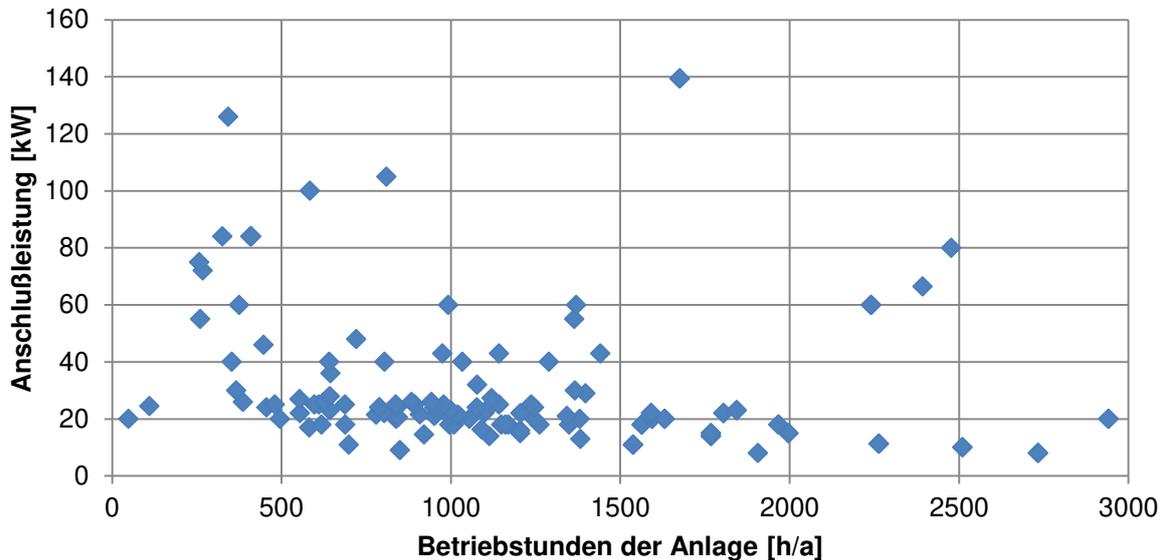


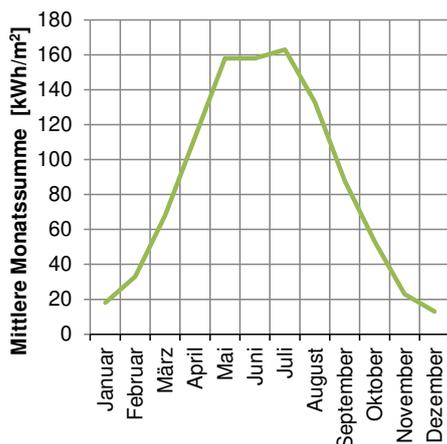
Abb. 14: Betriebsstunden der mittels Erfassungsbogen aufgenommenen Wärmegestehungsanlagen

3.3 Ausbau der erneuerbaren Energien

3.3.1 Solarthermie

Unter Solarthermie versteht man die Nutzung der Solarstrahlung zum Erzeugen von Wärmeenergie für Warmwasser, Heizungs- oder Prozesswärme.

In Abb. 15 sind die mittleren Monatssummen (1981 - 2010) der Globalstrahlung des nächstgelegenen DWD-Standortes Marnitz dargestellt. Hieraus lässt sich ableiten, dass die jährliche Globalstrahlung von Arendsee mit 1.020 kWh/m² nahezu dem deutschen Durchschnitt (1.055 kWh/m², Anlage 4) entspricht.



Monat	Min. [kWh/m²]	Max. [kWh/m²]	Mittel [kWh/m²]
Januar	16	20	18
Februar	31	35	33
März	66	70	68
April	111	115	113
Mai	156	160	158
Juni	156	160	158
Juli	161	165	163
August	131	135	133
September	86	90	88
Oktober	51	55	53
November	21	25	23
Dezember	11	15	13
Summe	997	1.045	1.021

Abb. 15: Mittlere Monatssummen der Globalstrahlung (1981 – 2010) an der Station Marnitz [DWD 2013]

Über die Ausrichtung und Neigung der Kollektorflächen kann, wie in Abb. 16 - links dargestellt, die Einstrahlung gegenüber der horizontalen Globalstrahlung auf bis zu 118 % (bei ca. 40° Neigung) erhöht werden. Nach LUTZ [2008] ist diese Auslegung (Südausrichtung, 30-40° Neigung) sehr gut für die Warmwasserbereitung geeignet. Soll die Anlage jedoch zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden, ist deren relative Leistung im Winter bei größeren Neigungen (45 - 70°) deutlich höher (Abb. 16 - rechts).

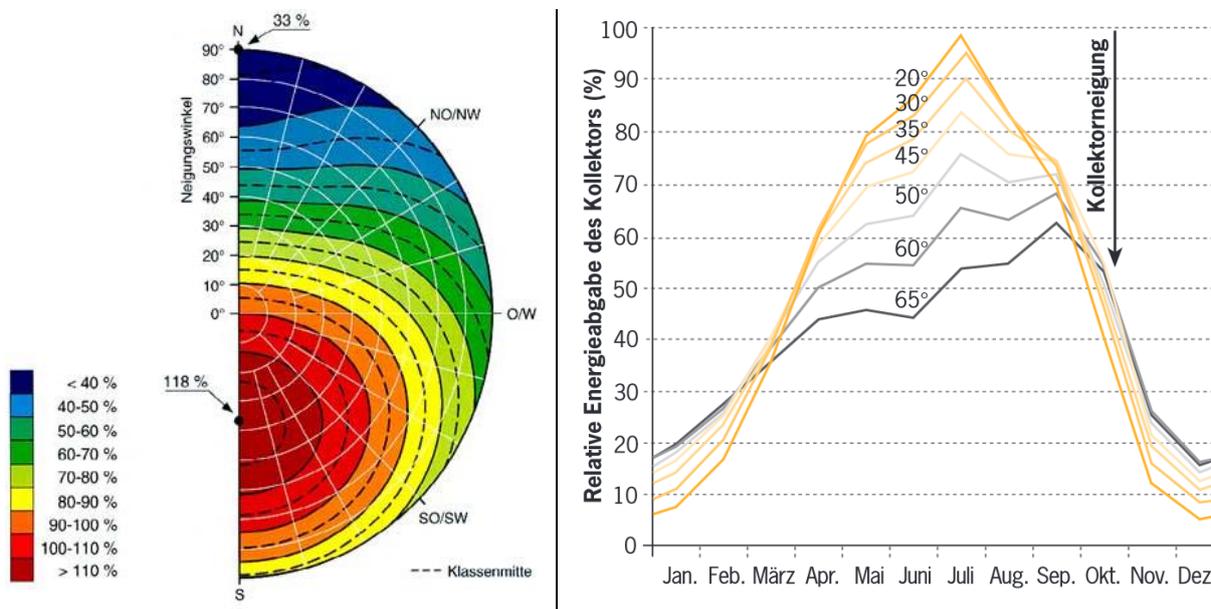


Abb. 16: rechts: Bestimmung der Globalstrahlung in Abhängigkeit der Ausrichtung und Neigung der Fläche [SOLARTECHNIK MINDEN 2012]
 links: Monatlicher Solarenergiegewinn eines südorientierten Kollektors in Abhängigkeit von der Neigung [LUTZ 2008]

Zusätzlich zur Neigung und Ausrichtung der Dachfläche beeinflusst vor allem die Abschattung die Menge der auftreffenden Globalstrahlung. Dabei handelt es sich zum einen um standortbedingte Schattenwürfe wie zum Beispiel durch Bäume, Nachbargebäude oder Geländeerhebungen und zum anderen um gebäudebedingte Verschattung wie Gauben,

Schornsteine, Antennen und Satellitenschüsseln [FENNERT 2002]. Nach SCHEFFLER [2002] wird hierfür ein Reduktionsfaktor $\rho = 0,80$ eingeführt.

Die Energieausbeute ist, neben der auf die Solaranlage auftreffenden Sonnenenergie, entscheidend vom Wirkungsgrad der Anlage abhängig. Der Wirkungsgrad definiert sich als Quotient aus nutzbarer thermischer Energie und auftreffender Sonnenenergie. Dabei handelt es sich nicht um eine Konstante, sondern um einen variablen Wert, der von der Tages- und Jahreszeit abhängig ist. Ein hoher Wirkungsgrad kommt zustande, wenn die technische Anlage viel Sonnenenergie aufnehmen kann (geringer optischer Verlust) und wenig Wärme verliert (geringer thermischer Verlust).

- Die Menge der aufgenommenen Sonnenenergie ist abhängig von der Lichtdurchlässigkeit der Abdeckung und dem Absorptionsvermögen des Absorbers. Typische Werte sind zwischen 70 und 85 % [EFFIZIENTO 2012].
- Der Wärmeverlust ist abhängig von der Größe des Absorbers und der Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Außenluft. Je wärmer der Absorber im Vergleich zur Umgebung wird, umso schlechter ist dessen Wirkungsgrad. Typische Werte sind hier 2 bis 5 W/(m²·K) [EFFIZIENTO 2012].

Je nach Kollektortyp können nach LUTZ [2008] Wirkungsgrade zwischen 45 und 60 % erzielt werden (Flachkollektor: 440 - 500 kWh/(m²·a), Röhrenkollektor: 580 - 620 kWh/(m²·a)).

Im Folgenden wird theoretisch davon ausgegangen, dass die gesamte nutzbare Dachfläche von Arendsee mit Solarthermie ausgerüstet wird. Hierfür wurde die Gebäudefläche des Projektgebietes ermittelt (165.000 m²) und hieraus mit der folgenden Formel (Gl. 3) von LÖDL et al. [2010] die nutzbare Dachfläche (80.600 m²) berechnet.

$$A_{D,Nutz} = \frac{1}{2} A_{GGF} * \rho * \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$= 0,488 * A_{GGF}$$

$A_{D,Nutz}$ für Solarthermie nutzbare Dachfläche
 A_{GGF} Gebäudegrundfläche
 ρ Reduktionsfaktor (0,8)
 $\cos \alpha$ Dachneigungswinkel (35°)

Gl. 3

Ausgehend von einem optimistischen Wirkungsgrad der Solarkollektoren von 50 % (0,5 x 1.020 kWh/m², Abb. 15) können pro Jahr ca. **41.000 MWh** nutzbar gemacht werden. Demzufolge ist es bilanziell möglich, den gesamten Wärmebedarf des Projektgebietes (40.100 MWh, Abb. 6) mit Solarthermie zu decken.

Nicht berücksichtigt wurde jedoch, die zeitliche Verschiebung zwischen Angebot und Nachfrage der Wärme. Um dieser gerecht zu werden, wurde der durchschnittliche Wärmeverbrauch des Projektgebietes nach VDI 2067 [2000] auf einzelne Monatsscheiben aufgeteilt und gemeinsam mit dem monatlichen (Abb. 15) solaren Wärmegewinn in Abb. 17 dargestellt. Es wird deutlich, dass es ab Beginn der Heizperiode (Oktober) nicht mehr möglich ist, den Wärmebedarf des Projektgebietes vollständig über Solarthermie zu decken. **In Summe können mittels Solarthermie ca. 40 % des Wärmebedarfs abgedeckt werden.**

Dieser Anteil kann durch den Einsatz großer, saisonaler Wärmespeicher erhöht werden. In Frage kommen hierfür: Erdbecken/Behälter, Erdsonden, Aquiferspeicher. In Deutschland existieren bereits einige Beispiele/Forschungsprojekte saisonaler Wärmespeicher wie z. B. in Chemnitz, München, Crailsheim, Neubrandenburg u.a. Deren Übertragbarkeit auf Arendsee muss in Bezug auf Größe und oberflächennaher Geologie sowie besonders deren Wirtschaftlichkeit unbedingt geprüft werden!

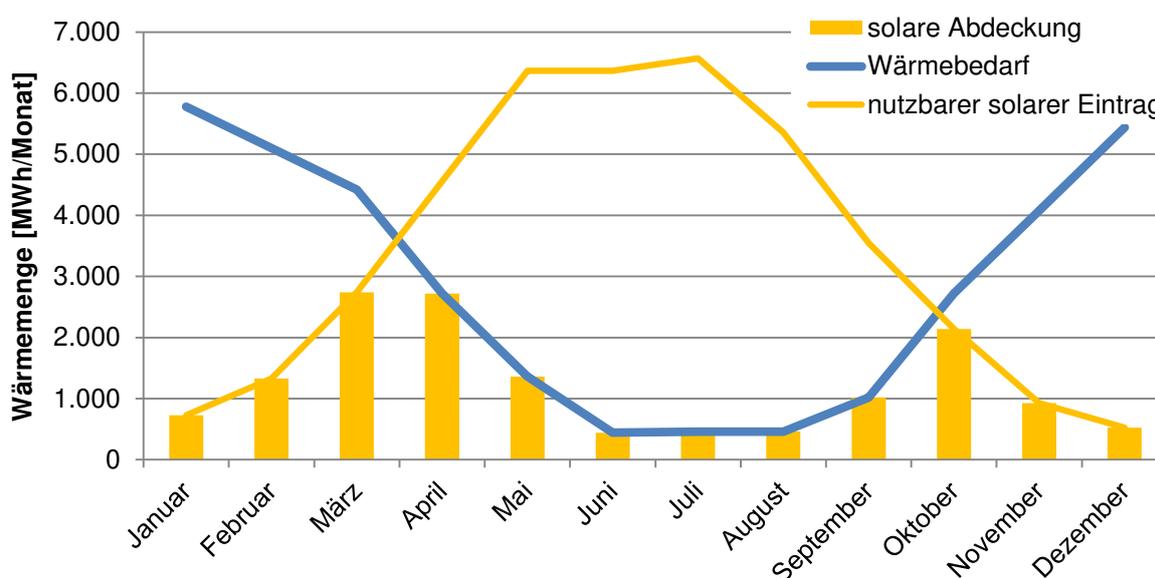


Abb. 17: Vergleich zwischen monatlichem Wärmebedarf und nutzbarem solarem Eintrag sowie die sich daraus ergebende solare Abdeckung

Eine Abdeckung von ca. 40 % des Wärmebedarfs mittels Solarthermie senkt die aktuellen CO₂-Emissionen des Projektgebietes (10.000 t/a) um über 35 % auf **6.350 t_{CO2}/a**.

Tab. 5: Ermittlung der CO₂-Emissionen bei einer Wärmebedarfsabdeckung durch Solarthermie

Wärmeträger	Arbeit [MWh/a]	Emissionsfaktoren [t _{CO2} /MWh]	CO ₂ -Emissionen t _{CO2} /a
Solarthermie	16.000	0,0218*	349
Energiemix Arendsee	24.100	0,2490**	6.001
Gesamtanlage	40.100	~ 0,16	6.350

*) [UBA 2013b]

***) 10.000 t/a / 40.100 MWh/a = 0,249 t/MWh (Abb. 6 und Abb. 7)

3.3.2 Biomasse

Mit Biomasse wird der Energie-, Rohstoff- sowie Nahrungsmittelbedarf der Bevölkerung gedeckt. Zum Begriff Biomasse zählen alle nicht-fossilen Stoffe organischen Ursprungs wie z. B. Holz, Getreide oder Gras. Grundsätzlich wird bei der energetischen Biomassennutzung in landwirtschaftliche (Energiepflanzen) und forstwirtschaftliche (Energieholz) Nutzung sowie der Verwertung biogener Reststoffe unterschieden (Anlage 9).

Die Nutzung von Biomasse wird von vielen global verwobenen Einflussfaktoren und Entscheidungsprozessen wie z. B. Politik, Klimaschutz, Naturschutz oder der Bevölkerungsentwicklung bestimmt. Mit geschätzten 2,34 Millionen Hektar nimmt die Fläche für Industrie- und Energiepflanzen in Deutschland 2014 im Vergleich zum Vorjahr leicht zu, erreicht jedoch nicht das Anbauniveau des Jahres 2012. Speziell in der Landwirtschaft haben sich nachwachsende Rohstoffe als festes Standbein etabliert und auf hohem Niveau stabilisiert. Sie belegen seit einigen Jahren etwa ein Fünftel der Ackerfläche in Deutschland. Aktuell geänderte Rahmenbedingungen, wie das 2014 novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), haben bislang noch keinen Einfluss auf den Anbauumfang [FNR E.V. 2014b].

Die Ermittlung des Biomassepotenzials des vorliegenden Konzeptes beschränkt sich auf die in Tab. 6 dargestellten, im Umkreis von Arendsee vorrangig verfügbaren Biomassequellen.

Tab. 6: Übersicht der betrachteten Biomassequellen

landwirtschaftliche Nutzung (Energiepflanzen)	forstwirtschaftliche Nutzung (Energieholz)	Reststoffe [%]
Mais	Rohholz	Tierische Exkremente
Gras	Waldrestholz	Stroh

Im Jahr 2007 wurde durch die Stadt Arendsee die Studie „Alternatives Energieprojekt Arendsee“ beauftragt [ALENSYS ENGINEERING GMBH 2007], in der umfangreich die Entwicklung eines Stoffstrommanagementsystems in Arendsee unter Einbeziehung aller verfügbaren Biomasseressourcen und der Geothermie betrachtet wurde. In Anlehnung an die ALENSYS ENGINEERING GMBH [2007] wurde in der vorliegenden Betrachtung nur kurz das theoretische Biomassepotential in einem Umkreis von 15 km (70.700 ha) um Arendsee dargestellt.

Die Flächennutzung innerhalb dieser Kreisfläche wurde auf der Grundlage der CIR-luftbildgestützten Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung Sachsen-Anhalt ermittelt (Anlage 8).

Das betrachtete Gebiet umfasst 70.700 ha Grundfläche, wovon ca. 60 % landwirtschaftlich (Acker und Grünland) und ca. 30 % forstwirtschaftlich genutzt wird. Auf Grundlage der Studie der ALENSYS ENGINEERING GMBH [2007] wurden die nutzbaren Flächenanteile und spezifischen Erträge abgeleitet. Entsprechend den in Tab. 7 dargestellten Annahmen ist im Umkreis von 15 km um Arendsee ein theoretisches Energiepotential aus Biomasse von 820.00 MWh/a verfügbar.

In Tab. 8 sind bereits bestehende und geplante Biogasanlagen respektive Biomassekonkurrenten dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass die Anlagen mit einem elektrischen Wirkungsgrad von ca. 40 % unter Vollast (8.000 h/a) betrieben werden. In Folge dessen binden diese Anlagen bereits ein Potenzial von 245.000 MWh/a (30 %).

Tab. 7: Zusammenfassung des Biomassepotentials im Umkreis von 15 km um Arendsee
 (*ALENSYS ENGINEERING GMBH [2007], ** FNR E.V. [2010], *** FNR E.V. [2014a])

Nutzungsart	Bodennutzung	Gesamtfläche [ha]	Biomasse	nutzbarer Flächenanteil* [%]	nutzbarer Flächenanteil [ha]	spezifischer Ertrag* [t/ha]	potentieller Ertrag [t/a]	spezifischer Energieinhalt [MWh/t]	Energiepotential [MWh/a]
Landwirtschaftlich	Ackerfläche	30.500	Energiemais	12	3.660	48,0	175.680	3,9**	686.909
			Stroh	4	1.129	5,6	6.320	4,0**	25.342
	Grünland	11.600	Gras	30	3.480	28,0	97.440	0,5**	49.694
Forstwirtschaftlich			tierische Exkrememente	100	11.600	6,4	74.240	0,2***	14.848
	Wald	21.800	Rohholz	50	10.900	1,1	11.990	3,8**	45.682
			Waldrestholz	5	545	0,1	55	3,8**	208
	Siedlungs-/ Wasserflächen	2.900							
	Schutzgebiete	3.900							
Summe		70.700			31.314		365.724		822.682

Tab. 8: Übersicht der im Umfeld vorhanden und geplanten Biogasanlagen (Anlage 8)
 (* KLEBE [2014], ** FREDERKING [2014])

Standort	elektrische Leistung [kW]	Feuerungswärmeleistung [kW]	Energiemenge [MWh/a]
Dessau*	1.910	4.780	38.240
Leppin*	941	2.350	18.800
Sanne*	1.413	3.530	28.240
Kerkau*	264	660	5.280
Binde I*	2.600	6.500	52.000
Binde II*	75	190	1.520
Mechau*	1.910	4.780	38.240
Prezelle**	220	550	4.400
Lomitz**	210	530	4.240
Gollensdorf**	625	1.560	12.480
geplante Biogasanlagen**	2.100	5.250	42.000
Summe	12.268	30.670	245.440

Nach Abzug des bereits durch bestehende und geplante Anlagen gebundenen Biomassepotenzial stehen theoretisch, jährlich **580.000 MWh** Biomasse zur energetischen Nutzung zur Verfügung. Demzufolge kann der gesamte Wärmebedarf des Projektgebietes (40.100 MWh, Abb. 6) mit dem im Umkreis von 15 km um Arendsee verfügbaren Biomassepotenzial gedeckt werden.

Wird von einer Umwandlung der landwirtschaftlichen Produkte in Biogas ausgegangen, so fallen bei einem CO₂-Emissionsfaktor von 0,12 t/MWh [UBA 2013b] im Projektgebiet ca. **4.800 t_{CO2}/a** an. Demzufolge verringert sich der jährliche CO₂-Ausstoß um über 50 %.

3.3.3 Geothermie

Geothermie ist die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme. Nach der Tiefe der Gewinnung wird bei Geothermie grundsätzlich zwischen oberflächennaher (0 bis 400 m Tiefe) und tiefer Geothermie (> 400 m Tiefe) unterschieden [VDI 4640].

Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie nutzt die in den obersten Erdschichten bzw. die im Grundwasser bis 400 m Tiefe gespeicherte Energie. Um die Durchführung eines bergrechtlichen Verfahrens zu vermeiden, werden jedoch in der Praxis überwiegend Bohrtiefen bis 100 m gewählt.

Zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie können Flächenkollektoren, Erdwärmesonden oder Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen eingesetzt werden. Eine Übersicht der verschiedenen Systeme zeigt Abb. 18.

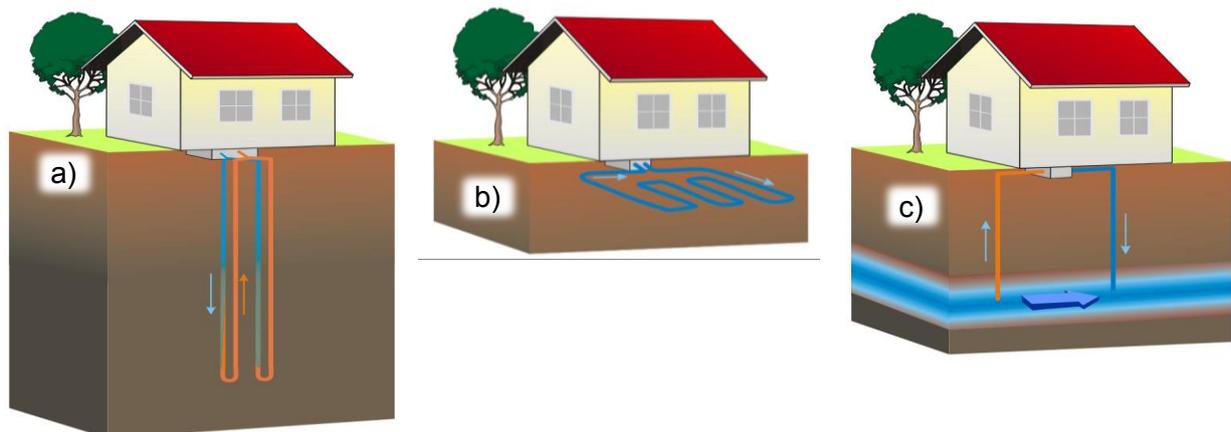


Abb. 18: Übersicht der Nutzungsarten von oberflächennaher Geothermie: a) Erdwärmesonden, b) Erdwärmekollektoren, c) Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage [LAGB 2012]

Der Wärmeentzug erfolgt bei *Erdwärmesonden und -kollektoren* (Abb. 18a und b) über ein Wärmeträgermedium, welches in einem geschlossenem Kreislauf durch das Erdreich zirkuliert, dort die Erdwärme aufnimmt und anschließend zu einer Wärmepumpe transportiert. Das Funktionsprinzip von *Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen* (Abb. 18c) ist sehr ähnlich zu dem eben beschriebenen, jedoch handelt es sich beim Wärmeträgermedium um natürliches Grundwasser, das in einem offenen Kreislauf zirkuliert.

