3. Potenziale erneuerbare Energien

Das folgende Kapitel beschreibt die Erhebung und Auswertung der Offenburger Potenziale für Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien. Zur besseren Darstellung wurden die erhobenen Potenziale zunächst in Relation zum Strom- und Wärmeverbrauch der Privathaushalte gesetzt. Als Privathaushalte wurden solche Verbraucher definiert, die über sogenannte Standard-Last-Profile (SLP-Zähler) verfügen. Abschließend werden die Potenziale für erneuerbare Energien zusammengefasst. Im Kapitel Methodik wird das Vorgehen für die Erhebung und Auswertung detailliert beschrieben.

3.1 Solarenergie

3.1.1 Hintergrund

Laut Globalstrahlungsatlas der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) liegt der jährliche Energieertrag in Offenburg, bezogen auf eine horizontale Fläche, bei ca. 1.100 – 1.120 kWh/m² (LUBW, 2012) und damit, leicht über dem bundesdeutschen Durchschnittswert von 1.096 kWh/m² (Deutscher Wetterdienst, 2012).

Mit ca. 2% Anteil an der Stromerzeugung leistet die Photovoltaik in Offenburg im Jahr 2011 bereits einen sichtbaren Beitrag (vgl. Kapitel 2.2.2). Auch die vorhandenen und erfassten 1.085 Solarthermie-Anlagen mit einer Gesamtkollektorfläche von 9.177 m² können bereits 0,4% (2011) der Wärmeversorgung decken. Weitere Ausbaupotenziale - sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermie - sind vorhanden, wie das in Zuge dieser Studie erstellte Solarkataster zeigt. Das Vorgehen für die Dachflächenanalyse bzw. die Erstellung des Solarkataster werden detailliert in der Methodik beschrieben.

3.1.2 Solarenergiepotenziale

Die Auswertung der Luftbilder der Gemeinde ergab, dass 48% der freien Dachflächen eine Ausrichtung nach Süden bzw. nach Südwest-/Südost haben (vgl. Tabelle 3). Diese Dächer sind - bezogen auf ihre Ausrichtung - sehr gut für eine Belegung mit solarthermischen oder Photovoltaik-Anlagen geeignet.

Tabelle 3 – Potenzielle Dachflächen für Solarthermie oder Photovoltaik

Dachausrichtung	Gesamtfläche (m²)	Anteil an Gesamtfläche
Süd	353.410	24,98%
Südwest/Südost	321.870	22,75%
Ost/ West	404.986	28,63%
Flachdach	334.445	23,64%

Zum besseren Verständnis des Vorgehens, wie das Dachflächenpotenzial aus den Luftbildern ermittelt wurde, ist in der folgenden Abbildung 18 ein Ausschnitt aus dem für Offenburg erstellten Solarkataster dargestellt. Die Ausrichtung der Dachflächen lässt sich an den unterschiedlichen Farben erkennen, vgl. Kapitel 7.1.1).

Abbildung 18 – Auszug aus dem Solarkataster

Die Solarstrahlung kann sowohl zur Erzeugung von Strom (Photovoltaik) als auch von Wärme (Solarthermie) genutzt werden. Die Berechnung des solarenergetischen Potenzials in Offenburg umfasst daher zwei Szenarien. Zur besseren Darstellung wurden die Potenziale beider Szenarien in Relation zum Stromverbrauch der Offenburger Privathaushalte gesetzt (ca. 108 Mio. kWh/Jahr).

- **Szenario 1:** Dieses Szenario geht davon aus, dass das zur Verfügung stehende Dachflächenpotenzial vollständig zur Erzeugung von Strom durch PV-Module genutzt wird. Mit diesem „100% Photovoltaik Szenario“ ließe sich der jährliche Stromverbrauch der Offenburger Haushalte bilanziell 1,5-fach oder zu 157% (164 Mio. kWh/Jahr) mit Solarstrom decken.
- **Szenario 2:** Im zweiten Szenario wird davon ausgegangen, dass das Dachflächenpotenzial nicht vollständig mit PV-Modulen belegt wird, sondern zusätzlich Wärme durch Solarthermie erzeugt wird. Eine sinnvolle Dimensionierung ermöglicht die thermische Aufbereitung von ca. 60% des Warmwasserbedarfs eines Wohngebäu-

des durch Solarthermie-Anlagen[3]. Dies ließe sich bereits mit einer geringen Fläche erreichen. Um die benötigten 41 Mio. kWh/Jahr thermisch zu erzeugen, verringert sich das Solarstrompotenzial lediglich um ca. 10,9% auf 147 Mio. kWh/Jahr. Dies entspricht immer noch 141% des derzeitigen Stromverbrauchs der Offenburger Privathaushalte (vgl. Abbildung 19).