Aufgrund des unverzichtbaren Wärmepumpeneinsatzes bei der Nutzung oberflächennaher Geothermie sollte die Heizungsvorlauftemperatur, z. B. durch den Einsatz von Fußbodenheizung, möglichst gering gehalten werden, um den Strom-/CO₂-Bedarf der Wärmepumpe zu minimieren.

Dementsprechend eignet sich die Nutzung von oberflächennaher Geothermie gut für Gebäude mit sehr hohem energetischem Standard, wie zum Beispiel Neubauten. Da jedoch mit dem vorliegenden Bericht ein ganzheitliches Konzept für die häufig nicht wesentlich modernisierten Bestandsgebäude der Stadt Arendsee (Abb. 9) entwickelt werden soll, wird oberflächennahe Geothermie im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

Dem privaten Haushalt soll jedoch ausdrücklich nicht von der Umstellung fossiler Energieträger auf oberflächennahe Geothermie abgeraten werden, weil auch hiermit ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet wird.

Tiefe Geothermie

Die tiefe Geothermie kann in hydrothermale und petrothermale Systeme sowie tiefe Erdwärmesonden unterschieden werden. Abb. 19 verdeutlicht die Funktionsweisen dieser drei Nutzungsarten.

Bei tiefen *Erdwärmesonden* (Abb. 19a) zirkuliert ähnlich wie bei oberflächennaher Geothermie ein Trägermedium in einem geschlossenen Kreislauf. Der Vorteil dieser Funktionsweise ist die Notwendigkeit nur einer Bohrung, der deutlich größere Nachteil ist jedoch deren sehr geringe Leistung. Für die vorliegende Bohrung Arendsee 10 (Anlage 5) wurde von SASS & BUß [2009] eine Leistung von 250 bis 350 kW publiziert - vergleichbare, in Betrieb befindliche Anlagen leisten jedoch deutlich weniger (z. B. Prenzlau bis 120 kW [STADTWERKE PRENZLAU 2014], Heubach bis 140 kW [FRITSCHKE et al. 2012; FRITSCHKE et al. 2011]), weshalb für die vorliegende Bohrung von einer geringeren Leistung ausgegangen werden muss.

Bei *hydrothermalen und petrothermalen Systemen* (Abb. 19b und c) werden mindestens zwei Bohrungen, eine für die Förderung und eine für die Reinjektion, benötigt. Während hydrothermale Systeme vielfach angewendet werden (z. B. Waren, Neubrandenburg, Neustadt-Glewe), sind petrothermale Systeme stark umstritten (Stichwort: „Fracking“), weshalb diese bei der weiteren Konzeptentwicklung keine Rolle spielen.

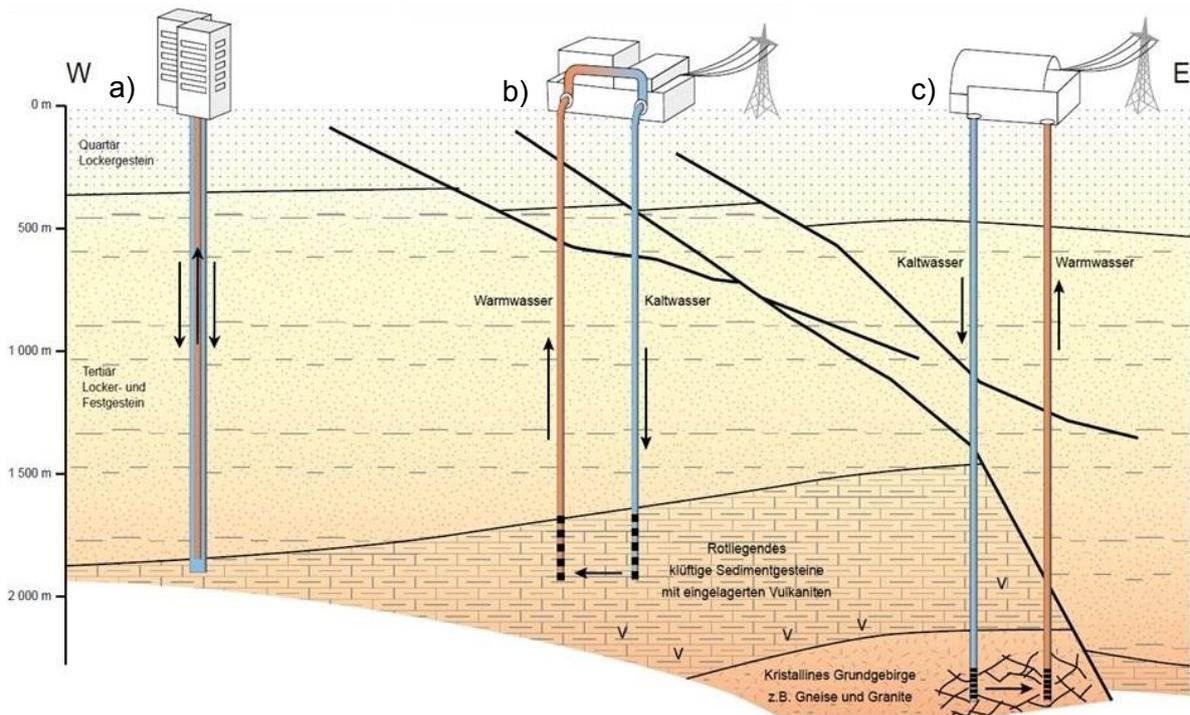


Abb. 19: Übersicht der Nutzungsarten von tiefer Geothermie: a) Tiefe Erdwärmesonden, b) Hydrothermales System, c) Petrothermales System [verändert nach HLOG 2010]

Hydrothermale Systeme nutzen ähnlich der Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage der oberflächennahen Geothermie Grundwasser als Wärmeträger. Der wesentliche Unterschied ist jedoch die Tiefe des Grundwasserleiters (geothermischer Aquifer) und damit dessen Temperatur und chemische Zusammensetzung.

Der geologische Kenntnisstand am Standort Arendsee bezüglich hydrothermalen Geothermie ist aufgrund der folgenden Erkundungsarbeiten sehr gut:

- Abteufung mehrerer Explorationsbohrungen im näheren Umkreis von Arendsee (Anlage 5)
- Aufwältigungs- und Testarbeiten an der Bohrung „E Arendsee 10/82“ (Anlage 5)
- gravimetrische und seismische Messungen sowie ein Reprocessing älterer Daten
- Durchführung von Modellierungen, u.a. zur geologischen Neubewertung des städtischen Untergrundes

In Tab. 9 sind die vorliegenden Studien zum geologischen Kenntnisstand zusammengetragen. Hierin wird herausgearbeitet, dass am Standort Arendsee als Nutzhorizont für die geothermische Wärmeversorgung der Aquifer „Wealden“ sehr gut geeignet ist. Gründe hierfür sind dessen geothermischen Eigenschaften (Tab. 11) sowie dessen großräumige Verbreitung im Untergrund von Arendsee (Anlage 6: Unterkante des Nutzhorizontes, Anlage 7: Oberkante des Nutzhorizontes). Ausnahmen hiervon sind nur der See selbst und dessen naheres Umfeld. Ebenso konnten für den Aquifer „Wealden“ keine geologischen Störungen nachgewiesen werden [SCHNEIDER et al. 1999a]. Weshalb aus geologischer Sicht eine flexible Bohrplatzauswahl möglich ist.

Tab. 9: Zusammenstellung der vorliegenden Studien zum geologischen Kenntnisstand

Titel	Quelle
Kurzfassung zur Studie über die Möglichkeiten der Nutzung des geothermischen Potenzials an ausgewählten Standorten im Bundesland Sachsen-Anhalt	[GTN 1994]
Einschätzung der balneologischen Anwendungsmöglichkeiten des für den Standort Arendsee prognostizierten Thermalwassers	[Kellner 1994]
Kurzdokumentation zum geologischen Thermalwasserangebot am Standort Arendsee	[Werner & Brandt 1994]
Auszüge aus der Studie zu den Entwicklungsmöglichkeiten von Kur-, Erholungs- und Freizeiteinrichtungen in Arendsee, einschließlich der Erschließung, Gewinnung und Nutzung von Thermalwässern für energetische und balneologische Zwecke	[Werner & Brandt 1995]
Projektskizze einer geothermischen Wärmeversorgung in der Stadt Arendsee	[GTN 1995]
Abschlussbericht - Hydrothermale Geothermie in Arendsee	[KABUS & SEIBT 1998b]
Geologisch-bohrtechnische Kurzdokumentation zu den durchgeführten Aufwältigungs- und Testarbeiten in der Tiefbohrung E Arendsee 10/82 (E AnSn 10/82)	[Schneider et al. 1999b]
Thermalwassererschließung in der Bohrung E Arendsee 10/82	[Lenz 1999]
Bewertung der Analysen des Thermalwassers aus der Thermalwasserbohrung E AnSn 10/82 - Arendsee	[Kellner 1999]
Ergebnisbericht - Geophysikalische Messungen "Seismik Arendsee"	[Hartmann 1999]
Geothermieobjekt Arendsee - Bericht über geologische, seismische und technische Untersuchungen	[Schneider et al. 1999a]
Sachbericht über die durchgeführten Arbeiten im Geothermieprojekt Arendsee	[Schneider & Lenz 1999]
Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Geothermienutzung am Standort Arendsee	[Kabus 2001]
Machbarkeitsstudie Geothermie Sachsen-Anhalt. Technische, wirtschaftliche und Kommunale Voraussetzungen zur Nutzung geothermischer Energieversorgung in Sachsen-Anhalt	[Eberwein 2006]

Das nachfolgende Bohrprofil der aufgewältigten Bohrung „E Arendsee 10/82“ kann als Referenzprofil für die Region südlich des Arendsees angesehen werden (Tab. 10). Es verdeutlicht, dass der Nutzhorizont in einer Tiefe von ca. 1.500 m erwartet wird.

Tab. 10: Bohrprofil der Bohrung E Arendsee 10/82 bis Muschelkalk [EBERWEIN 2006; KABUS & SEIBT 1998a]

Teufe [bis m u. GOK]	Stratigraphie
0 bis 60	Quartär
153	Tertiär (Miozän)
399	Tertiär (Oligozän)
626	Tertiär (Eozän)
645	Tertiär (Paläozän)
753	Oberkreide (Campan)
914	Oberkreide (Santon bis Conic)
1.052	Oberkreide (Turon)
1.131	Oberkreide (Cenoman)
1.271	Unterkreide (Oberalb bis Mittelalb)
1.404	Unterkreide (Unteralb bis Hauterive)
1.585	Unterkreide (Wealden)
1.883	Muschelkalk

Darüber hinaus kann der geothermische Aquifer „Wealden“ wie in Tab. 11 dargestellt, charakterisiert werden. Besonders hervorzuheben ist hierbei die gegenüber dem regionalen Durchschnitt deutlich erhöhte Schichttemperatur. Ebenso wurde nachgewiesen, dass die Tiefenwässer nicht durch oberflächennahe Grundwässer oder anthropogene Sickerwässer beeinflusst sind. Die „natürliche ursprüngliche Reinheit“ des Wassers, z. B. für die touristische Nutzung als Heilwasser (Kap. 2.3), ist demnach gegeben. Aufgrund der Temperatur und

chemischen Gehalte können die Tiefenwässer des geothermischen Aquifers als „jodhaltige Thermalsole“ angesprochen werden [KELLNER 1994; SCHNEIDER et al. 1999b; WERNER & BRANDT 1994].

Tab. 11: Zusammenstellung der Parameter des geothermischen Aquifers „Wealden“ [KABUS 2007; SCHNEIDER et al. 1999a]

Parameter	Wert	Bemerkung
Schichttemperatur	75,5 °C	in 1557,15 m unter GOK; 4,34 K/100 m; ca. 10 K über regionalem Durchschnitt
Mächtigkeit	20 m	
Permeabilität	160 mD	bei 20 m effektive Mächtigkeit
Nutzporosität	20 %	
Volumenstrom	75 m³/h	> 50 m³/h bei nur unvollständigem Aufschluss des Horizontes
Ruhewasserspiegel	120 m u GOK 96 m u GOK	Messung im Rahmen der Zuflussprofilierung: Juni 1999 Messung im Rahmen der Temperaturverlaufsmessung: Juli 1999
dynamischer Wasserspiegel	296 m u GOK	
Mineralisation	218 g/l	Na-Cl-Typ, überdurchschnittlich hochmineralisierte Sole
Dichte	1.150 kg/m³	
pH-Wert	5,9-6,8	
Radioaktivität	8.800 mBq/l	entspricht natürlichem geogenen Level → vernachlässigbar

Mit Gl. 4 kann die Leistung einer hydrothermalen Geothermieanlage in Abhängigkeit der Rücklauftemperatur des Nahwärmenetzes bestimmt werden.

Bei einer Rücklauftemperatur des Nahwärmenetzes von 35 °C stellt eine hydrothermale Geothermieanlage eine Leistung von 2,9 MW bereit. Da die Geothermieanlage zwangsläufig an ein Wärmenetz gebunden ist, muss bei einer ausschließlichen Versorgung des Projektgebietes mit Geothermie eine Gesamtleistung von 11 MW (Kap. 3.2.3) bereitgestellt werden. Hierfür sind vier Geothermieanlagen notwendig. Die entsprechenden bergrechtlichen Voraussetzungen wurden durch die Stadt mit dem Erlaubnisantrag vom 04.05.2012 bereits geschaffen.

$$P = c_p * (T_B - T_R) * \rho * V * \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} \quad \text{Gl. 4}$$

P..... Leistung hydrothermale Geothermie	-	kW
c _p spezifische Wärmekapazität des Thermalwassers (berechnet aus Mineralisation und Dichte [VDI-GVC 2006])	3,41	kJ/(kg·K)
T _B Bohrkopftemperatur des Thermalwassers (Tab. 11)	70	°C
T _R ... Rücklauf des Nahwärmenetzes	-	°C
ρ..... Dichte des Thermalwassers (Tab. 11)	1.150	kg/m³
V..... Fördermenge des Thermalwassers (Tab. 11)	75	m³/h

Eine vollständige Abdeckung des Wärmebedarfs des Projektgebietes (40.100 MWh/a) mittels Geothermie verringert aufgrund des niedrigen CO₂-Emissionsfaktors (0,035 t_{CO2}/MWh [UBA 2013b]) die jährlichen CO₂-Emissionen um 85 % auf ca. **1.400 t/a**.

3.3.4 Schlussfolgerung

Wie bereits in der Zielsetzung (Kap. 1.3) dargestellt, beabsichtigt die Stadt Arendsee eine ganzheitliche alternative Wärmeversorgung zu entwickeln, die durch den Einsatz erneuerbarer Energien den CO₂-Verbrauch minimiert und für das Projektgebiet langfristig stabile und folglich kalkulierbare Wärmepreise gewährleistet.

Das bisher dargestellte theoretische Potenzial erneuerbarer Energien zeigt, dass mit Biomasse und tiefer Geothermie der Wärmebedarf des Projektgebietes vollständig abgedeckt werden kann, während die Bedarfsdeckung allein mit Solarthermie nur zu 40 % möglich ist. Demnach kann Solarthermie nicht als zentrale Lösung der Wärmeversorgung fokussiert werden.

Trotz der Tatsache, dass unter Nutzung von Biomasse der Wärmebedarf des Projektgebietes theoretisch vollständig gedeckt werden kann, wird die Nutzung von Biomasse aufgrund der Möglichkeit, des Transports über große Entfernungen und damit des Handelns am überregionalen Markt als zentrale Lösung für die alternative Wärmeversorgung nicht priorisiert.

Neben der Marktabhängigkeit ist die Verfügbarkeit von Biomasse von Naturereignissen abhängig. Ertragseinbußen können beispielsweise durch Unwetter, Hochwasser, Brände, extreme Trockenheit oder auch daraus abgeleitete „Einschlag-Stopp-Verordnungen“ o. ä. resultieren.

Sowohl der Preisanstieg für konventionelle Energiestoffe als auch Ertragseinbußen infolge von Krisen erhöht die Nachfrage nach Biomasse und führt zur Preissteigerung derselben.

Darüber hinaus kann der intensive Biomasseanbau ein Konfliktpotential bezüglich des Boden- und Umweltschutzes (Schlagwörter: Monokulturen, Bodenerosion, Biologische Vielfalt), aber auch gegenüber bereits in der Region existierenden Unternehmen (Biomassekonkurrenz) und dem Wirtschaftszweig Tourismus (subjektiver Wahrnehmung der Besucher) nach sich ziehen.

Demzufolge können zwei wichtige Ziele der Stadt, die Abkopplung von den stetigen Preissteigerungen und die Förderung des Wirtschaftszweiges „Tourismus“, nicht gewährleistet werden.

Mit den bereits von der Stadt Arendsee durch den Erlaubnisantrag vom 04.05.2012 geschaffenen bergrechtlichen Voraussetzungen ist es möglich, den Wärmebedarf mittels Tiefer Geothermie vollständig abzudecken.

Geothermie kann nicht überregional gehandelt werden, weshalb sie unabhängig von globalpolitischen Veränderungen ist. Lediglich der Energieträger für die Bereitstellung des Stroms

der oberirdischen Anlagen muss in Abhängigkeit der Preisentwicklung vom Markt bezogen werden.

Darüber hinaus ist tiefe Geothermie als Wärmequelle, unabhängig von Wetterereignissen und Tages- bzw. Jahreszeiten und demzufolge deren Einsatz, sehr gut planbar.

Des Weiteren ist es nur über die energetische Erschließung der tiefen Geothermie möglich, Thermalsole für touristische Zwecke auszukoppeln und damit für Arendsee Grundlagen eines, aus touristischer Sicht, regionalen Alleinstellungsmerkmals zu schaffen (Kap. 2.3).

Neben der Auswertung des energetischen Potentials zeigt die Zusammenstellung der jährlichen CO₂-Emissionen in Tab. 12, dass eine maximale Minimierung der CO₂-Emissionen über die Umstellung auf Geothermie erreicht wird.

Tab. 12: Einsparung an CO₂-Emissionen des Projektgebietes durch den Ausbau erneuerbaren Energien

	CO ₂ -Emissionen [t _{CO2} /a]	Verringerung gegenüber Ausgangszustand [%]
Solarthermie	6.350	- 37
Biomasse	4.800	- 52
Geothermie	1.400	- 86
Ausgangszustand	10.000	0

Durch die energetische Nutzung von tiefer Geothermie können die in Kap. 1.3 dargestellten Ziele der Stadt vollumfänglich erreicht werden. Folglich stellt tiefe Geothermie in den anschließenden Kapiteln die zentrale Lösung der alternativen Wärmeversorgung dar.

4 Alternative Wärmeversorgung

4.1 Technisches Konzept

Wie in der Zielstellung (Kap. 1.3) dargestellt wurde, soll eine alternative Wärmeversorgung für das Projektgebiet entwickelt werden, die durch den Einsatz erneuerbarer Energien die CO₂-Emission minimiert und langfristig stabile Wärmepreise gewährleistet. Als zentrale Lösung hierfür wurde in Kap. 3.3.4 tiefe Geothermie herausgearbeitet.

Für die ausschließliche Versorgung des gesamten Projektgebietes mit tiefer Geothermie sind vier Anlagen erforderlich (Kap. 3.3.3). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird die technische Umsetzung der ersten Geothermieanlage aufgezeigt.

Unter Nutzung der bereits vorhandenen tiefen Bohrung E Arendsee 10/82 soll die tiefe Erdwärme über die in Abb. 19 (b) dargestellte hydrothermale Nutzungsart erschlossen werden. Hierfür ist neben der Nutzung der vorhandenen Bohrung das Abteufen einer zweiten Neubohrung erforderlich. Der Abstand dieser beiden Bohrungen sollte mindestens 1 km betragen, um eine Betriebsdauer der Anlage von mindestens 30 Jahren zu gewährleisten. Damit die Wärme so nah wie möglich am Projektgebiet zur Verfügung steht, wird angenommen, dass die Neubohrung östlich der vorhandenen Bohrung bzw. südlich des Projektzentrums abgeteuft wird. Beide Bohrungen werden über eine Thermalwasserleitung (1.800 m) verbunden, deren Verlauf aufgrund des unkomplizierten Genehmigungsverfahrens entlang von Wegen und außerhalb des Trinkwasserschutzgebietes vorgesehen ist.

Im Umfeld der Neubohrung ist ebenso die Errichtung der geothermischen Heizzentrale (GHZ) geplant, von der aus die Wärmeverbraucher versorgt werden (Startpunkt des Wärmenetzes).

Der Strombedarf der gesamten alternativen Wärmeversorgung und hierbei besonders der der Thermalwasser-Förderpumpe (Nr. 1, Abb. 22) und der Wärmenetz-Verteilpumpe (Nr. 2, Abb. 23) wird durch ein eigenes BHKW selbst erzeugt. Die Abwärme des BHKWs wird direkt ins Wärmenetz eingespeist.

Für Zeiten mit besonders großem Wärmebedarf und aus Gründen der Redundanz steht in der GHZ zusätzlich eine Spitzenlastkesselanlage zur Verfügung.

Sowohl das BHKW als auch die Spitzenlastkesselanlage sollen zur Stärkung der regionalen Wertschöpfung (Zielstellung, Kap. 1.3) mit Biogas aus dem Umfeld von Arendsee betrieben werden (Tab. 8). Die konkrete Art der Umsetzung (Gasspeicher, bilanzielle Betrachtung, ...) muss zu einem späteren Zeitpunkt abschließend geklärt werden.

Durch die zusätzliche Einbindung der Abwärme des BHKWs und einer Spitzenlastkesselanlage erhöht sich die Wärmeleistung der Gesamtanlage gegenüber der Leistung, die ausschließlich mittels tiefer Geothermie (2,9 MW) bereitgestellt werden kann.

Das Ausmaß der Leistungserhöhung ist von der Wärmemenge, die mittels Geothermie abgedeckt werden soll, abhängig. In der aktuellen Planung wird eine **geothermische Wärmeabdeckung von 85 %** angestrebt. Infolgedessen kann mit der Gesamtanlage (bestehend aus Geothermieanlage, Spitzenlastkesselanlage und BHKW) eine Wärmeleistung von ca. **5,4 MW** vorgehalten werden (Kap. 4.2).

In Abb. 20 und Anlage 10 sind das Grundprinzip sowie ein Übersichtsplan der eben beschriebenen Gesamtanlage dargestellt.

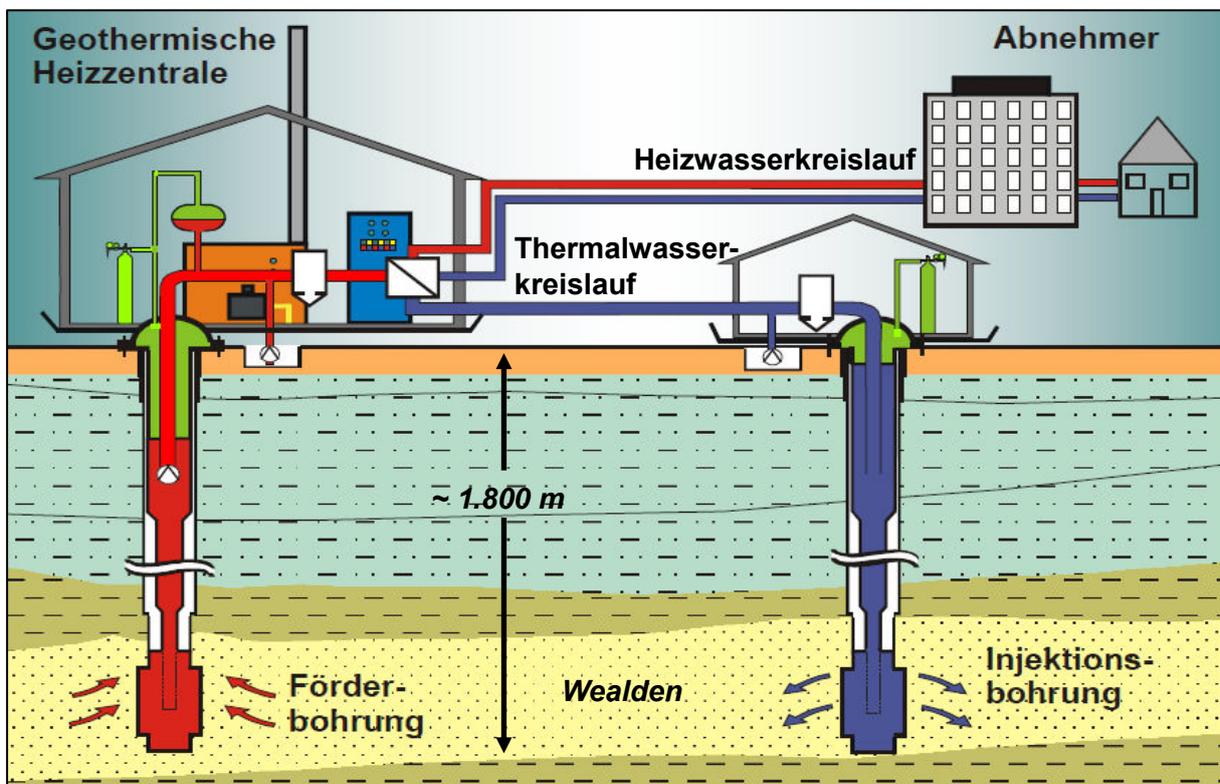


Abb. 20: Grundprinzip der geplanten Wärmeversorgung [verändert nach SEIBT 2007]

4.1.1 Flächeninanspruchnahme

Für die Umsetzung der alternativen Wärmeversorgung müssen Flächen für das Wärmenetz, den Bohrplatz der Neubohrung und die GHZ zur Verfügung stehen. Während das Wärmenetz im Straßenkörper verlegt wird, müssen der Bohrplatz für die Neubohrung und die Fläche für die GHZ gesichert werden.

Die Größe der benötigten Bohrplatzfläche ist abhängig von der eingesetzten Bohranlage und diese ist wiederum abhängig von der Tiefe des zu erschließenden Nutzhorizontes.

Am favorisiertem Standort, ca. 1 km östlich der bestehenden Bohrung E Arendsee 10/82 wird die Basis (Unterkante) des Nutzhorizontes der geothermischen Wärmeversorgung „Wealden“ in einer Tiefe von 1.800 m erwartet (Anlage 6), demzufolge ist für die Bohranlage eine Bohrplatzgröße von ca. 35 x 60 m notwendig.

Unweit der Bohrplatzfläche ist darüber hinaus für die Systemhalle der GHZ eine Fläche von ca. 15 x 25 m vorzuhalten.

Die Seitenverhältnisse beider Flächen können in späteren Planungsphasen den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden.

4.1.2 Bohrung

Da eine Vielzahl von Flächen für einen potenziellen Bohrplatz und die verbindende Thermalwasserleitung vorhanden sind, wird aus Gründen der Wirtschaftlichkeit davon ausgegangen, dass die Neubohrung saiger (senkrechte) ausgeführt wird.

Das Abteufen erfolgt im Rotary-Bohrverfahren über ein rotierendes Bohrgestänge. Schwerstangen direkt über dem Bohrwerkzeug erzeugen den nötigen Bohrandruck. Zur Kühlung des Bohrmeißels und zum Abtransport von Bohrklein wird Bohrspülung durch das Bohrgestänge zum Bohrmeißel geleitet. Die Spülung steigt beladen mit dem Bohrklein über den Ringraum der Bohrung auf und wird Übertage mittels Sieben bzw. Absetzbecken vom Bohrklein befreit. Die Bohranlage muss für die Lasten des Bohrgestänges bzw. der einzubringenden Verrohrung ausgelegt sein und ist demzufolge von der Bohrtiefe und dem Bohrdurchmesser abhängig. Der Aufstell- und Brandschutzplan einer potenziellen Bohranlage ist in Anlage 14 dargestellt.

Die Bohrzeit inkl. Ausbau der Bohrung und Fördertest wird bei störungsfreiem Betrieb mit etwa 10 - 12 Wochen je Bohrung veranschlagt. Während dieser Zeit wird die Bohranlage Tag und Nacht betrieben. Für die Bedienung des Bohrgerätes ist eine ca. fünfköpfige Mannschaft erforderlich. Aus der Bohrtätigkeit ergeben sich Lärmemissionen, für die mit einem schalltechnischen Gutachten die Einhaltung der gesetzlich geforderten Grenzwerte nachzuweisen ist.

Zum Schutze des Grundwassers und der Stabilisierung der Bohrlochwand erfolgt das Abteufen der Neubohrung in einzelnen Abschnitten. Nach dem Abteufen eines Bohrabchnittes wird eine Rohrtour (Stahlrohr) in das Bohrloch eingebaut und durch Zementation fest mit dem „Gebirge“ verbunden. Durch die Wiederholung des Verfahrens entsteht ein teleskopartig verrohrtes Bohrloch; der kleinste Querschnitt liegt im Bohrlochtiefsten. Die einzelnen Bohrdurchmesser bestimmen sich anhand der abzusichernden Förderrate.

Mit Abschluss der Bohr- und Verrohrungsarbeiten ist die Open-Hole-Komplettierung, mit Gravelpack und Drahtwickelfilter (Abb. 21) vorgesehen. Demnach wird die letzte eingebaute Rohrtour oberhalb des geothermischen Aquifers abgesetzt. Der Aquifer selbst wird nicht verrohrt, sondern durch Unterschneiden des Bohrlochs zunächst erweitert und nach Einsetzen des Wickeldrahtfilters der erweiterte Ringraum um den Filter mit einer auf den Aquifer abgestimmten Filterkies (Gravelpack) hinterfüllt.

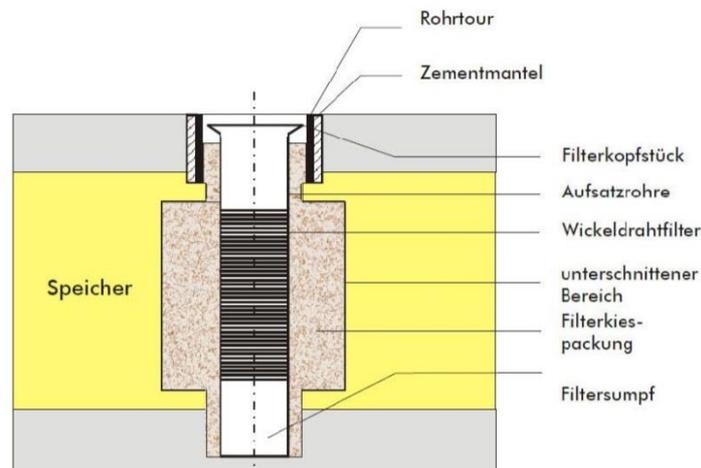


Abb. 21: Open-Hole-Komplettierung mit Gravel-Pack und Wickeldrahtfilter [KABUS et al. 2003]

Wie die erforderlichen Verrohrungen (Standrohrtour, Ankerrohrtour, Liner, Produktionsrohrtour) und die Komplettierung, in welcher Teufe und in welcher Ausführung in das Bohrloch eingebracht werden, ist von der Geologie des Bohrplatzes abhängig und wird endgültig im Rahmen des Hauptbetriebsplanes zur Abteufung der Bohrung festgesetzt.

4.1.3 Geothermische Heizzentrale (GHZ)

Die GHZ regelt, steuert und überwacht sowohl den Thermalwasserkreislauf als auch den Heizwasserkreislauf sowie die Wärmebereitstellung der Spitzenlastkesselanlage und des BHKWs. Um alle hierfür erforderlichen Komponenten aufnehmen zu können, ist eine Halle mit einer Grundfläche von ca. 375 m² und einer Höhe von 9,5 m notwendig.

Der Thermalwasserkreislauf umfasst folgende, überwiegend in Abb. 22 dargestellte Komponenten:

- Filteranlagen,
- Wärmeübertrager,
- Rohrleitungen,
- Armaturen,
- Verpresspumpengruppe,
- Schutzgassystem,
- Schmutzwassergrube.

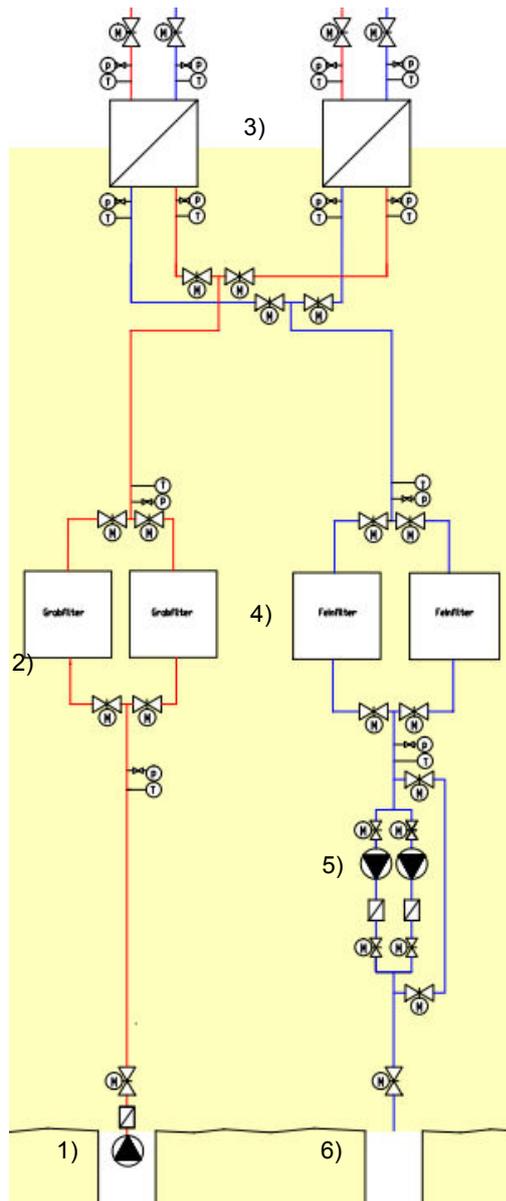


Abb. 22: Auszug aus Anlage 11 zur schematischen Darstellung des Thermalwasserkreislaufs (Beschreibung der Nummern siehe Text)

Alle Komponenten sind aufgrund der anspruchsvollen Betriebsbedingungen (Druck, Temperatur, Salinität) hohen Materialbeanspruchungen ausgesetzt und deshalb in korrosionsresistenten GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) oder Titan hergestellt bzw. mit einer Innenbeschichtung (z. B. Epoxidharz, PTFE, Hartgummierung, Teflon) ausgeführt.

Das Thermalwasser wird über eine Rohrleitung von der 1. Bohrung (1) der GHZ zugeführt und durch die Grobfilteranlagen (2), die die übertragenden Anlagenkomponenten schützt, vorgeeignet. Die Wärme des Thermalwassers wird mittels Plattenwärmeübertrager (3) ausgekoppelt und an das Heizwasser-Netz übertragen.

Das abgekühlte Thermalwasser durchläuft anschließend zum Schutz der zweiten Bohrung und des geothermischen Aquifers die Feinfilteranlage (4), bevor es über die Verpresspumpengruppe (5) oder deren Bypass zur zweiten Bohrung (6) transportiert und dort reinjiziert wird. (Der Einsatz der Verpresspumpengruppe ist u.a. vom Gegendruck der 2. Bohrung abhängig.)

Zum Schutz vor dem Zutritt des Luft-Sauerstoffs wird der gesamte Thermalwasserkreislauf von den Ringräumen der Bohrungen bis zu den nicht genutzten, redundanten Anlagenteilen (Pumpen, Filter, Wärmeübertrager) mit Stickstoff beaufschlagt. Darüber hinaus steht für den Havariefall eine Schmutzwassergrube zur Verfügung, die austretendes Thermalwasser aufnimmt (Abb. 20).

Der Thermalwasserkreislauf ist indirekt über den Wärmeübertrager mit dem Heizwasserkreislauf verbunden.

Der Heizwasserkreislauf versorgt das Wärmenetz mit Wärme, die zu großen Teilen aus der Nutzung der Geothermie und zu untergeordneten Anteilen aus der Abwärme des BHKWs

und der Wärme der Spitzenlastkesselanlage stammt. Die wesentlichen Komponenten des Heizwasserkreislaufs sind:

- Ausdehnungs- und Druckhalteanlage,
- Wasseraufbereitungsanlage,
- Pumpengruppen,
- Verteiler,
- Verrohrung sowie
- Armaturen.

Die Wärme der drei Wärmequellen, Geothermie, BHKW, Spitzenlastkessel, wird im Vorlaufverteiler (1) vereint und anschließend über die Pumpengruppe des Wärmenetzes (2) zum Verbraucher transportiert.

Der kalte Rücklauf des Wärmenetzes wird am Rücklaufverteiler (3) auf die verschiedenen Wärmequellen aufgeteilt sowie entsprechend dem Stand der Technik nachgespeist und aufbereitet (4).

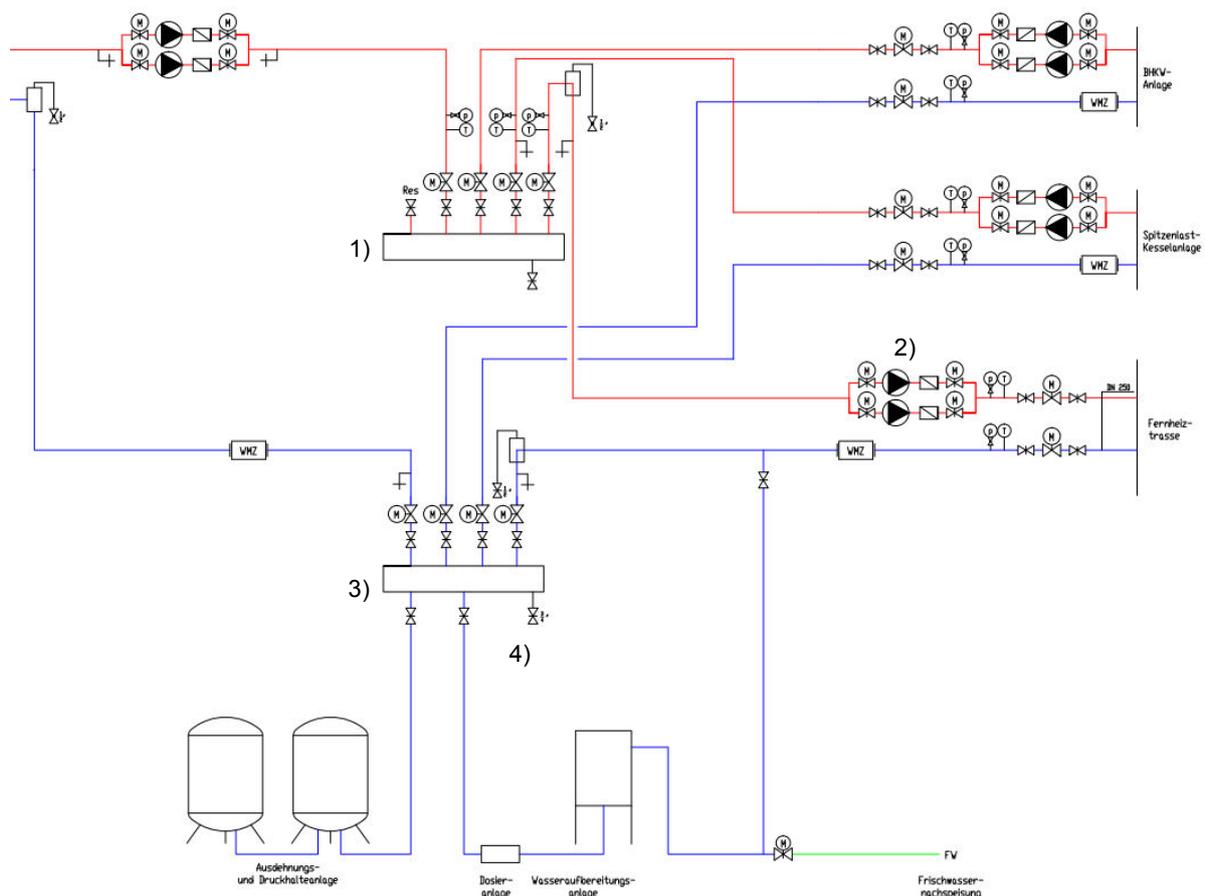


Abb. 23: Auszug aus Anlage 11 zur schematischen Darstellung des Heizwasserkreislaufs (Beschreibung der Nummern im darüber stehenden Text)

4.1.4 Wärmenetz

Entsprechend der im noch folgenden Kap. 4.2 hergeleiteten Wärmeleistung von ca. 5,35 MW der Gesamtanlage (bestehend aus Geothermieanlage, Spitzenlastkesselanlage und BHKW) wurde das Wärmenetz ausgelegt. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Versorgung der öffentlichen und gewerblich genutzten Gebäude (Anlage 12).

Verlauf

In Anlage 10 ist der Verlauf des neu zu errichtenden Wärmenetzes schematisch dargestellt. Ausgangspunkt ist die GHZ, von hier aus verläuft die Haupttrasse auf leicht befestigten Wegen zunächst Richtung Norden zum Kreisverkehr der *Koloniestraße*, *Alte Poststraße* und *Mühlenstraße*. Auf der Strecke zum Kreisverkehr durchörtert die Wärmetrasse die B 190 und überquert die stillgelegte Bahnlinie Salzwedel-Arendsee-Wittenberge.

Vom Kreisverkehr aus verläuft die Haupttrasse weiter entlang der *Mühlenstraße*, *Ackerstraße*, *Dessauer Worth* und *Am Markt* zur *Friedensstraße*. Die beiden größten Abzweige der Haupttrasse auf diesem Abschnitt sind die Straße *Dessauer Worth* Richtung Feuerwehr und die *Feldstraße* inklusive des Ostteils der *Alten Poststraße*.

An der Kreuzung *Friedensstraße* - *Am Markt* teilt sich die Haupttrasse. Ein Teil versorgt die Gebäude Richtung Osten (*Friedensstraße*, *Hohe Warthe*, *Amtsfreiheit*) der andere Teil die Gebäude Richtung Nordwesten bis zum KIEZ (*Friedensstraße*, *Töbelmannstraße*, *Lindenstraße*, *Am Lindenpark*).

Dimensionierung

Das gesamte Wärmenetz wird mit Kunststoffmantelrohren (KMR) zuzüglich Leckwarnsystem ausgelegt, um eine Durchfeuchtung der Wärmedämmung und damit eine deutliche Erhöhung von Wärmeverlusten frühzeitig zu erkennen. Als Wärmeträger kommt aufbereitetes Wasser zum Einsatz.

Die Dimensionierung des Wärmenetzes erfolgt auf Grundlage der Anschlussleistung der einzelnen Gebäude, einer maximalen Fließgeschwindigkeit des Wassers von 1,3 m/s und Rohrleitungsverlusten von 120 Pa/m.

Die Anschlussleistung eines Gebäudes wird aus deren Wärmebedarf ermittelt (Kap. 4.2.1). Da hierbei die Gleichzeitigkeit des Wärmenetzes (Kap. 3.2.3, Abb. 12) nicht zum Tragen kommt, wird für die Umrechnung von Wärmemenge/-verbrauch in Wärmeleistung nach VDI 2067 eine Vollastbetriebsstundenzahl von 2.000 h/a angesetzt (Kap. 3.2.3).

Die in Abhängigkeit der Rohrdurchmesser aufgeteilten Längenanteile (Vor- und Rücklauf) sind in Tab. 13 dargestellt.

Unter Vernachlässigung von Dehnungsbögen werden ca. 22,6 km Rohrleitung (11,3 km Trasse) verlegt. Hierbei werden die großen Durchmesser (DN 200 und DN 250) der Zubringertrasse von der GHZ Richtung Stadtzentrum und die kleinen Durchmesser (DN 50) den Hausanschlussleitungen zugeordnet.

Tab. 13: Je Rohrdurchmesser zu verlegende Rohrlänge

DN	Außenrohrdurchmesser	Rohrlänge
25	90 mm	9.500 m
32	110 mm	1.700 m
40	110 mm	1.100 m
50	125 mm	1.500 m
65	140 mm	2.700 m
80	160 mm	600 m
100	200 mm	1.600 m
125	225 mm	600 m
150	250 mm	100 m
200	315 mm	1.100 m
250	400 mm	2.100 m
Summe	-	22.600 m

4.2 Energetisches Konzept

4.2.1 Datenauswertung

Jedes der 901 im Projektgebiet berücksichtigten Gebäude (Tab. 2) wurde einer spezifischen Gruppe zugeordnet. Während die öffentlichen sowie ausgewählte gewerbliche Verbraucher:

- KiTa
- Schule
- Turnhalle
- Haus des Gastes
- Feuerwehr
- Deutsches Haus
- Hotel Arendsee
- Pflegeheim
- KIEZ
- Forstamt
- Ferienland Arendsee
- Campingplatz Arendsee
- IDA
- Kurklinik Arendsee

je als eine Einzelgruppe berücksichtigt wurden, wurden die verbleibenden Gebäude unter Beachtung ihrer örtlichen Lage den in Tab. 14 dargestellten Gruppen zugeordnet.

Auf Grundlage der Erfassungsbögen konnte ein gruppenspezifischer Durchschnittsverbrauch ermittelt werden, der den nicht erfassten Gebäuden zugeordnet wurde. Infolgedessen liegt für jedes einzelne Gebäude ein gemessener (Erfassungsbogen) oder abgeschätzter Wärmebedarf vor.

Tab. 14: Anzahl der Gebäude je Gruppe

Gruppe	Bezeichnung	Anzahl der Gebäude
a	Einfamilienhaus Altbau	57
b	Einfamilienhaus („Vor-Wendezeit“)	221
c	Einfamilienhaus („Nach-Wendezeit“)	113
d	Einfamilienhaus Neubau	8
e	Reihenhaus Altbau groß	130
f	Reihenhaus Altbau klein	203
g	Mehrfamilienhaus	73
h	Villa	42
i	Flachbau Gewerbe	29

4.2.2 Wärmeenergiebedarf

Die Abnehmer am neu zu errichtenden Wärmenetz haben einen Wärmebedarf von ca. **15.000 MWh/a**, was fast 40 % des Projektgebietes entspricht.

Über das Wärmenetz werden alle öffentlichen Gebäude versorgt, deren Anteil nur ca. 6 % (860 MWh/a) beträgt.

Die von der Gesamtanlage bereitzustellende Wärmemenge (15.000 MWh/a) muss um die einzurechnenden Verluste des Wärmenetzes erhöht werden. Nach Herstellerangaben schwanken diese je nach Rohrdurchmesser für die einfachste Dämmstärke zwischen 10 W/m und 20 W/m, was einem Wärmeverlust von ca. 15 % entspricht. Demnach wird von der Gesamtanlage (bestehend aus Geothermieanlage, Spitzenlastkesselanlage und BHKW) jährlich eine Wärmemenge von ca. **17.650 MWh** (entspricht 100 %) erzeugt.

Ausgehend davon, dass aufgrund der Gleichzeitigkeit eine Volllastbetriebsstundenzahl von ca. 3.300 h/a angenommen werden kann (Kap. 3.2.3), muss die Gesamtanlage eine Wärmeleistung von ca. **5,4 MW** bereitstellen (Abb. 24).

Einer Verringerung des Wärmebedarfs aufgrund der Einsparung von Energie durch eine energetische Sanierung oder die Steigerung der Energieeffizienz durch die Optimierung des Heizsystems ist, weil sie vom einzelnen Gebäudebesitzer abhängig ist, schwer beeinflussbar. Deshalb werden diese Maßnahmen im vorliegenden technischen Konzept nicht berücksichtigt. Die private Entscheidung zu solchen Maßnahmen des einzelnen Gebäudeeigentümers wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Die hierdurch frei werdenden Anlagenkapazitäten können problemlos durch eine Netzerweiterung neu vergeben werden.

Die Leistung der geplanten Gesamtanlage wurde entsprechend Abb. 24 auf die Einzelkomponenten der Anlage aufgeteilt. Die Aufteilung basierend auf eigenen komplexen Langzeitmessungen des Lastgangs von Wohnbebauungen unter Beachtung der folgenden Randbedingungen:

- Wirkungsgrade eines Biogas-BHKWs: 40 %_{therm}, 40 %_{elek}
- Auslegung der elektrischen Leistung des BHKW nach dem Strombedarf der Gesamtanlage (Hauptverbraucher: Thermalwasser-Förderpumpe, Wärmenetz-Verteilpumpe)
- vollständige Einspeisung der vom BHKW erzeugten Wärme ins Wärmenetz
- Modulierung des Volumenstrom der Thermalwasser-Förderpumpe nur zwischen 50 % und 100 % des Auslegungspunktes (75 m³/h, Tab. 11)
- geothermische Überkapazitäten im Sommer (ca. ab Tag 180 in Abb. 24) werden nicht der Wärmeversorgung zugerechnet (Vollbetriebsstunden, Wärmebereitstellung), jedoch beim Stromverbrauch berücksichtigt

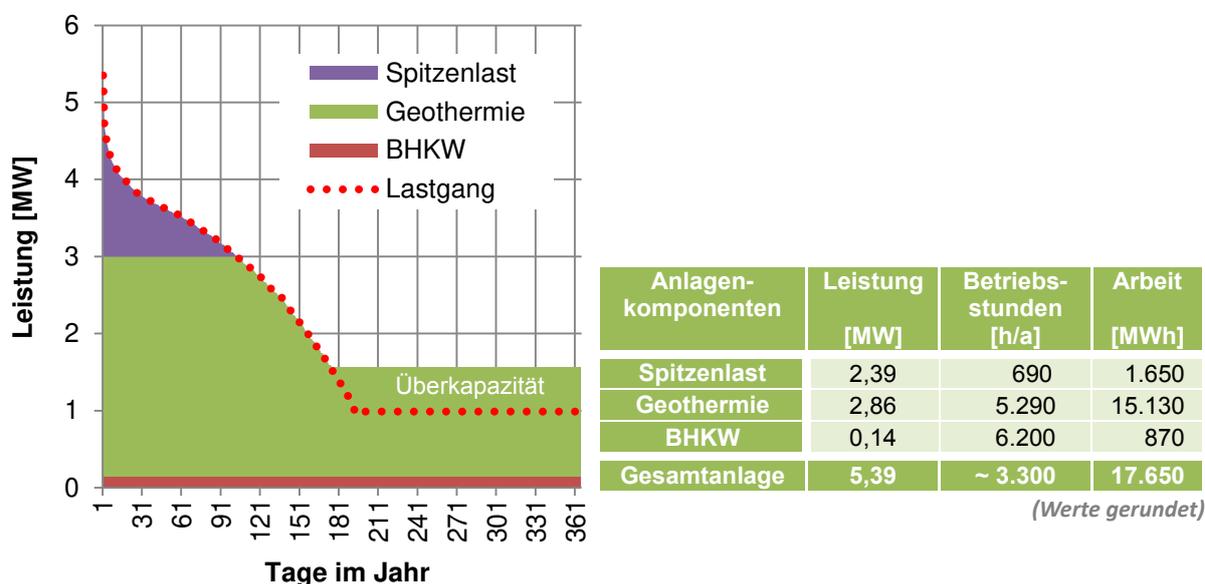


Abb. 24: Aufteilung der Leistung auf die einzelnen Anlagenkomponenten: Geothermie, Spitzenlast, BHKW

4.2.3 CO₂-Verbrauch und Primärenergiefaktor

Im Rahmen der Ausgangszustandsanalyse wurde für das Projektgebiet ermittelt, dass für die Abdeckung des Wärmebedarfs von 40.100 MWh/a (Abb. 6) CO₂-Emissionen von 10.000 t/a (Abb. 7) anfallen. Hieraus ergibt sich ein Faktor für das Projektgebiet von 0,25 t/MWh.

Demnach werden von den Gebäuden, die an das neu zu errichtende Wärmenetz angeschlossen werden sollen (15.000 MWh/a), aktuell **3.750 t_{CO2}/a** emittiert.

Neben dem CO₂-Verbrauch ist ebenso der Primärenergiefaktor von der Wärmeträgerverteilung (Abb. 7) abhängig. Wie in Tab. 4 dargestellt, wird die Wärmeversorgung des Projektgebietes aktuell mit einem Primärenergiefaktor von **1,1** sicher gestellt.

Eine Umstellung auf die alternative Wärmeversorgung ersetzt u.a. den zu fast 90 % eingesetzten Wärmeträger Erdgas durch Geothermie und Biogas. Entsprechend der vom jeweiligen Wärmeträger durchgeführten thermischen Arbeit verringern sich die CO₂-Emission und der Primärenergiefaktor deutlich.

Von der neu geplanten Wärmeversorgungsanlage bestehend aus Geothermieanlage, Spitzenlastkesselanlage und BHKW wird mit jährlich ca. **830 t** gegenüber dem aktuellen Zustand fast 80 % weniger CO₂ emittiert. Ebenso verringert sich der Primärenergiefaktor um über 90 % auf **0,07** (Tab. 15).

Tab. 15: Ermittlung der CO₂-Emissionen sowie des gewichteten Primärenergiefaktors der alternativen Wärmeversorgung

Anlagenkomponenten	Wärmeträger	Arbeit [MWh/a]	Emissionsfaktoren* [t _{CO2} /MWh]	CO ₂ -Emissionen t _{CO2} /a	Primärenergiefaktor** [-]
Spitzenlast	Biogas	1.650	0,120	198	0,5
Geothermie	Geothermie	15.130	0,035	530	0
BHKW	Biogas	870	0,120	104	0,5
Gesamtanlage	-	17.650	-	832	0,07

*) [UBA 2013b]

***) [DIN 18599-1]

4.3 Wirtschaftliches Konzept

4.3.1 Ausgaben

Bei allen dargestellten Ausgaben handelt es sich um **Netto-Kosten**, die auf verbindlichen Angeboten vergleichbarer Projekte basieren.

Investitions- und Ersatzinvestitionskosten

Die Investitionskosten (inklusive 10 % Planung, 5 % Reserve) der geplanten alternativen Wärmeversorgung betragen **15,7 Mio. €**. Die Summe der innerhalb von 30 Betriebsjahren zu erbringenden Ersatzinvestitionen erhöhen die Kosten nochmals um **6,1 Mio. €**.

In Tab. 16 sind die Investitions- und Ersatzinvestitionskosten, gruppiert nach Kostengruppen, dargestellt. Die größte Kostengruppe stellt demnach das Wärmenetz dar. Die bei anderen Projekten deutlich höheren Investitionskosten der Kostengruppe Bohrung sind aufgrund des Vorliegens einer bereits vollständig ausgebauten Bohrung verhältnismäßig niedrig.

Tab. 16: Investitions- und Ersatzinvestitionskosten gruppiert nach Kostengruppen

Kostengruppe	Investitionskosten [T€]	Ersatzinvestitionskosten [T€]	Summe [T€]
Bohrung	4.500	800	5.300
Wärmenetz	8.400	2.900	11.300
GHZ	1.850	1.600	3.450
BHKW-Spitzenlast*	500	800	1.300
Gebühren	400	-	400
Summe	15.650	6.100	21.750

*) Berücksichtigung einer redundanten Spitzenlastkesselanlage

In Abb. 25 sind die zeitliche Entwicklung der Investitionskosten sowie die jährlichen Ersatzinvestitionen je Kostengruppe dargestellt. Demzufolge muss erst nach 20 Betriebsjahren der Wärmeversorgungsanlage mit erhöhten Ersatzinvestitionskosten gerechnet werden. Hierbei handelt es sich z. B. um den Austausch aller Hausübergabestationen inkl. Puffer (Wärmenetz), der Spitzenlastkesselanlage und des BHKWs (Spitzenlast + BHKW) sowie der Filter-, Druckhalte- und Wasseraufbereitungsanlagen (GHZ).

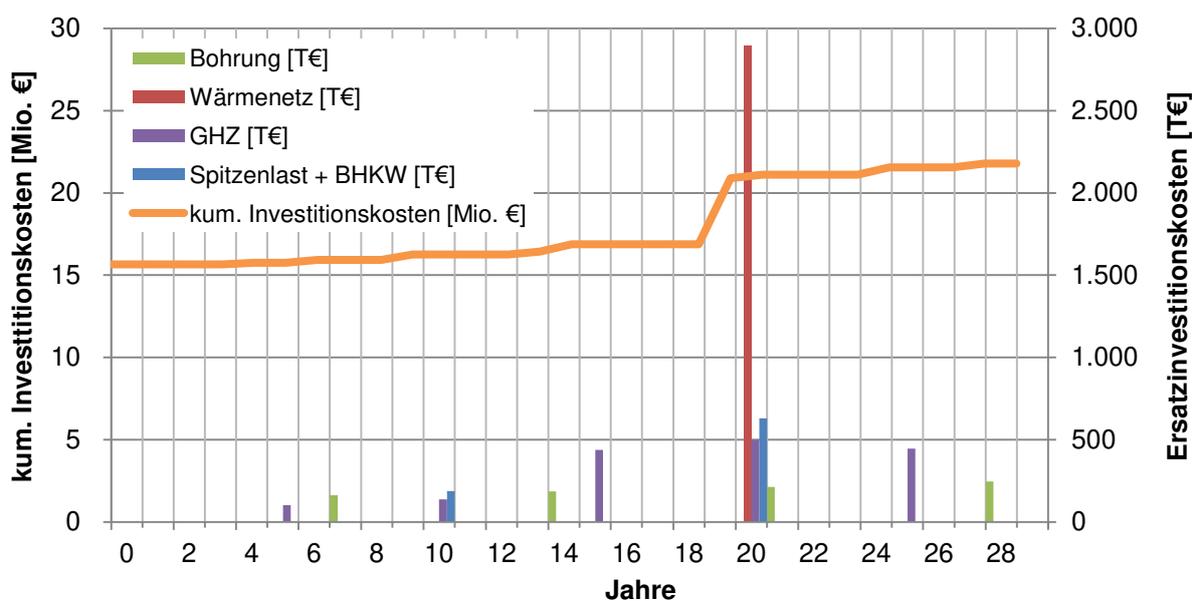


Abb. 25: Zeitliche Entwicklung der kumulierten Investitionskosten sowie Ersatzinvestitionen je Kostengruppe

Betriebskosten

In Abb. 26 ist die zeitliche Entwicklung der gesamten Betriebskosten sowie deren variablen und fixen Anteile dargestellt.

Die Fixkosten beinhalten Wartung, Instandhaltung, Versicherung und Personal. Letzteres wird mit 10 h pro Woche für Kontrollgänge und Leistungsanpassungen sowie die Organisation von Subunternehmen für Wartung und Instandhaltung veranschlagt.

Die Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Versicherung werden je Kostengruppe als prozentualer Anteil der Investitionskosten abgebildet (Tab. 17).

Tab. 17: Fixkostenermittlung als prozentuale Anteile der Investitionskosten

Kostengruppe	Wartung und Instandhaltung (ab 2. Jahr) [%]	Versicherung [%]
Bohrung	0	0
Wärmenetz	0	0,5
GHZ	1	0,5
BHKW-Spitzenlast	8	0,5

Für Fixkosten ist eine jährliche **Preissteigerung von 2 %** berücksichtigt, was sich im kontinuierlichen Anstieg (Abb. 26) widerspiegelt.

Der deutliche Anstieg der Fixkosten und demzufolge der Betriebskosten im zweiten Jahr ist darauf zurückzuführen, dass Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten erst ab diesem Jahr erwartet werden.

Bestandteil der variablen Kosten ist der Rohstoffeinkauf für das BHKW und die Spitzenlastkesselanlage. Für den hierfür einzusetzenden Rohstoff Biogas wird ein Preis von 4,5 ct/kWh veranschlagt, der ebenso wie bei den Fixkosten einer jährlichen Steigerung unterliegt.

Aufgrund der aktuellen global-politischen Situation wird abweichend vom in Abb. 2 dargestellten Trend mit 5 % Steigerung eine jährliche **Preissteigerung von nur 2 %** angesetzt. Auf Grundlage dessen ist der zeitliche Verlauf der variablen Kosten parallel zu dem der Fixkosten.

In Abhängigkeit der Nutzungsdauer der alternativen Wärmeversorgungsanlage steigen die Betriebskosten (gesamt) kontinuierlich von 0,26 Mio. € (1.Jahr) auf 0,55 Mio. € (30.Jahr) an.

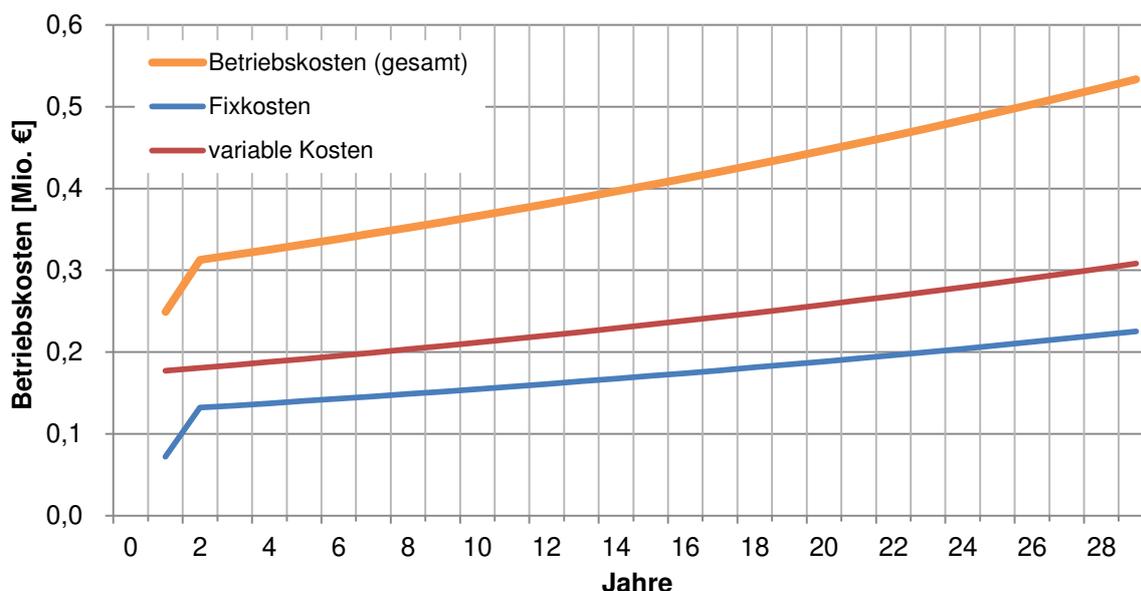


Abb. 26: Zeitliche Entwicklung der Betriebskosten

Kapitaldienst

Für das Gesamtvorhaben ist eine Finanzierung mit 80 % Fremd- und 20 % Eigenkapital vorgesehen.

Als Fremdkapital bietet sich das zinsgünstige Darlehen des KfW-Programmes Erneuerbare Energien "Premium" (272/282) an (Kap. 4.3.2). Hiermit können bis zu 100 % (bei Tiefengeothermie nur bis zu 80 %), aber jedoch maximal 10 Mio. € der Investitionskosten abgedeckt werden.

Der entsprechende Zinssatz ist abhängig von

- der Bonität des Antragstellers,
- der Laufzeit,
- der Anzahl tilgungsfreier Anlaufjahre sowie
- der Zinsbindung.

Bei der Bonitätsklasse A, einer Laufzeit von 20 Jahren mit 10 Jahren Zinsbindung und 3 tilgungsfreien Anlaufjahren, beträgt der Effektivzinssatz aktuell (01.12.2014) 1,7 %.

Wegen der hohen Investitionskosten stammt das Fremdkapital bis zu einer Höhe von 10 Mio. € aus dem KfW-Programm Erneuerbare Energien "Premium" und wird dementsprechend verzinst. Der über die 10 Mio. € hinaus verbleibende Betrag wird in Anlehnung an den aktuellen Bauzins (www.aktuelle-bauzinsen.info, 01.12.14), bei einer Zinsbindung über 20 Jahre, mit 2,19 % verzinst.

In Abb. 27 ist die zeitliche Entwicklung der Zinskosten dargestellt. Während das sonstige Fremdkapital kontinuierlich getilgt wird und dementsprechend dessen Zinslast abnimmt, sind die Zinskosten beim KfW-Kredit in den Anfangsjahren sehr unterschiedlich. Im ersten Jahr fallen Zinsen für das gesamte Kreditvolumen (10 Mio. €) an. Ebenso wird jedoch auch ein Tilgungszuschuss (Kap. 4.3.2) ausgezahlt, der die Zinskosten für die Folgejahre deutlich senkt. Aufgrund der drei tilgungsfreien Anlaufjahre wird erst im vierten Jahr mit der kontinuierlichen Tilgung des KfW-Kredits begonnen, weshalb sich erst ab dem fünften Jahr die Zinskosten jährlich verringern.

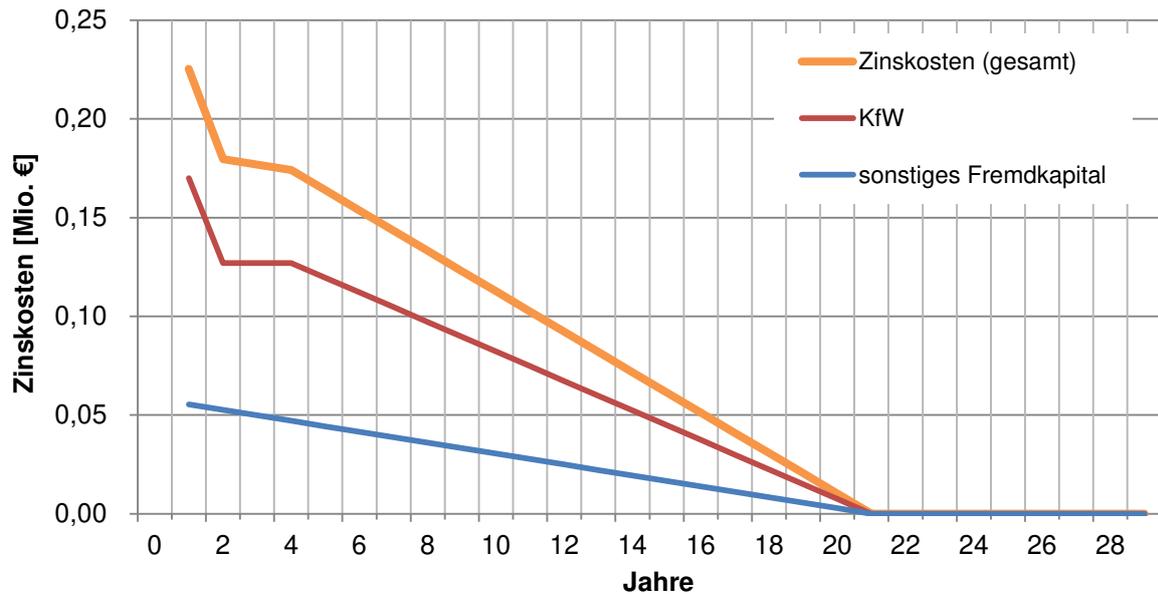


Abb. 27: Zeitliche Entwicklung der Zinskosten

4.3.2 Einnahmen

Wärmevergütung

Um für die alternative Wärmeversorgung gleichwertige Wettbewerbsbedingungen zu schaffen, orientiert sich der angesetzte Wärmepreis an den Kosten der aktuellen, überwiegend gasbasierten Wärmeversorgung.

Das Ergebnis der Vollkostenrechnung einer konventionellen Gastherme für ein Gebäude mit ca. 120 m² Wohnfläche (15.000 kWh/a) ist in Abb. 28 (links) dargestellt. Der Vollkostenpreis setzt sich aus Kapital-, Betriebs- und Bedarfskosten zusammen.

Bei den Kapitalkosten wurden neben der reinen Anschaffung einer Gastherme ebenso die Investitionskosten der peripheren Geräte wie z. B. Armaturen, Verteiler, Schornstein, Mess- und Regelungsgeräte sowie deren Lebensdauer und die Preissteigerung der entsprechenden Ersatzinvestition (2 % ebenso wie bei der alternativen Wärmeversorgung) berücksichtigt.

Die betriebsgebundenen Kosten beinhalten den Aufwand für die Wartung- und Instandsetzung (1 %, Tab. 17) unter Berücksichtigung der Lohnkosten und die bedarfsgebundenen Kosten für die Ausgaben für den Rohstoffeinkauf (Wärme und Strom). Bei Zweitem wird ein Anfangspreis von 7,1 ct/kWh und 29,4 ct/kWh (Mittelwert 2014, [BMW 2014]) und eine Preissteigerung von 2 % (ebenso wie bei der alternativen Wärmeversorgung) angenommen.

Im Ergebnis ergibt sich der in Abb. 28 (links) dargestellte Vollkostenpreis der alternativen Wärmeversorgung.

Der Preis beträgt im ersten Jahr 11,7 ct/kWh und steigt aufgrund der allgemeinen Kostensteigerungen innerhalb von 20 Jahren auf 16,1 ct/kWh an. Damit ist der **Vollkostenpreis** mit **durchschnittlich 13,8 ct/kWh** deutlich höher als der in der öffentlichen Wahrnehmung so oft angesetzte Rohstoffpreis.

Für die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der alternativen Wärmeversorgung wurde durch uns der in Abb. 28 (rechts) und Abb. 29 dargestellte Wärmepreis festgelegt. Die Festlegung basiert auf folgenden Randbedingungen:

- der Startpreis (6 ct/kWh) übersteigt nicht den aktuellen Rohstoffpreis
- die Preissteigerung der ersten Jahre wird so gewählt, dass der aktuelle Vollkostenwärmepreis (11,7 ct/kWh) erst in 10 Jahren von der alternativen Wärmeversorgung erreicht wird
- die Preissteigerung der Folgejahre wird moderat angesetzt (0,5 %).

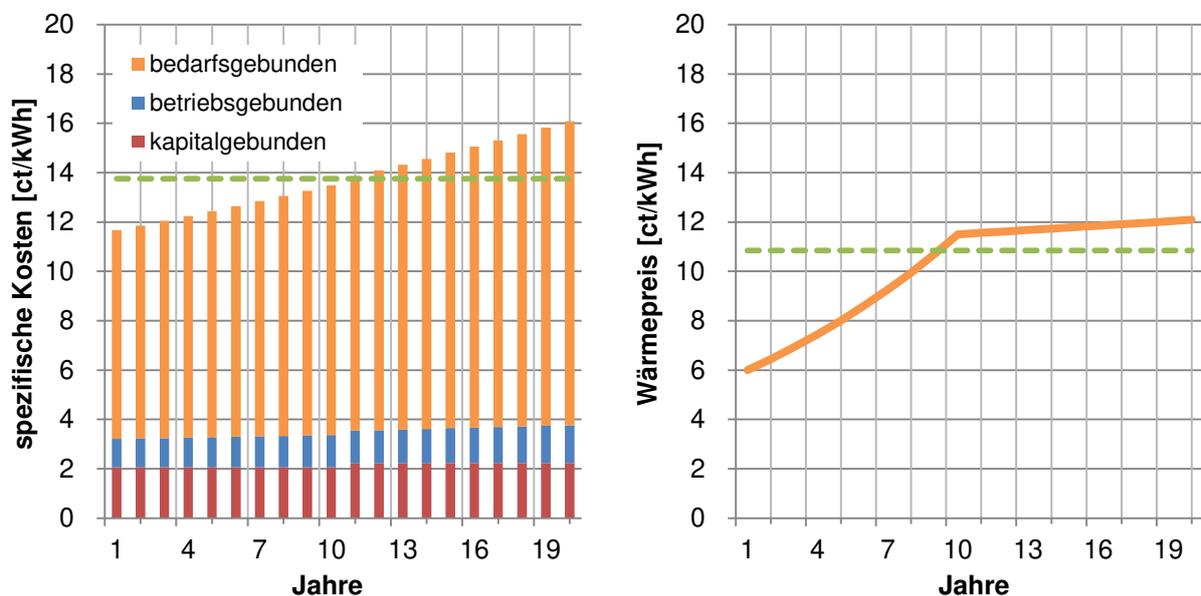


Abb. 28: links: Vollkostenpreis der konventionellen Wärmeversorgung (Gaskessel)
rechts: Zeitliche Entwicklung des Wärmepreises der alternative Wärmeversorgung
(grün gestrichelt: Mittelwert über 20 Jahre)

Auf Grundlage der Wärmepreisfestlegung ergibt sich über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren ein **durchschnittlicher Wärmepreis** von **10,85 ct/kWh** (Abb. 29). Dieser ist über 20 % niedriger als der Vollkostenpreis einer konventionellen Wärmeversorgung.

Mit dem festgelegten Wärmepreis können bei einem jährlichen Wärmeverkauf von 15.000 MWh Erlöse zwischen 0,9 Mio. € und 1,9 Mio. € erzielt werden (Mittelwert: **1,6 Mio. €**, Abb. 29).

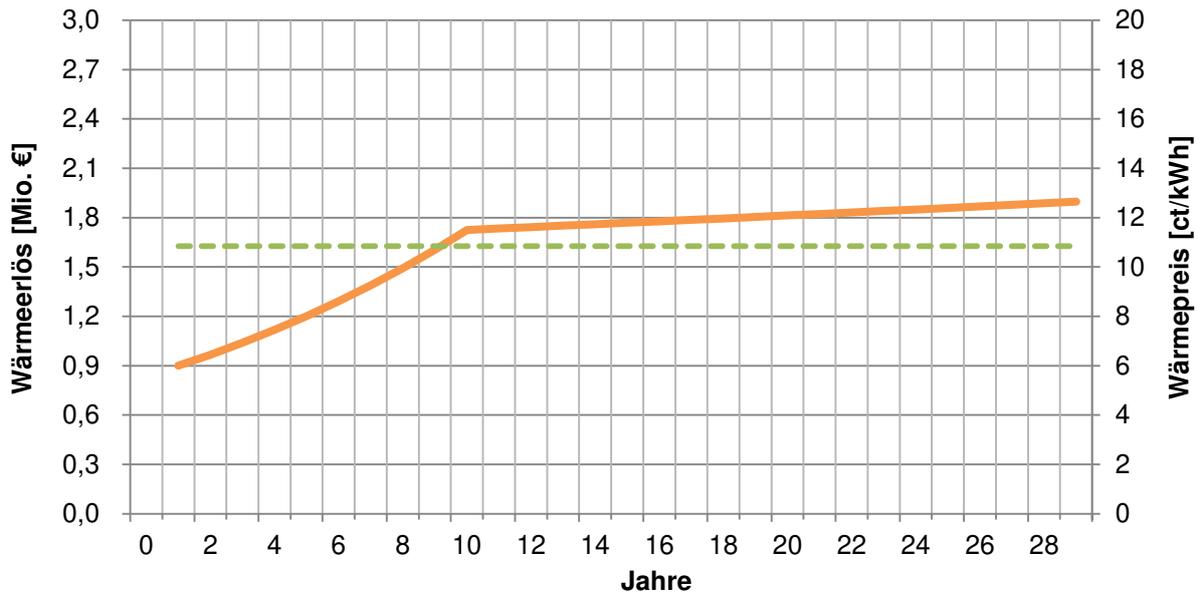


Abb. 29: Zeitliche Entwicklung des Wärmeprices und der sich daraus ergebenden Wärmeerlöse bei einer verkauften Wärmemenge von 15.000 MWh/a (gestrichelt: Mittelwert)

Zuschüsse

„Das **KfW-Programm Erneuerbare Energien "Premium"** unterstützt besonders förderungswürdige größere Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt mit zinsgünstigen Darlehen der KfW und mit Tilgungszuschüssen, die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) finanziert werden.“ [KfW 2014]

Speziell für das vorliegende Vorhaben werden über das Programm gefördert:

- die Errichtung und Erweiterung von Wärmenetzen (inklusive Hausübergabestationen), die mindestens 50 % mit Wärme aus erneuerbaren Energien gespeist werden
- Anlagen zur Erschließung und Nutzung der Tiefengeothermie (> 400 m Bohrtiefe, > 20 °C Thermalwassertemperatur, > 0,3 MW Wärmeleistung)

Für alle Investitionen gilt, dass die Anlage in Deutschland liegen und diese mindestens sieben Jahre zweckentsprechend betrieben werden muss.

Förderbausteine des Programmes sind:

1. zinsgünstiges Darlehen

- in der Regel maximal 10 Mio. € Kreditbetrag pro Vorhaben
- maximal 80 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten bei Tiefengeothermie
- Laufzeitvarianten: 5 Jahre mit 1 tilgungsfreien Anlaufjahr, 10 Jahre mit 2 tilgungsfreien Anlaufjahren, 20 Jahre mit 3 tilgungsfreien Anlaufjahren
- Zinssätze orientieren sich an der Entwicklung des Kapitalmarktes
- Auszahlung des Darlehns zu 100 % des Zusagebetrages in einer Summe oder in Teilbeträgen innerhalb von 12 Monaten nach Zusage

2. Tilgungszuschüsse

a. Wärmenetz

- 60 € je neu errichtetem Trassenmeter, maximal jedoch 1,5 Mio. €
- bis zu 1.800 € je Hausanschlussstation

b. Anlagen hydrothermaler Tiefengeothermie

- Anlagen zur Erschließung und thermischer Nutzung hydrothermalen Geothermie
- Anlagenförderung:
 - 200 €/kW_{th}, höchstens 2 Mio. €
- Bohrkostenförderung:
 - für die vertikale Bohrtiefe 400 m bis 1.000 m u. GOK - 375 €/m
 - für die vertikale Bohrtiefe 1.000 m bis 2.500 m u. GOK - 500 €/m

Die in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigten Tilgungszuschüsse sind in Tab. 18 dargestellt:

Tab. 18: Berücksichtigte Tilgungszuschüsse des KfW-Programms Erneuerbare Energien "Premium"

Tilgungszuschüsse	[T€]
Wärmenetz	674
Hausanschlussstationen	756
Anlagenförderung	572
Bohrkostenförderung	525
Summe	2.527

Eine weiter in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigte Förderung besteht mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (**KWK-Gesetz**).

„Zweck des Gesetzes ist es, im Interesse der Energieeinsparung, des Umweltschutzes und der Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung einen Beitrag zur Erhöhung der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung (...) und die Förderung des Neu- und Ausbaus von Wärme- und Kältenetzen sowie des Neu- und Ausbaus von Wärme- und Kältespeichern, in die Wärme oder Kälte aus KWK-Anlagen eingespeist wird, zu leisten.“ [KWKG 2002]

Im Rahmen dieses Gesetzes wird für jede innerhalb der ersten 30.000 Betriebsstunden (4,84 Jahre) der Anlage erzeugte Kilowattstunde (elektrisch) ein Zuschlag gezahlt. Der Zuschlag ist von der Anlagengröße abhängig und gliedert sich wie in Tab. 19 dargestellt. Demnach kann in den ersten Jahren ein Zuschuss von **187 T€** erzielt werden.

Tab. 19: Ermittlung des KWK-Zuschusses der ersten 30.000 Betriebsstunden des BHKWs (4,84 Jahre)

Aufteilung des KWK-Zuschlags [kW _{el}]	Aufteilung der Anlagenanteile [kW _{el}]	elektrische Arbeit bei 6.200 h/a (Abb. 24) [kWh _{el} /a]	Zuschlag [ct/kWh]	Förderung [€/a]
bis 50	50	310.000	5,41	16.771
bis 250	89	548.700	4,00	21.948
	139	858.700	-	38.719

Über die Förderung des KfW-Programmes Erneuerbare Energien "Premium" und die Förderung im Rahmen des KWKG-Gesetzes heraus wird dringend empfohlen, **Landesfördermittel** bei der LENA zu beantragen. Ein vergleichbares Förderinstrument ist zum Beispiel die Klimaschutz-Förderrichtlinie des Landesförderinstitutes von Mecklenburg-Vorpommern (LFI).

Über die Förderrichtlinie werden Zuwendungen von min. 30 % (Grundförderung) der zuwendungsfähigen Ausgaben gewährt, eine Kumulation mit anderen Zuschüssen- und Darlehen ist bis zur geltenden beihilferechtlichen Höchstgrenze von 60 % zulässig.

Am Beispiel der vorliegenden Planung wäre es in Mecklenburg-Vorpommern möglich einen Zuschuss von min. 4,7 Mio. € (30 % Grundförderung) zu erhalten, ohne die beihilferechtliche Höchstgrenze (9,4 Mio. €) zu erreichen.

4.3.3 Bewertung der Wirtschaftlichkeit

Eigenkapitalrendite

Die Wirtschaftlichkeit der im Folgenden vorgestellten Varianten wird über die Eigenkapitalrendite, dem Verhältnis aus Gewinn nach Steuer zum eingesetzten Eigenkapital, verglichen.

In Abb. 30 sind die mittleren Eigenkapitalrenditen über 20, 25 und 30 Jahre für die Grundvariante (wie in Kap. 4.3.1 und 4.3.2 beschrieben) und folgender Variationen dargestellt:

- 4,7 Mio. € Landesförderung
(es wird angenommen, dass vom Land Sachsen-Anhalt eine Förderung entsprechend der Klimaschutz-Förderrichtlinie des LFI bezogen wird)
- 6 % Steigerung der Rohstoffkosten
(es wird angenommen, dass die Rohstoffkosten deutlich stärker als dessen aktueller und langjähriger Trend (Abb. 2) ansteigen)
- 3 Mio. € Investitionskostenerhöhung
(es wird angenommen, dass die Investitionskosten fast 20 % höher als aktuell angenommen sind)
- 5 ct/kWh Startpreis Wärmevergütung
(es wird angenommen, dass der Startpreis der Wärmevergütung nur 5 ct/kWh betragen wird und sich demnach der durchschnittliche Wärmepreis auf 9 ct/kWh verringert)

Bei allen Varianten steigt die mittlere Eigenkapitalrendite mit dem Betrachtungszeitraum deutlich an.

Mit einer mittleren Eigenkapitalrendite von > 8 % über 20 Jahre stellt sich die alternative Wärmeversorgung (Grundvariante) als hoch wirtschaftlich dar.

Diese Wirtschaftlichkeit kann durch Landesfördermittel in der bereits beschriebenen Form auf mittlere Eigenkapitalrenditen von 13 % (über 20 Jahre) bis 15 % (über 30 Jahre) deutlich

erhöht werden. Hierbei ist der Einfluss der zusätzlichen Förderung auf die Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebes in den ersten Jahren des Anlagenbetriebes besonders groß, weil durch die zusätzlichen Einnahmen die Liquidität des Betreibers gestützt wird.

Eine Erhöhung der Rohstoffkosten in Form dessen prozentualer Preissteigerung, der Investitionskosten sowie des Startpreises der Wärmevergütung verringern die mittlere Eigenkapitalrendite gegenüber der Grundvariante deutlich. Den größten Einfluss hat hierbei der selbst steuerbare Startpreis der Wärmevergütung. Trotz der durch den Startpreis der Wärmevergütung deutlichen Verringerung der mittleren Eigenkapitalrendite über 20 Jahre auf 2,4 % ist die alternative Wärmeversorgung wirtschaftlich.

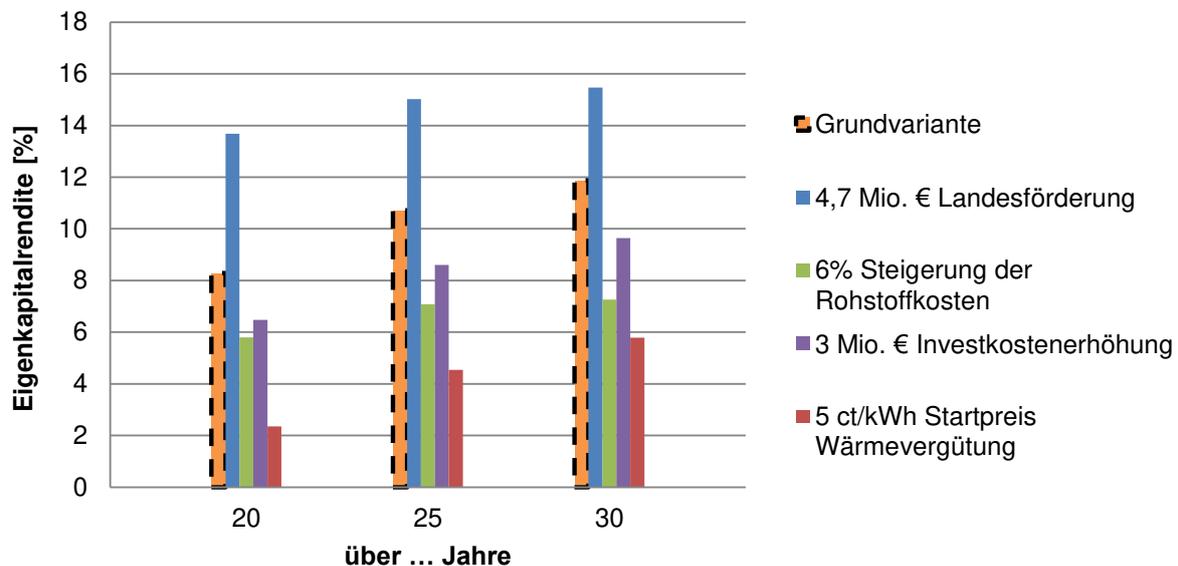


Abb. 30: mittlere Eigenkapitalrendite über 20, 25 und 30 Jahre

Refinanzierung der Gesamtanlage

Im Nutzungszeitraum (30 Jahre) der alternativen Wärmeversorgung fallen, wie bereits in Tab. 16 dargestellt, 21,75 Mio. € Investitions- und Ersatzinvestitionskosten an.

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass das Ziel verfolgt wird, diese Kosten mit höchster Priorität zu begleichen. In Anlehnung an den in Kap. 4.3.2 hergeleiteten Vollkostenpreis der konventionellen Wärmeerzeugung wird der Wärmepreis der alternativen Wärmeerzeugung entsprechend gestaltet.

Ausgehend davon, dass der Anfangspreis der alternativen Wärmeversorgung gleich dem Vollkostenpreis der konventionellen Wärmeversorgung angesetzt wird, ist der finanzielle Überschuss so hoch, dass die Investitions- und Ersatzinvestitionskosten der Gesamtanlage (für den Nutzungszeitraum von 30 Jahren) bereits nach 12 Jahren refinanziert sind. Nach der Refinanzierung der Investitions- und Ersatzinvestitionskosten kann der Wärmepreis bis auf

die Deckung der Kapital- und Betriebskosten (Abb. 26 und Abb. 27) reduziert werden (Abb. 31).

Wird der Anfangspreis der alternativen Wärmeversorgung auf 80 % oder sogar 60 % des Vollkostenpreises der konventionellen Wärmeversorgung verringert, so verschiebt sich die Refinanzierung auf 19 bzw. 27 Jahre.

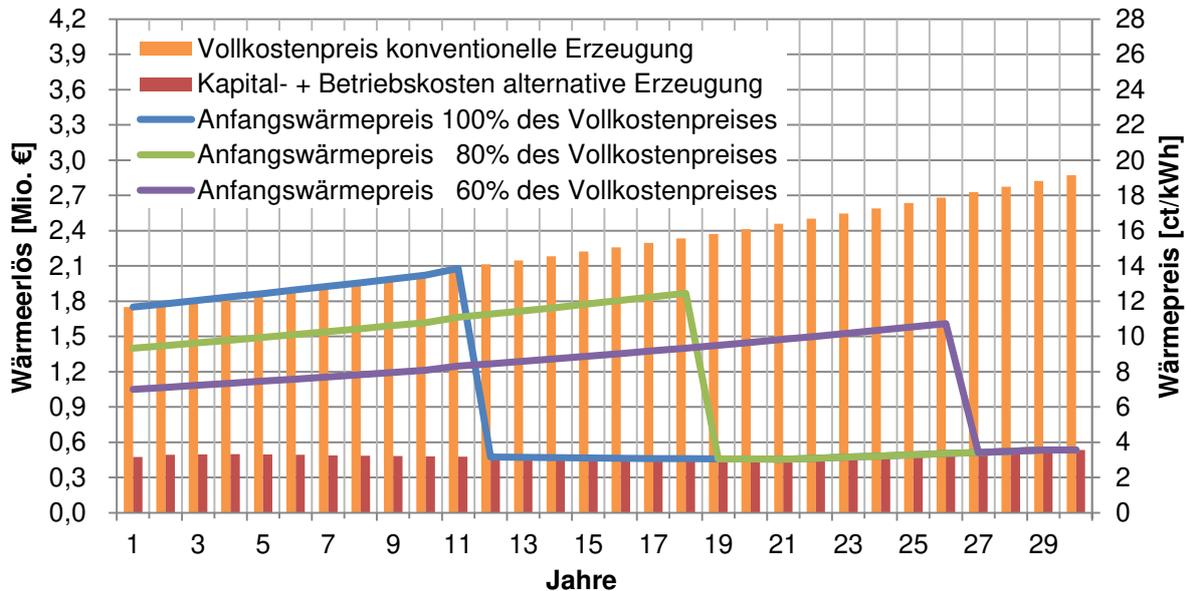


Abb. 31: Ermittlung der Refinanzierung der Investitions- und Ersatzinvestitionskosten

Fazit

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass trotz der Variation sensibler Eingabeparameter die Wirtschaftlichkeit der alternativen Wärmeversorgung sowohl im Hinblick auf die mittlere Eigenkapitalrendite als auch im Hinblick auf die Refinanzierung der Anlage gegeben ist.

Eine weitere Verbesserung dessen kann erzielt werden, indem durch zusätzliche Niedertemperaturnutzer die Rücklauf­temperatur des Wärmenetzes deutlich verringert und damit die geothermische Ausbeute erhöht wird. Vorstellbar ist hierbei zum Beispiel die Ansiedlung einer Gärtnerei im Umfeld der GHZ.

5 Zusammenfassung

Im vorliegenden Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Arendsee wurde, für das darin festgelegte Projektgebiet, eine alternative Wärmeversorgung ausgearbeitet. Das Projektgebiet entspricht weitestgehend dem Ortsteil Arendsee und schließt die größten Wärmesenken/-verbraucher des Gemeindegebietes ein. Begrenzt wird das Projektgebiet im Norden durch den gleichnamigen Arendsee und den Harper Forst. Im Osten durch eine markante von Nord nach Süd verlaufende Waldgrenze, im Süden durch die stillgelegte Bahnlinie Salzwedel-Arendsee-Wittenberge und im Westen durch die Ausläufer der Gemeindeheide sowie durch ein Waldstück des Landschaftsschutzgebietes Arendsee.

Für das Projektgebiet wurde der energetische Zustand ermittelt. Hierfür erhielten die Eigentümer bebauter Grundstücke durch die Stadt Arendsee einen Erfassungsbogen, in dem Angaben zum Sanierungszustand des Gebäudes, zur Wärmeerzeugung, zum Wärmeträger sowie zum Wärmeverbrauch der letzten 4 Jahre abgefragt wurden. Die auf Basis der erfassten Daten durchgeführten Hochrechnungen ergaben einen jährlichen Gesamtwärmebedarf für Heizung und Warmwasser von durchschnittlich 40.000 MWh/a. Dieser Wärmebedarf wird aktuell zu etwa 90 % durch die Verbrennung von Erdgas bereitgestellt, wodurch CO₂-Emissionen von ca. 10.000 t/a entstehen. Geprägt vom sehr hohen Erdgaseinsatz wurde für das Projektgebiet ein mittlerer, gewichteter Primärenergiefaktor von 1,1 abgeleitet.

Auf Grundlage der durch die Analyse des Ausgangszustandes neu gewonnenen, energetischen Erkenntnisse des Projektgebietes wurde

- die Einsparung von Energie,
- die Steigerung der Energieeffizienz und
- der Ausbau der erneuerbaren Energien

näher untersucht.

Im Ergebnis wird deutlich, dass sich langfristig bei einer Dämmung aller aktuell nicht gedämmten Gebäude (ca. 60 %) der durchschnittliche Wärmebedarf um ca. 6.100 MWh/a verringert. Ebenso bewirkt ein Austausch der über 20 Jahre alten Wärmegestehungsanlagen eine Energieeinsparung von ca. 2.600 MWh/a.

Darüber hinaus wurden im vorliegenden Bericht ausführlich die Vorteile von Wärmenetzen (Gleichzeitigkeit, Vollastbetriebsstunden) sowie die mit durchschnittlich nur 1.200 Betriebsstunden pro Jahr deutliche Überdimensionierung der aktuellen Wärmegestehungsanlagen dargestellt.

Die Analyse des Potenzials erneuerbarer Energien hat gezeigt, dass es mit der aktuell zur Verfügung stehenden Dachfläche nicht möglich ist, den Wärmebedarf des Projektgebietes vollständig über Solarthermie abzudecken. Anders verhält es sich bei der Nutzung von Biomasse und tiefer Geothermie. Hier ist eine vollständige Abdeckung möglich.

Demzufolge sind auch die Einsparungen an CO₂-Emissionen bei Solarthermie mit 37 % gegenüber Biomasse (52 %) und tiefer Geothermie (86 %) deutlich geringer.

Als zentrale Lösung für eine zukünftige Wärmeversorgung wurde für das Projektgebiet tiefe Geothermie herausgearbeitet. Die wesentlichen Gründe sind:

- die maximale Einsparung an CO₂-Emissionen,
- die weitest gehende Unabhängigkeit von Marktpreisen (im Gegensatz zu Biomasse) sowie
- die ganzjährige Verfügbarkeit (im Gegensatz zu Solarthermie).

Unter Berücksichtigung/Nutzung der bereits vorhandenen Bohrung Arendsee 10/82 sowie der bevorzugten Versorgung der öffentlichen und gewerblich genutzten Gebäude mit Wärme wurde ein technisches Konzept der alternativen Wärmeversorgung entwickelt. Inhalte des Konzeptes sind das Abteufen einer Neubohrung, die Errichtung einer geothermischen Heizzentrale (GHZ) und der Aufbau eines Fernwärmenetzes.

Die vorliegende Planung ist auf die Nutzung ausschließlich einer hydrothermalen Geothermieanlage ausgerichtet, die in Kombination mit einer Spitzenlastkesselanlage und einem BHKW ca. 40 % (15.000 MWh/a) des Wärmebedarfs des Projektgebietes abdeckt. Die restlichen 60 % können zukünftig über das Abteufen weiterer Neubohrungen und den Ausbau des Wärmenetzes versorgt werden.

Die CO₂-Emission der in der vorliegenden Planung an das Wärmenetz angeschlossenen Verbraucher reduziert sich um fast 80 % (-2.920 t/a) auf 830 t/a. Ebenso verringert sich der Primärenergieverbrauch gegenüber dem Ausgangszustand um über 90 % auf 0,07.

Trotz der Investitionskosten von 15,7 Mio. EUR für den Aufbau der Gesamtanlage (Neubohrung, GHZ, Wärmenetz) ist deren Wirtschaftlichkeit, welche zum einen auf der mittleren Eigenkapitalrendite und zum anderen auf der Refinanzierung der Gesamtanlage basiert, sehr hoch.

Die mittlere Eigenkapitalrendite über 20 Jahre, bei einem Eigenkapitalanteil von 20 %, beträgt ca. 8 %. Eine Sensitivitätsanalyse der Eigenkapitalrendite hat gezeigt, dass selbst bei einer Steigerung der jährlichen Rohstoffkosten um 6 % oder einer überdimensionalen Investitionskostenerhöhung von 3 Mio. EUR (20 %) die mittlere Eigenkapitalrendite über 20 Jahre noch immer mindestens 5 % beträgt und das Vorhaben damit sehr wirtschaftlich ist.

Einen deutlich größeren Einfluss auf die mittlere Eigenkapitalrendite hat der Startpreis der Wärmevergütung. Selbst unter der Annahme, dass dieser mit nur 5 ct/kWh und demnach kleiner als der aktuelle Rohstoffpreis für Erdgas angesetzt wird, stellt sich die alternative Wärmeversorgung mit 2 % mittlerer Eigenkapitalrendite noch immer als wirtschaftlich dar.

Wird als Bewertungskriterium der Wirtschaftlichkeit nicht die Eigenkapitalrendite sondern die Refinanzierung der Investitionskosten gewählt, so kann unter Berücksichtigung eines Wärmeverkaufspreises, der gleich dem einer konventionellen Wärmeerzeugungsanlage ist (Vollkostenwärmepreis bestehend aus bedarfs-, betriebs- und kapitalgebundenen Kosten), die gesamte alternative Wärmeversorgungsanlage bereits nach 12 Jahren refinanziert sein. Eine Verringerung des Wärmeverkaufspreises um 20 % erhöht die Refinanzierung gerade einmal auf 19 Jahre. Selbst eine Verringerung des Wärmepreises um 40 % (entspricht etwa Rohstoffpreis von Erdgas) ermöglicht die Refinanzierung der Gesamtanlage nach 27 Jahren und damit innerhalb des Betrachtungszeitraums der Anlage (30 Jahre).

Die Entscheidung über die endgültige Wärmepreisgestaltung und damit über die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage liegt in der Verantwortung des zukünftigen Betreibers.

Im nächsten Schritt zur Realisierung dieses Konzeptes muss ein Partner mit Betriebs- erfahrungen auf dem Gebiet der Wärmeversorgung gesucht werden und eine gemeinsame juristische Gesellschaft aufgestellt werden. Die mehrheitlichen Rechte dieser Gesellschaft sollte (muss) die Stadt halten, um die Interessen der Bürger/Wärmeabnehmer angemessen vertreten zu können. Ebenso ist es zur Absicherung des Wärmeabsatzes von Vorteil, die Hauptabnehmer mit ausreichend Stimmrecht in solch eine Gesellschaft einzubinden.

6 Quellenverzeichnis

- ALENSYS ENGINEERING GMBH (2007): Studie "Alternatives Energieprojekt Arendsee" - Entwicklung eines Stoffmanagementsystems in Arendsee unter Einbeziehung aller verfügbaren Biomasseressourcen und der Geothermie.
- BMU (2014a): Informationspapier: Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 (http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Aktionsprogramm_Klimaschutz/aktionsprogramm_klimaschutz_2020_hintergrund_bf.pdf).
- BMU (2014b): Hendricks: Deutschland schafft sein Klimaziel (<http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/hendricks-deutschland-schafft-sein-klimaziel/>).
- BMVBS (2010): Homepage im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung - Nicht-investive Maßnahmen (http://www.staedtebaufoerderung.info/nn_512698/StBauF/DE/Investitionspakt/Aktuelles/AktuelleThemen/Nicht-investive_Massnahmen.html).
- BMWi (2011): Energieverbrauch von Deutschland (Stand: 12/2011, Bezugsjahr 2012), Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/stromversorgung.did=292510.html>).
- BMWi (2014): Zahlen und Fakten Energiedaten - Nationale und internationale Entwicklung, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/Energiedaten/gesamtausgabe.did=476134.html>).
- BMWi & BMU (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Berlin.
- BUNDESREGIERUNG (2014): Klimaschutzziel bis 2020 erreichbar (<http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2014/12/2014-12-03-aktionsprogramm-klimaschutz-2020.html>).
- DEPV (2012): Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets. Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.
- DIFU (2011): Klimaschutz in Kommunen - Praxisleitfaden. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH.
- DIN 18599-1 (2011): Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger.
- DWD (2013): Homepage des Deutschen Wetterdienstes (www.dwd.de).
- DWD (2014): Tagesmittelwerte der Klimastation Marnitz.

- EBERWEIN, P. (2006): Machbarkeitsstudie Geothermie Sachsen-Anhalt. Technische, wirtschaftliche und Kommunale Voraussetzungen zur Nutzung geothermischer Energieversorgung in Sachsen-Anhalt. Fritz Planung GmbH.
- ECH, E. H. (1998): Energiekonzept für den Luftkurort Arendsee - Potentialanalyse.
- EEWÄRMEG (2011): Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz) vom 07.08.2008 i. d. F. vom 22.12.2011.
- EFFIZIENTO (2012): Solarthermie - die technischen Anforderungen (<http://www.effiziento.de>).
- ELDAG, P.; SEELIGE, A.; LANDGRAF, D. (2008): Entwicklungskonzept Tourismusstandort Arendsee. ARCARDIS HOMOLA AG.
- EN-OP-INSTITUT (2012): Homepage des EN-OP-Institutes - Vergleich und Umrechnung verschiedener Energieträger (<http://www.bau-web.de/informationen/energie/energietraeger.htm>).
- ENEV (2014): Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung) vom 24.07.2007 i. d. F. vom 01.05.2014.
- FENNERT, A. (2002): Regionalatlas erneuerbare Energien - Region Uckermark-Barnim, Regionale Planungsgemeinschaft Uckermark-Barnim (www.rpg.uckermark.barnim.de).
- FNR E.V. (2010): Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung.
- FNR E.V. (2014a): Faustzahlen Biogas (<http://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>).
- FNR E.V. (2014b): Anbau nachwachsender Rohstoffe steigt 2014 leicht ([http://www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/archive/2014/october/article/anbau-nachwachsender-rohstoffe-steigt-2014-leicht/?tx_ttnews\[day\]=28&cHash=e7e3c2d5f84ea74cbc7ca9cacde5f59f](http://www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/archive/2014/october/article/anbau-nachwachsender-rohstoffe-steigt-2014-leicht/?tx_ttnews[day]=28&cHash=e7e3c2d5f84ea74cbc7ca9cacde5f59f)).
- FRAUNHOFER UMSICHT (2001): Leitfaden Nahwärme (www.nahwaerme-forum.de).
- FREDERKING, D. (2014): Bestand und Größe von Biogasanlagen und Biomassenutzung in Sachsen-Anhalt.
- FRITSCHKE, J.-G.; KÖTT, A.; KRACHT, M.; NESBOR, H.-D.; REISCHMANN, T.; RUMOHR, S.; SCHLÖSSER-KLUGER, I. (2011): Geologische Ergebnisse aus dem Projekt „Tiefe Erdwärmesonde Heubach“ (http://www.hessenenergie.de/Downloads/DI-Nach/dln-tgf/tgf-11/tgf-11-pdfs/7_Fritsche-110915.pdf). 6. Tiefengeothermieforum Hessen, Darmstadt.
- FRITSCHKE, J.-G.; KÖTT, A.; KRACHT, M.; NESBOR, H.-D.; REISCHMANN, T. (2012): Geologische und geothermische Ergebnisse aus dem Projekt Mitteltiefe Erdwärmesonde Heubach (http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/geologie/erdwaerme/heubach/HLUG_Fri_7_TGT_Forum_1.pdf). 7. Tiefengeothermieforum Hessen, Darmstadt.
- GTN (1994): Kurzfassung zur Studie über die Möglichkeiten der Nutzung des geothermischen Potentials an ausgewählten Standorten im Bundesland Sachsen-Anhalt. Geothermie Neubrandenburg GmbH.

- GTN (1995): Projektskizze einer geothermischen Wärmeversorgung in der Stadt Arendsee. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- HARTMANN, B. (1999): Ergebnisbericht - Geophysikalische Messungen "Seismik Arendsee". Geophysik GGD.
- HLUG (2010): Nutzung tiefer Geothermie in Hessen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie.
- KABUS, F.; SEIBT, P. (1998a): Thermie B - SME-1484-97-DE "Hydrothermale Geothermie in Arendsee" - Abschlussbericht vom 31.12.1998. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- KABUS, F.; SEIBT, P. (1998b): Abschlussbericht - Hydrothermale Geothermie in Arendsee. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- KABUS, F. (2001): Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Geothermienutzung am Standort Arendsee. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- KABUS, F.; LENZ, G.; WOLFGGRAMM, M.; HOFFMANN, F.; KELLNER, T. (2003): Möglichkeiten der Stromerzeugung aus hydrothermalen Geothermie in Mecklenburg-Vorpommern. GTN Ingenieure & Geologen.
- KABUS, F. (2007): Bewertung der geologischen Möglichkeiten der geothermischen Nutzung tieferer Aquifere am Standort Arendsee - Teil 2: Bohr- und Anlagentechnik aus: ALENSYS ENGINEERING GMBH 2007.
- KALTSCHMITT, M.; STREICHER, W.; WIESE, A. (2006): Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 4. Auflage, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg.
- KELLNER, T. (1994): Einschätzung der balneologischen Anwendungsmöglichkeiten des für den Standort Arendsee prognostizierten Thermalwassers. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- KELLNER, T. (1999): Bewertung der Analysen des Thermalwassers aus der Thermalwasserbohrung E AnSn 10/82 - Arendsee. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- KfW (2014): Merkblatt Erneuerbare Energien; KfW-Programm Erneuerbare Energien "Premium" (271/281, 272/282) (<https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf%C3%B6rderung%29/PDF-Dokumente/6000002410-Merkblatt-271-281-272-282.pdf>).
- KLEBE, N. (2014): Im Rahmen des european energy award (eea) erhobene Daten.
- KOM, K. D. E. G. (2007): Mitteilung der Kommission an den Europäischen Rat und an das Europäische Parlament - Eine Energiepolitik für Europa (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0001:FIN:DE:PDF>).
- KWKG (2002): Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz) vom 19.03.2002 i.d.F. vom 12.07.2012.
- LAGB, L. F. G. U. B. (2012): Erdwärmennutzung in Sachsen-Anhalt - Informationsbroschüre zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden (<http://www.sachsen->

anhalt.de/fileadmin/Elementbibliothek/Bibliothek_Politik_und_Verwaltung/Bibliothek_LAGB/geothermie/portal/info_geothermie.pdf.

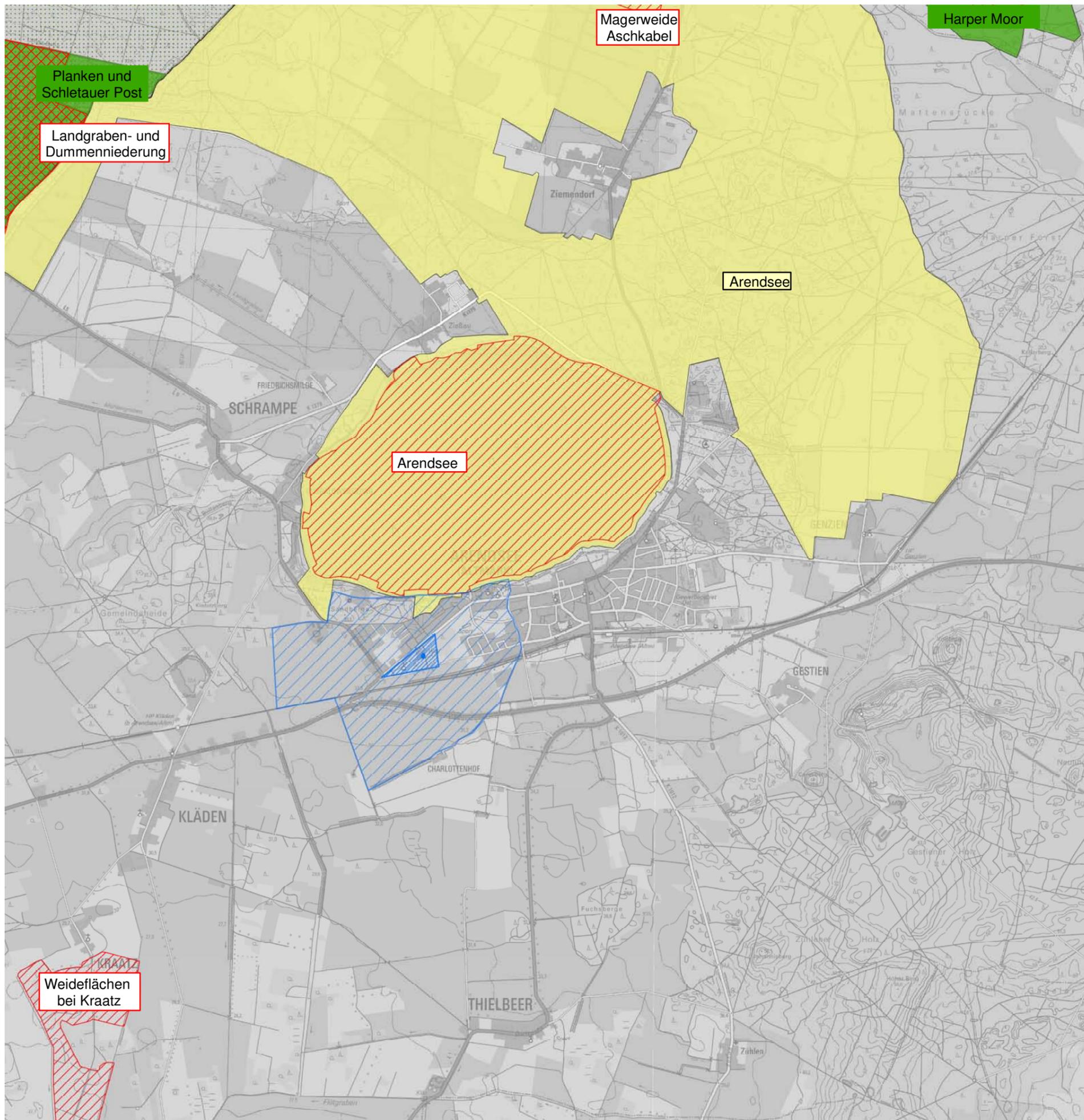
- LENZ, G. (1999): Thermalwassererschließung in der Bohrung E Arendsee 10/82. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- LÖDL, M.; KERBER, G.; WITZMANN, R.; HOFFMANN, C.; METZGER, M. (2010): Abschätzung des Photovoltaik-Potentials auf Dachflächen in Deutschland. *11. Symposium Energieinnovation*, 10. - 12. Februar 2010, Graz, Österreich.
- LUFTKURORT ARENDSEE GMBH: Das Kur und Erholungswesen der Stadt Arendsee (<http://www.luftkurort-arendsee.de/kur-%20und%20erholungswesen.html>).
- LUTZ, H.-P. (2008): Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg - Referat "Regenerative Energie und rationelle Energieanwendung".
- MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT UND WIRTSCHAFT (2011): Wirtschaftsfaktor Tourismus in Sachsen-Anhalt - Daten, Fakten, Zahlen.
- MLV SACHSEN-ANHALT (2010): Auswertungen zur 5. regionalisierten Bevölkerungsprognose Sachsen-Anhalt.
- PROGNOS AG; PROGTRANS AG; BASICS AG (2007): Endbericht 18/06 - Potentiale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen.
- REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT ALTMARK (2005): Regionaler Entwicklungsplan für die Planungsregion Altmark.
- SAENA (2011): Hydraulischer Abgleich für Heizungssysteme.
- SAENA (2012): Energetische Sanierung - Ein Praxisleitfaden zur Gebäudehülle.
- SASS, I.; BUß, A. (2009): Prinzipielle Option zur geothermischen Nutzung der Bohrung Arendsee 10. Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Darmstadt.
- SCHEFFLER, J. (2002): Bestimmung der maximal zulässigen Netzanschlussleistung photovoltaischer Energieumwandlungsanlagen in Wohnsiedlungsgebieten. *Dissertation*, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Technische Universität Chemnitz.
- SCHNEIDER, H.; LENZ, G. (1999): Sachbericht über die durchgeführten Arbeiten im Geothermieprojekt Arendsee. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- SCHNEIDER, H.; POPPEI, J.; LENZ, G.; KELLNER, T. (1999a): Geothermieobjekt Arendsee - Bericht über geologische, seismische und technische Untersuchungen. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- SCHNEIDER, H.; RINKE, M.; KELLNER, T.; ROHSTOCK, B.; KABUS, F. (1999b): Geologisch - bohrtechnische Kurzdokumentation zu den durchgeführten Aufwältigungs- und Testarbeiten in der Tiefbohrung E Arendsee 10/82 (E AnSn 10/82). Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- SEIBT, P. (2007): 12 Jahre Betriebserfahrung mit dem Geothermischen Heiz(kraft)werk in Neustadt-Glewe. *2. Tiefengeothermie-Forum*, 04.09.2007, TU Darmstadt.

- SOLARTECHNIK MINDEN (2012): Homepage der Solartechnik-Systeme Minden (www.solartechnik-minden.de).
- STADTWERKE PRENZLAU (2014): Geothermie - Erdwärme nutzen (http://www.stadtwerke-prenzlau.de/CMS1/pdf/Flyer_Geothermie.pdf).
- STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT (2012): Statistische Berichte - Tourismus, Gäste und Übernachtungen im Reiseverkehr, Beherbergungskapazität Januar bis Dezember 2012.
- STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT (2013): Stadt Arendsee (Altmark) - Bevölkerungsentwicklung 1990 - 2010 im Vergleich zum Land.
- UBA (2013a): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990-2012 (http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/climate_change_07_2013_icha_co2emissionen_des_dt_strommixes_webfassung_barrierefrei.pdf).
- UBA (2013b): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2012 (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsbilanz-erneuerbarer-energetraeger-0>).
- UMWELTBUNDESAMT (2014): Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger (<http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm#Berechnungen>).
- UN, V. N. (1992): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (<http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/klimarahmenkonvention>).
- VDI-GVC (2006): VDI-Wärmeatlas. 10. Auflage, Springer Verlag Berlin, Heidelberg.
- VDI 2067 (2000): Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung. Richtlinie - Verein Deutscher Ingenieure.
- VDI 4640 (2000): Thermische Nutzung des Untergrundes - Blatt 1: Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. Richtlinie - Verein Deutscher Ingenieure.
- WBGU (1995): Szenario zur Ableitung globaler CO₂-Reduktionsziele und Umsetzungsstrategien (<http://www.wbgu.de/sondergutachten/sg-1995-co2-reduktion>).
- WERNER, R.; BRANDT, W. (1994): Kurzdokumentation zum geologischen Thermalwasserangebot am Standort Arendsee. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- WERNER, R.; BRANDT, W. (1995): Auszüge aus der Studie zu den Entwicklungsmöglichkeiten von Kur-, Erholungs- und Freizeiteinrichtungen in Arendsee, einschließlich der Erschließung, Gewinnung und Nutzung von Thermalwässern für energetische und balneologische Zwecke. Geothermie Neubrandenburg GmbH.
- WINTER, W.; HASLAUER, T.; OBERNBERGER, I. (2001a): Untersuchungen der Gleichzeitigkeit in kleinen und mittleren Nahwärmenetzen - Teil 2. *Euroheat & Power*, **10**, S. 42-47.

WINTER, W.; HASLAUER, T.; OBERNBERGER, I. (2001b): Untersuchungen der Gleichzeitigkeit in kleinen und mittleren Nahwärmenetzen - Teil 1. *Euroheat & Power*, **9**, S. 53-57.

ZUV (2012): Verordnung über die Zuteilung von Treibhausgas-Emissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2008 bis 2012 (Zuteilungsverordnung 2012 - ZuV 2012) vom 18.07.2007.

Anlage 1
Übersichtsplan mit Schutzgebieten



Legende

Projektgebiet

Trinkwasserschutzgebiete

- Trinkwasserschutzzone I
- Trinkwasserschutzzone II
- Trinkwasserschutzzone III

Nationale und Europäische Schutzgebiete

- FFH - Gebiet
- Europäisches Vogelschutzgebiet
- Naturpark "Elbhöhen-Wendland"
- Landschaftsschutzgebiet
- Naturschutzgebiet

Quelle: L VermGeo Sachsen-Anhalt (DTK10); LAU (Schutzgebiete); NLWKN (Schutzgebiete)

Auftraggeber:

Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee

Töbelmannstraße 1
39619 Arendsee



Auftragnehmer:

BPM Ingenieurgesellschaft

Waisenhausstraße 10
09599 Freiberg



Projekt:	Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Arendsee		Datum	03.11.2014	Name	Menzel	Unterschrift
	Gezeichnet	03.11.2014	Menzel				
	Bearbeitet	03.11.2014	Menzel				
Phase:	Format	A3					
	Maßstab	1:35.000					
Plan:	Projekt-Nr.:	10-12-020					
	Anlage-Nr.:	1					

Anlage 2
Erfassungsbogen



Stadt Arendsee (Altmark)

Der Bürgermeister



Stadt Arendsee (Altmark); PF 11 50; 39616 Arendsee

Bearbeiter/in: Frau Wolter
Amt: Ordnungsamt
Tel.: 039384 976-23
Fax: 039384 2318
E-Mail: awolter@stadt-arendsee.de
Arendsee, 31.07.2014

Ihre Zeichen

Ihre Nachricht vom

Unsere Zeichen

Sehr geehrte Damen und Herren,

wie bereits in der Volksstimme und Altmarkzeitung am 30/31.06.2014 dargestellt, sehen wir in den Erneuerbaren Energien (Schwerpunkt Geothermie) die Chance uns langfristig von den stetigen Preissteigerungen der fossilen Energieträger zu lösen. Aus diesem Grund wurden für die Erstellung eines Energie- und Klimaschutzkonzeptes Zuwendungen aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) beantragt und genehmigt.

Im ersten Schritt der Konzepterstellung wird eine Wärmebedarfsanalyse aller Gebäude im Stadtgebiet (siehe Zeitungsbericht) durchgeführt. Hierzu bitten wir sie, den anbei befindlichen Fragebogen bis zum **15.08.2014** im Rathaus oder „Haus des Gastes“ (Touristeninformation) abzugeben.

Wir danken Ihnen für Ihre Unterstützung und freuen uns gemeinsam mit Ihnen eine ganzheitliche Planungsgrundlage für zukünftige Investitionsentscheidungen der Stadt zu erarbeiten.

Mit freundlichen Grüßen

Bürgermeister

Arendsee (Altm.)
Binde
Dessau
Fleetmark
Genzien
Gestien
Harpe
Höwisch
Kassuhn
Kaulitz
Kerkau
Kerkuhn
Kläder
Kleinau
Kraatz
Ladekath
Leppin
Lohne
Lübbers
Lüge
Mechau
Molitz
Neulingen
Rademin
Ritzleben
Sanne
Schemikau
Schrampe
Störpke
Thielbeer
Vissum
Zehren
Ziemendorf
Zießau
Zühlen

Stadt Arendsee (Altmark)
Am Markt 3
39619 Arendsee (Altmark)

Sprechzeiten:

dienstags: 9:00 – 12:00; 14:00 – 18:00 Uhr
donnerstags: 9:00 – 12:00; 14:00 – 16:00 Uhr

Bankverbindung:

Sparkasse Altmark West
IBAN: DE 63 8105 5555 3044 0001 99
BIC: NOLADE21SAW

VB Osterburg-Lüchow-Dannenberg eG
IBAN: DE 83 2586 3489 4510 0403 00
BIC: GENODEF1WOT

Erfassungsbogen zur Ermittlung des Wärmebedarfs für die Erstellung eines Energie- und Klimaschutzkonzeptes Arendsee

1. Angaben zum Gebäude (Wärmeabnahme) - bitte je Fragebogen nur ein Gebäude

Straße/Nr.: _____

Baujahr: _____ Größe der beheizten Fläche (m²): _____

Angaben zum Wärmeerzeuger: Energetische Sanierung: Jahr:

Art (z.B. Fabrikat, Brennwertkessel): _____ Fenster _____

_____ Außenwand _____

Heizleistung (kW): _____ Dach _____

Jahr der Installation: _____ Keller _____

2. Angaben zum Wärmeträger

	Heizung	Warmwasser	Bemerkungen:
Erdgas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Flüssiggas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Heizöl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Kohle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Holz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Strom (Wärmepumpe)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Strom (Nachtspeicher)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Sonstige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

3. Angaben zum Wärmeträgerverbrauch (für Heizung und Warmwasserbereitung)

	<u>2010</u>	<u>2011</u>	<u>2012</u>	<u>2013</u>
Erdgas (kWh)	_____	_____	_____	_____
Heizöl (l)	_____	_____	_____	_____
Fernwärme (MWh)	_____	_____	_____	_____
Kohle (t)	_____	_____	_____	_____
Holz (Fm)	_____	_____	_____	_____
Flüssiggas (kg)	_____	_____	_____	_____
Strom (kWh)	_____	_____	_____	_____
Sonstige (Einheit)	_____	_____	_____	_____

zusätzl. alternative Energieträger: ja nein

wenn ja, welche / Zweck (Heizung oder Warmwasserbereitung): _____

sonstige Wärmeverbrauchsstellen: _____

(z. B. Sauna, Trocknung, Warmwasserbereitung für gewerbliche Nutzung ...)

Für Rückfragen steht Ihnen die Firma BPM kostenfrei unter **Tel: 0800/7830840** zur Verfügung.

Wir bitten um Abgabe der Fragebögen bis **15.08.2014** im Rathaus oder "Haus des Gastes".



Anlage 3
Übersichtsplan
Erfassungsbogenrücklauf



Legende

- Hauskoordinaten
- Erfassungsbogenrücklauf

Quelle: LVermGeo Sachsen-Anhalt (Hauskoordinaten, DTK10)

Auftraggeber:

Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee

Töbelmannstraße 1
39619 Arendsee



Auftragnehmer:

BPM Ingenieurgesellschaft

Waisenhausstraße 10
09599 Freiberg



Projekt:

**Energie- und Klimaschutzkonzept
der Stadt Arendsee**

	Datum	Name	Unterschrift
Gezeichnet	03.11.2014	Menzel	
Bearbeitet	03.11.2014	Menzel	
Geprüft			

Phase:

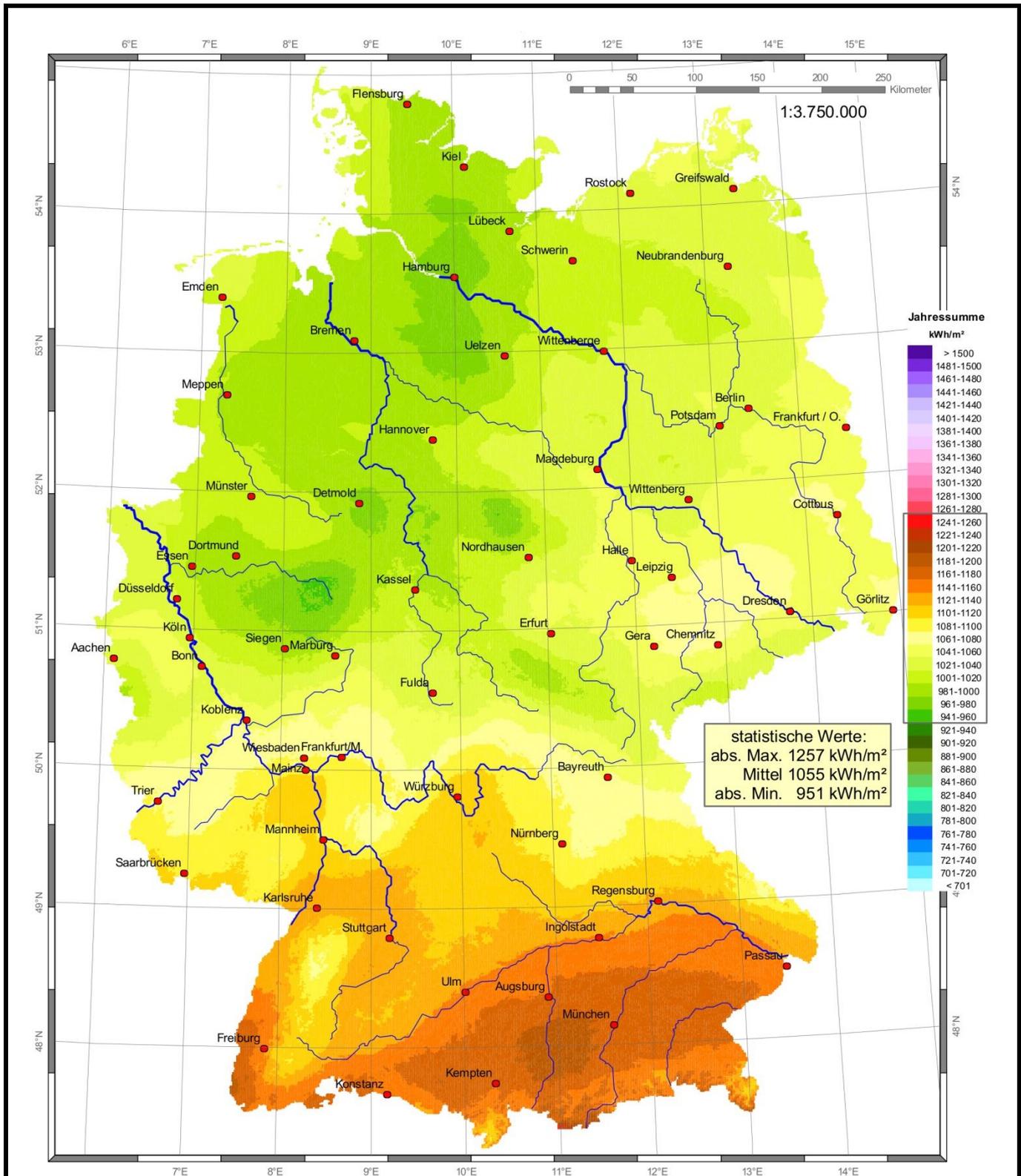
Format

Maßstab

Übersichtsplan
Erfassungsbogenrücklauf

	A3
	1:15.000
Projekt-Nr.:	10-12-020
Anlage-Nr.:	3

Anlage 4
Globalstrahlung der Bundesrepublik
Deutschland
(Zeitraum: April 1981 – 2010)



Wissenschaftliche Bearbeitung:
DWD, Abt. Klima- und Umweltberatung, Pf 30 11 90, 20304 Hamburg
 Tel.: 040 / 66 90-19 22; eMail: klima.hamburg@dwd.de



Projekt:
**Energie- und Klimaschutzkonzept
 der Stadt Arendsee**



BPM Ingenieure GmbH
 Waisenhausstr. 10
 09599 Freiberg

**Globalstrahlung in der Bundesrepublik
 Deutschland, Zeitraum 1981-2010
 [DWD 2012]**

M: ohne

Auftr.-Nr.: 10-12-020

Gez.:

Anl.-Nr.: 3

Bearb.: Fritz

Datum: 18.11.2014

Anlage 5
Tiefbohrungen im Umfeld von
Arendsee



Legende



vorhandene Tiefbohrungen
mit Bezeichnung

Name	Rechtswert	Hochwert	Endteufe [m]
E Neulingen 1/89	4468503	5860640	4.696
E Arendsee 2/60	4467814	5862106	1.852
E Arendsee 4/60	4468653	5861857	1.699
E Arendsee 10/82	4463714	5859515	4.338
E Arendsee 3/59	4462751	5861442	1.500
E Binde 1/86	4461280	5858503	4.200
E Sanne 2/87	4459377	5855994	3.675
E Arendsee 5/5h/64	4473009	5862176	1.588
E Arendsee 7/65	4473161	5862058	1.450
E Arendsee 6/60	4474221	5861703	1.+417
Ig Arendsee 11/85	4466475	5862485	358
Ig Arendsee 12/84	4465046	5861175	342
Kb Leppin 201/63	4466593	5862138	500

Quelle: LVermGeo Sachsen-Anhalt (DTK10); Agemar et al. 2014 (Bohrdaten); Kabus & Seibt 1998 a (Bohrdaten)

Auftraggeber:

Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee

Töbelmannstraße 1
39619 Arendsee



Auftragnehmer:

BPM Ingenieurgesellschaft

Waisenhausstraße 10
09599 Freiberg



Projekt:

**Energie- und Klimaschutzkonzept
der Stadt Arendsee**

Datum Name Unterschrift

Gezeichnet 03.11.2014 Menzel

Bearbeitet 03.11.2014 Menzel

Geprüft

Phase:

Format A3

Maßstab 1:70.000

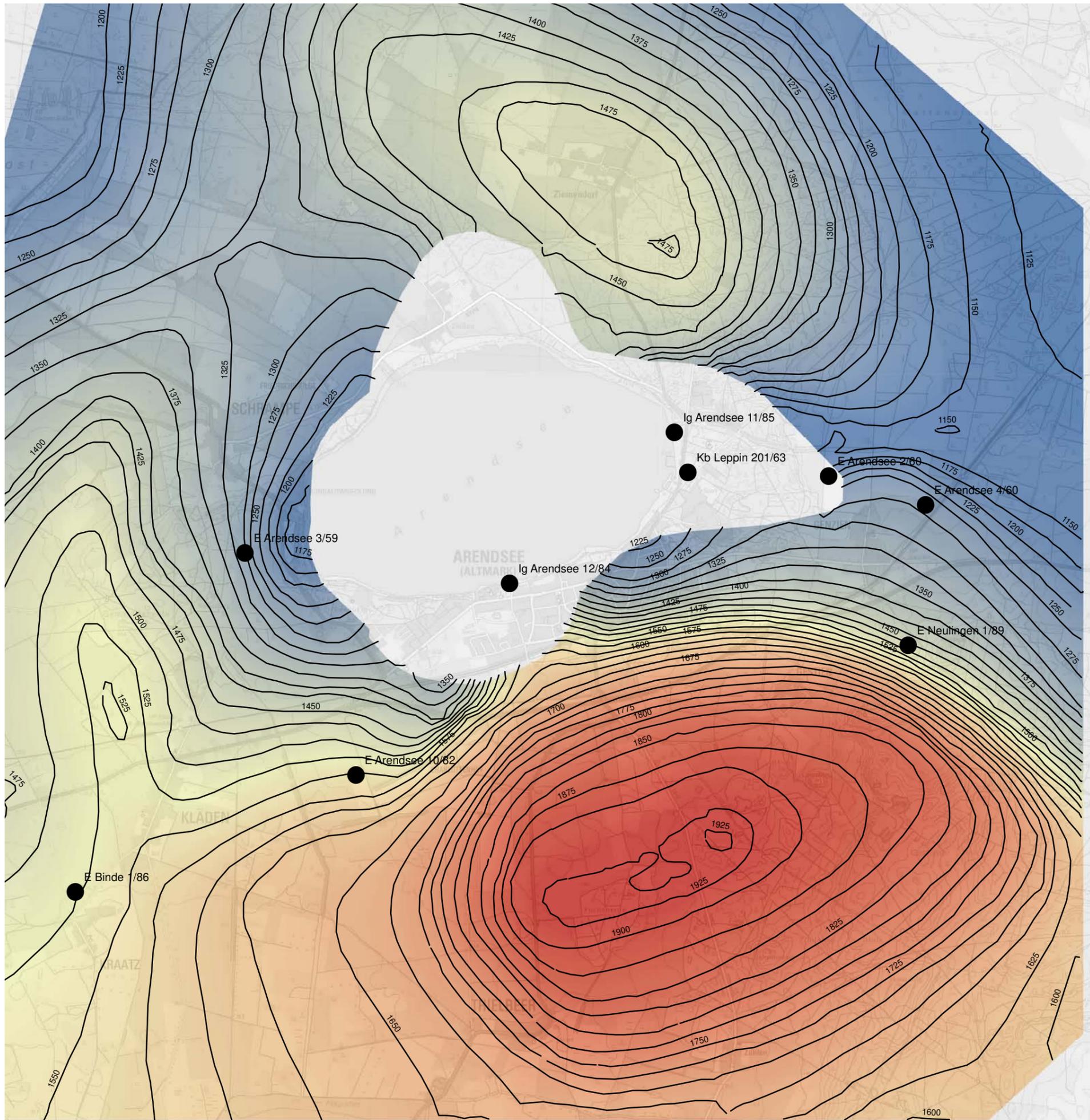
Plan:

Übersichtsplan Tiefbohrungen

Projekt-Nr.: 10-12-020

Anlage-Nr.: 5

Anlage 6
Verbreitung des geothermischen
Aquifers Wealden



Legende

- vorhandene Tiefbohrungen
- keine Daten

Quelle:
 LVermGeo Sachsen-Anhalt (DTK10)
 verändert nach Geophysik GGD (1999):
 Reflexionsseismik Arendsee
 Isobathenkarte - Basis Wealden Horizont T4

Auftraggeber:
Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee
 Töbelmannstraße 1
 39619 Arendsee

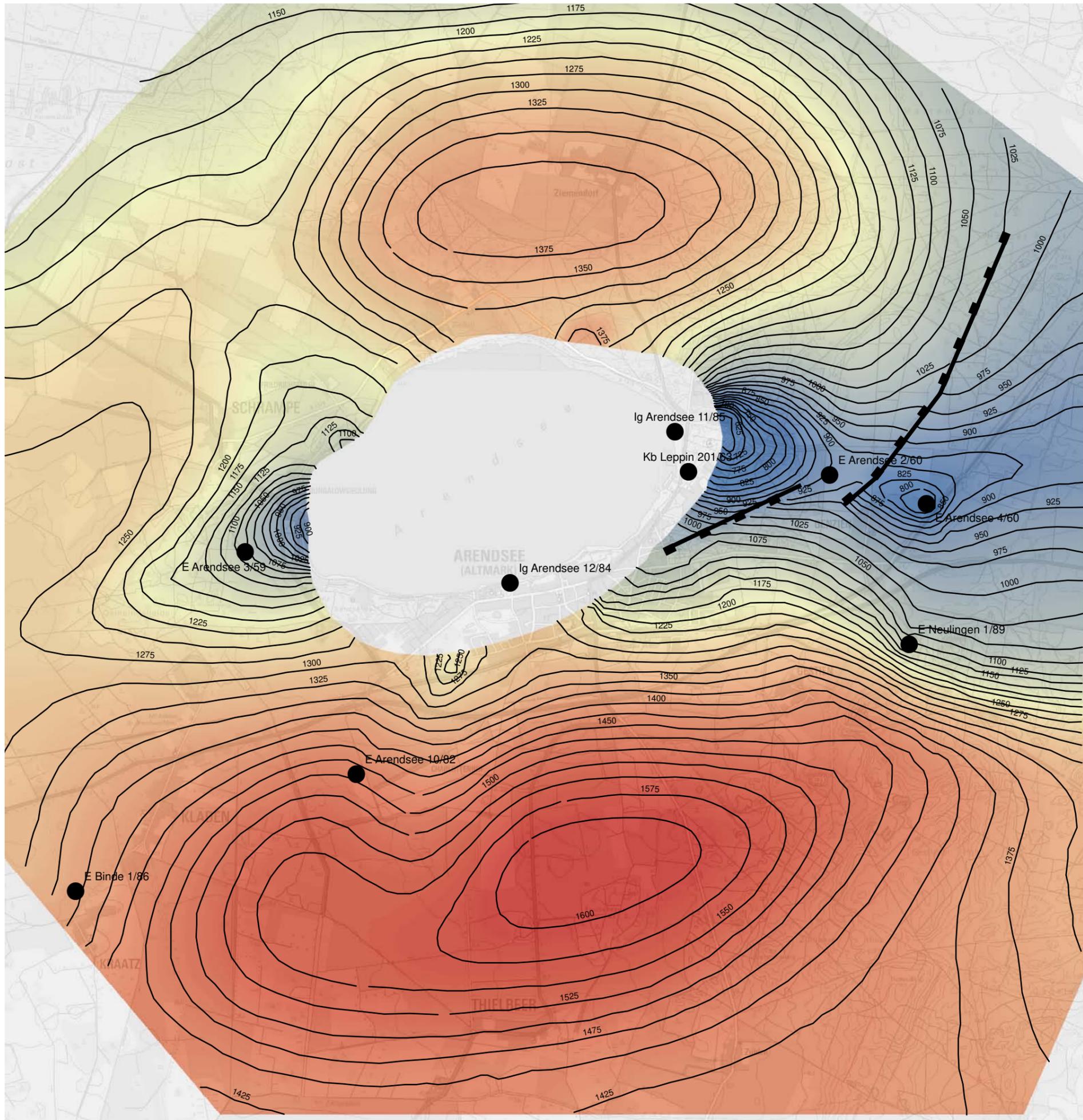


Auftragnehmer:
BPM Ingenieurgesellschaft
 Waisenhausstraße 10
 09599 Freiberg



Projekt: Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Arendsee	Datum	03.11.2014	Name	Menzel	Unterschrift
	Gezeichnet	03.11.2014	Bearbeitet	03.11.2014	Menzel
	Geprüft				
Phase:	Format	A3			
	Maßstab	1:35.000			
Plan: Übersichtskarte Basis Wealden Horizont T4	Projekt-Nr.:	10-12-020			
	Anlage-Nr.:	6			

Anlage 7
Verbreitung des geothermischen
Aquifers Hauterive



Legende

- vorhandene Tiefbohrungen
- Störung
- keine Daten

Quelle:
 LVermGeo Sachsen-Anhalt (DTK10)
 verändert nach Geophysik GGD (1999):
 Reflexionsseismik Arendsee
 Isobathenkarte - Basis Hauterive Horizont T3

Auftraggeber:

Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee

Töbelmannstraße 1
 39619 Arendsee



Auftragnehmer:

BPM Ingenieurgesellschaft

Waisenhausstraße 10
 09599 Freiberg



Projekt: Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Arendsee	Gezeichnet	03.11.2014	Menzel	
	Bearbeitet	03.11.2014	Menzel	
	Geprüft			
Phase:	Format	A3		
	Maßstab	1:35.000		
Plan: Übersichtskarte Basis Hauterive Horizont T3	Projekt-Nr.:	10-12-020		
	Anlage-Nr.:	7		

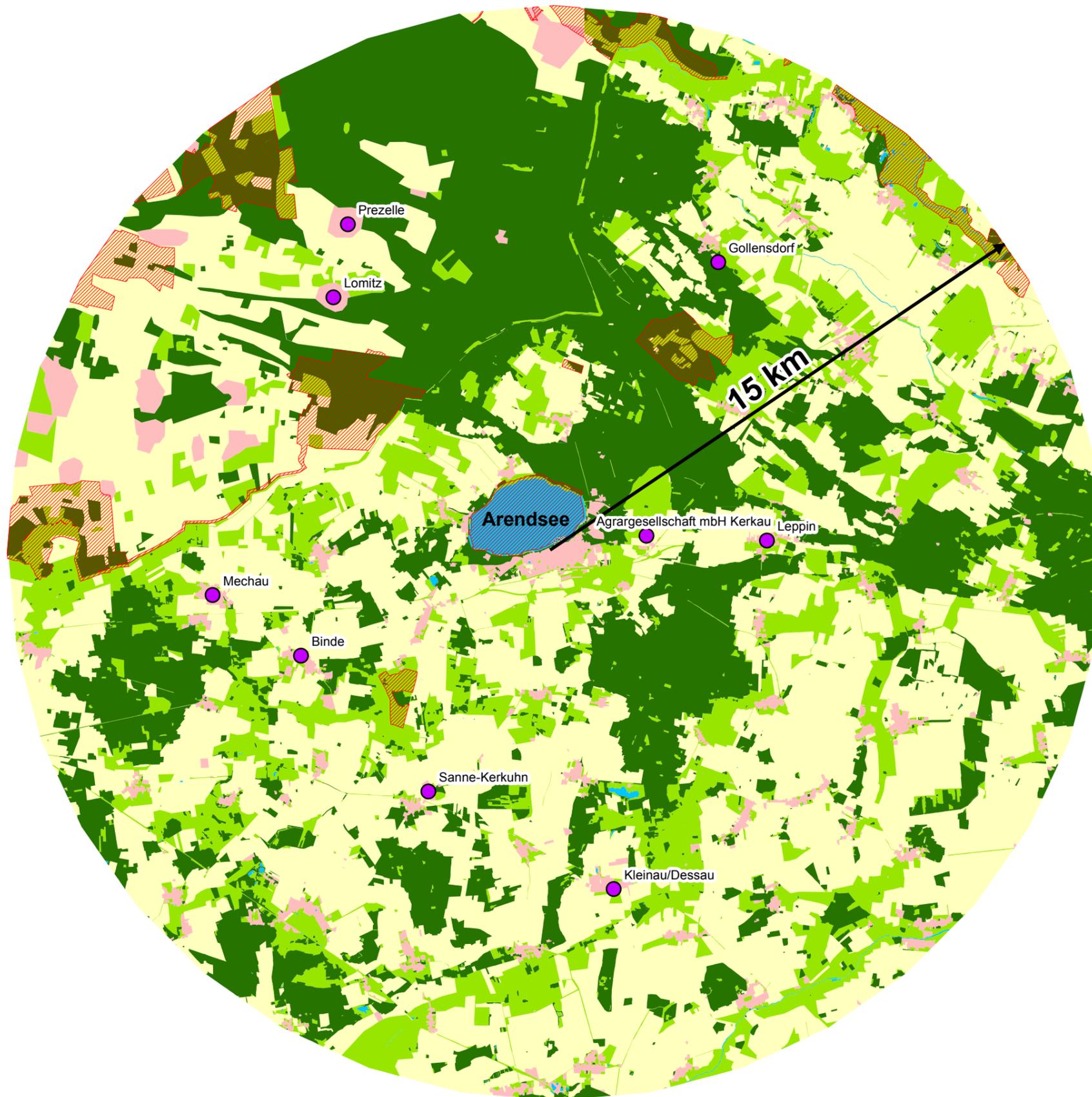
Anlage 8
Landnutzung im Umkreis von 15 km um
Arendsee

Legende

-  Biogasanlagen
-  Natura 2000- und Naturschutzgebiete

Landnutzung

-  Siedlungen
-  Acker
-  Grünland
-  Wald
-  Gewässer



Quelle: LVermGeo Sachsen-Anhalt (DTK10); LAU (CIR-Biototypen)

Auftraggeber:

Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee

Töbelmannstraße 1
39619 Arendsee



Auftragnehmer:

BPM Ingenieurgesellschaft

Waisenhausstraße 10
09599 Freiberg



Projekt:

**Energie- und Klimaschutzkonzept
der Stadt Arendsee**

	Datum	Name	Unterschrift
Gezeichnet	03.11.2014	Menzel	
Bearbeitet	03.11.2014	Menzel	
Geprüft			

Phase:

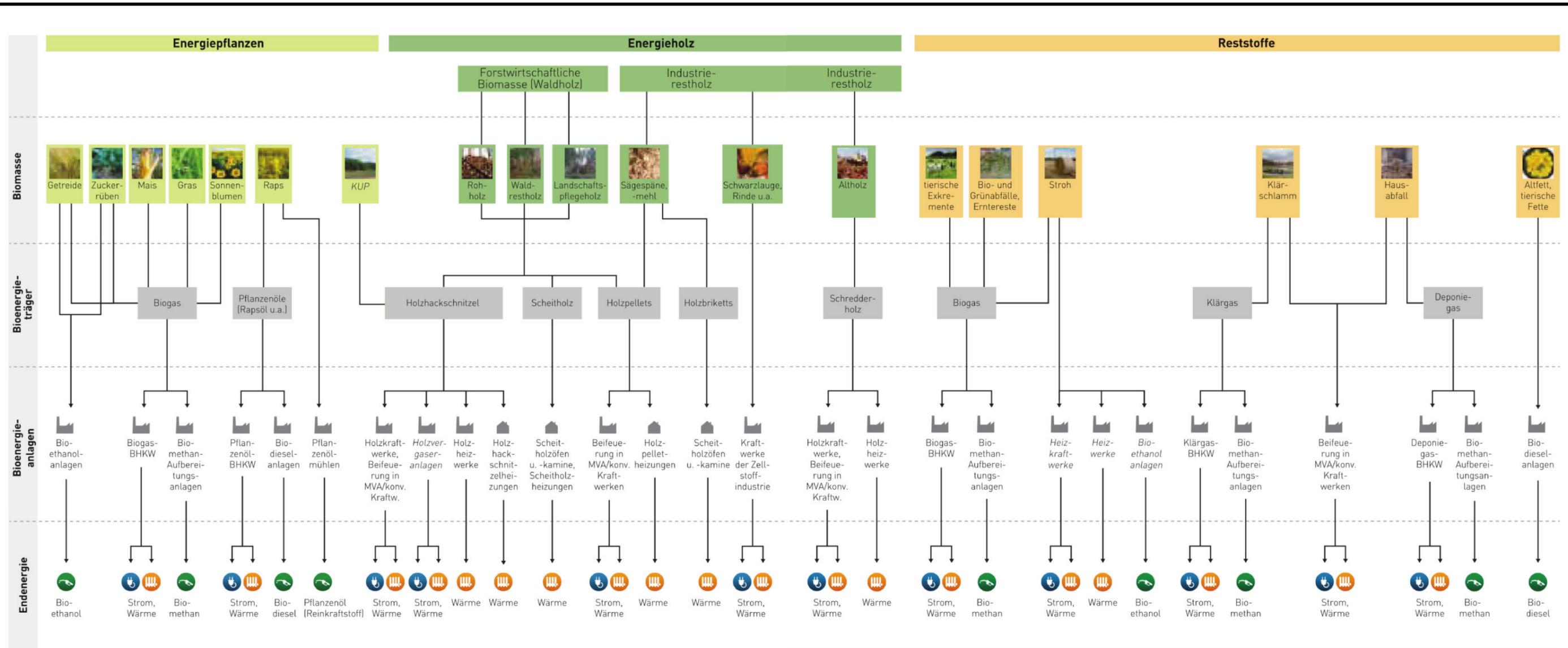
Format	A3
Maßstab	1:125.000

Plan:

**Übersichtsplan Landnutzungen und
Biogasanlagen**

Projekt-Nr.:	10-12-020
Anlage-Nr.:	8

Anlage 9
Biomasse-Nutzungspfade

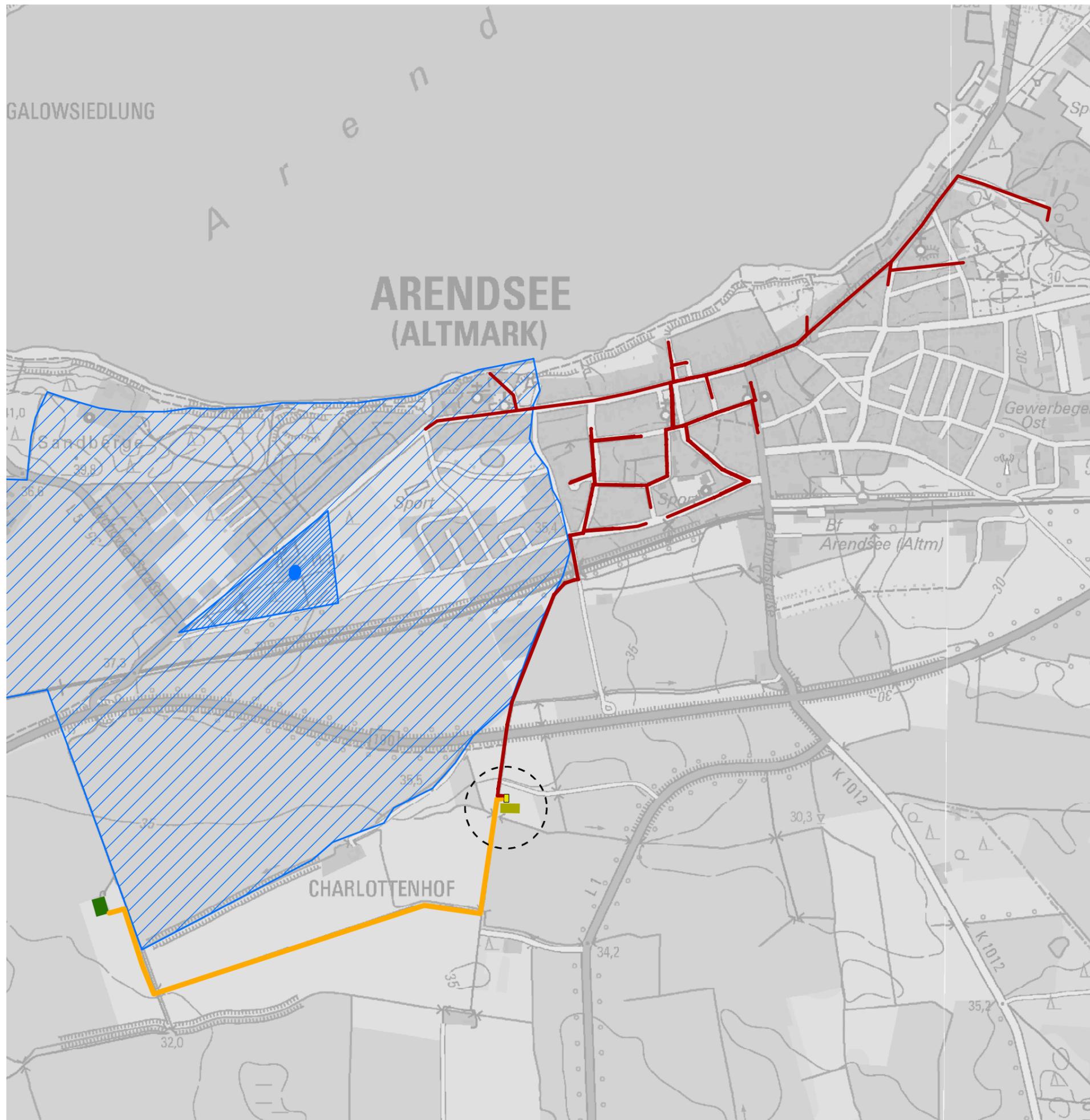


kursiv gesetzte Begriffe (z.B. „Heizkraftwerke“) = Nutzungspfade vor der breiten Markteinführung, die zukünftig jedoch an Bedeutung gewinnen werden

gewerbliche/landwirtschaftliche Bioenergieanlage
 Bioenergieanlage bei Endverbrauchern
 Strom
 Wärme
 Kraftstoff

Projekt: Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Arendsee	BPM Ingenieure GmbH Waisenhausstr. 10 09599 Freiberg	
	M: ohne	Auftr.-Nr.: 10-12-020
Biomasse-Nutzungspfade von der Ernte zum Endverbraucher [AEE 2013]	Gez.:	Anl.-Nr.: 9
	Bearb.: Wollmann	Datum: 27.06.2013

Anlage 10
Übersichtsplan der alternativen
Wärmeversorgung



Legende

-  geplantes Nahwärmenetz
-  geplante Thermalwassertrasse
-  bestehender Bohrplatz
-  geplanter Bohrplatz
-  geplante Geothermische Heizzentrale (GHZ)
-  potentieller Bereich für Errichtung eines Bohrplatzes und der GHZ

Trinkwasserschutzgebiete

-  Trinkwasserschutzzone I
-  Trinkwasserschutzzone II
-  Trinkwasserschutzzone III

Quelle: LVermGeo Sachsen-Anhalt (DTK10); LAU

Auftraggeber:

Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee

Töbelmannstraße 1
39619 Arendsee



Auftragnehmer:

BPM Ingenieurgesellschaft

Waisenhausstraße 10
09599 Freiberg



Projekt:

**Energie- und Klimaschutzkonzept
der Stadt Arendsee**

	Datum	Name	Unterschrift
Gezeichnet	26.11.2014	Menzel	
Bearbeitet	26.11.2014	Menzel	
Geprüft			

Phase:

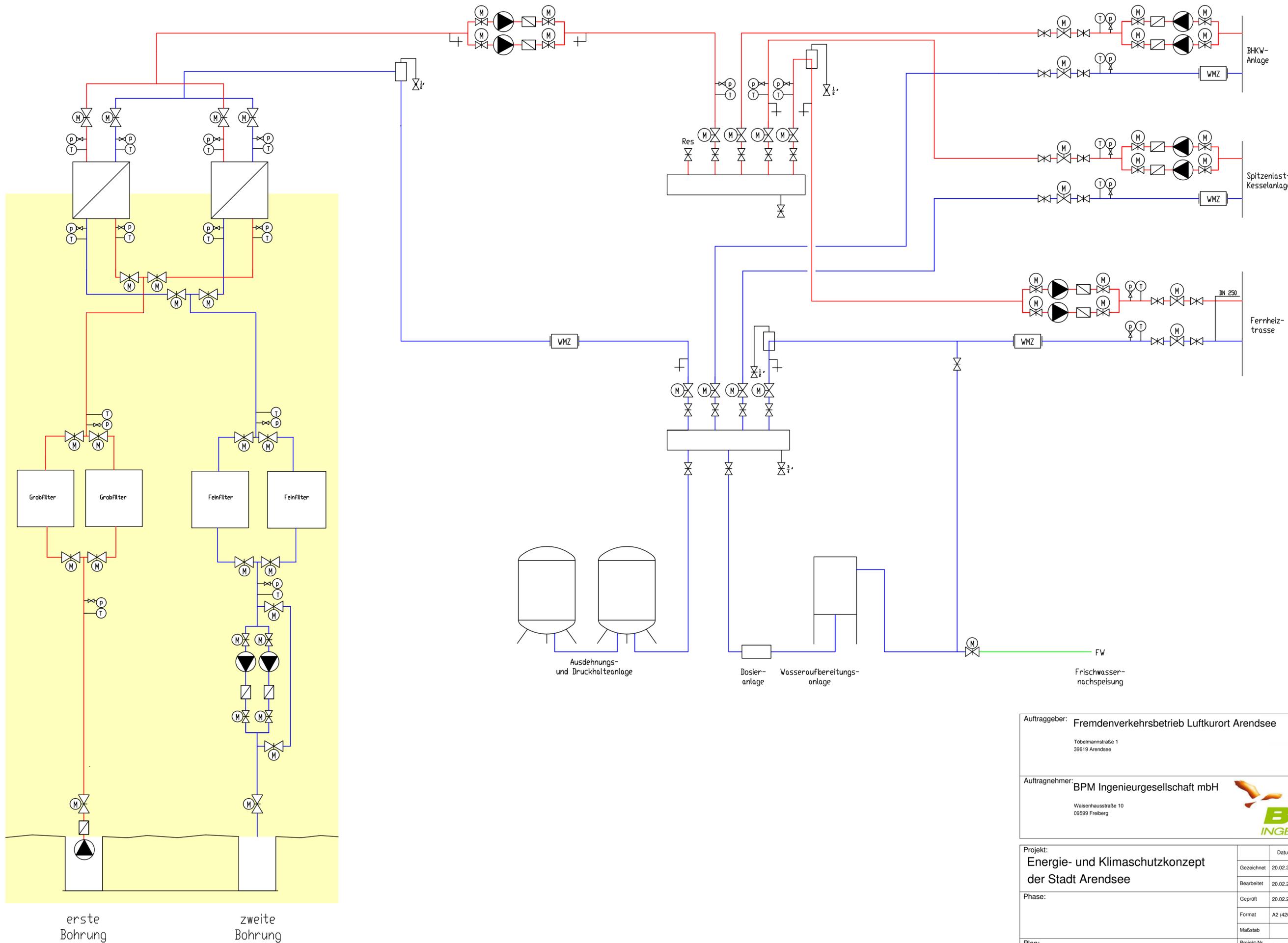
Format	A3
Maßstab	1:12.500

Plan:

Übersichtsplan der alternativen
Wärmeversorgung

Projekt-Nr.:	10-12-020
Anlage-Nr.:	10

Anlage 11
Schaltschema Geothermische
Heizzentrale (GHZ)



Auftraggeber: **Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee**
 Tobelmannstraße 1
 39619 Arendsee



Auftragnehmer: **BPM Ingenieurgesellschaft mbH**
 Waisenhausstraße 10
 09599 Freiberg



Projekt:	Datum	Name	Unterschrift
Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Arendsee	Gezeichnet	20.02.2014	Leinhübner
	Bearbeitet	20.02.2014	Menzel
	Geprüft	20.02.2014	Menzel
Phase:	Format A2 (420x594 mm)		
	Maßstab		
Plan:	Projekt-Nr. 10-12-020		
Schaltplan GHZ	Anlage-Nr. 11		

Anlage 12

**Übersichtsplan öffentlicher und
gewerblich genutzter Gebäude**



Legende

- gewerblich genutzte Gebäude
- öffentliche Gebäude

Quelle: LVermGeo Sachsen-Anhalt (Hauskoordinaten, DTK10)

Auftraggeber:

Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee

Töbelmannstraße 1
39619 Arendsee



Auftragnehmer:

BPM Ingenieurgesellschaft

Waisenhausstraße 10
09599 Freiberg



Projekt: Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Arendsee	Datum	Name	Unterschrift
	Gezeichnet	26.11.2014	Menzel
	Bearbeitet	26.11.2014	Menzel
Phase:	Format	A3	
Plan: Übersichtsplan öffentlicher und gewerblich genutzter Gebäude	Maßstab	1:15.000	
	Projekt-Nr.:	10-12-020	
	Anlage-Nr.:	12	

Anlage 13
Übersichtsplan Gebäudegruppierung



Legende

Gebäudegruppen

- a
- b
- c
- d
- e
- f
- g
- h
- i
- Großverbraucher

Gruppe	Bezeichnung	Anzahl der Gebäude
a	Einfamilienhaus Altbau	57
b	Einfamilienhaus 1970-1990	221
c	Einfamilienhaus 1990-2000	113
d	Einfamilienhaus nach 2000	8
e	Reihenhaus Altbau groß	130
f	Reihenhaus Altbau klein	203
g	Mehrfamilienhaus	73
h	Villa	42
i	Flachbau Gewerbe	29
-	Großverbraucher	14

Quelle: LVermGeo Sachsen-Anhalt (Hauskoordinaten, DTK10)

Auftraggeber:

Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee

Töbelmannstraße 1
39619 Arendsee



Auftragnehmer:

BPM Ingenieurgesellschaft

Waisenhausstraße 10
09599 Freiberg



Projekt:

**Energie- und Klimaschutzkonzept
der Stadt Arendsee**

	Datum	Name	Unterschrift
Gezeichnet	26.11.2014	Menzel	
Bearbeitet	26.11.2014	Menzel	
Geprüft			

Phase:

Format	A3
Maßstab	1:15.000

Plan:

Übersichtsplan Gebäudegruppierung

Projekt-Nr.:	10-12-020
Anlage-Nr.:	13

Anlage 14
Aufstellungs- und Brandschutzplan

Ex-Zonenplan:

Zone 1

Zone 2

Brandschutzzonen:

35,2 m Umsturzbereich

61 m

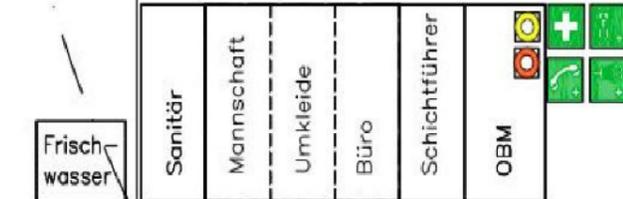
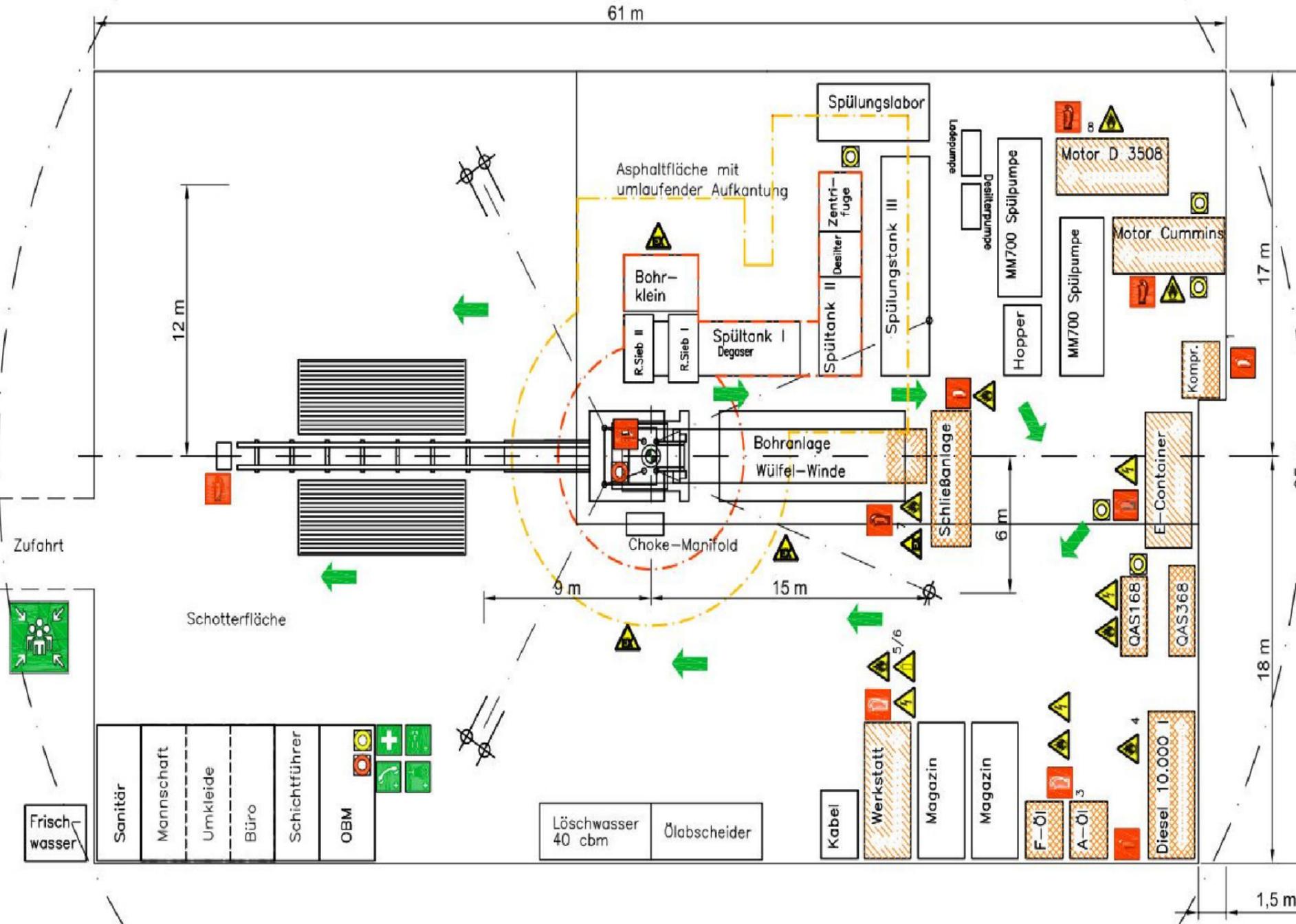
12 m

17 m

35 m

18 m

1,5 m



Legende

Not-Aus

- Bohrmeister (15 m Bereich)
- Doghouse (15 m Bereich)
- 1 Rüttelsieb I
- 2 Rüttelsieb II
- 3 Rührwerk I
- 4 Rührwerk II
- 5 Rührwerk II
- 6 Desilterpumpe
- 7 Zentrifuge

Not-Aus

- Bohrmeister
- Stromaggregat
- (gesamte Anlage aus,)
- außer Notbel. – Doghouse
- Treppen
- Bohrteller
- E – Verteiler

Not-Aus

- Dieseltankstelle
- Zentrifuge
- Motor Cummins

Quelle: H. Anger's Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH

Auftraggeber:

Fremdenverkehrsbetrieb Luftkurort Arendsee

Töbelmannstraße 1
39619 Arendsee



Auftragnehmer:

BPM Ingenieurgesellschaft

Waisenhausstraße 10
09599 Freiberg



Projekt:	Datum	Name	Unterschrift
Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Arendsee	Gezeichnet		
	Bearbeitet	26.11.2014	Menzel
	Geprüft		
Phase:	Format	A3	
	Maßstab	maßstabslos	
Plan:	Projekt-Nr.:	10-12-020	
	Anlage-Nr.:	14	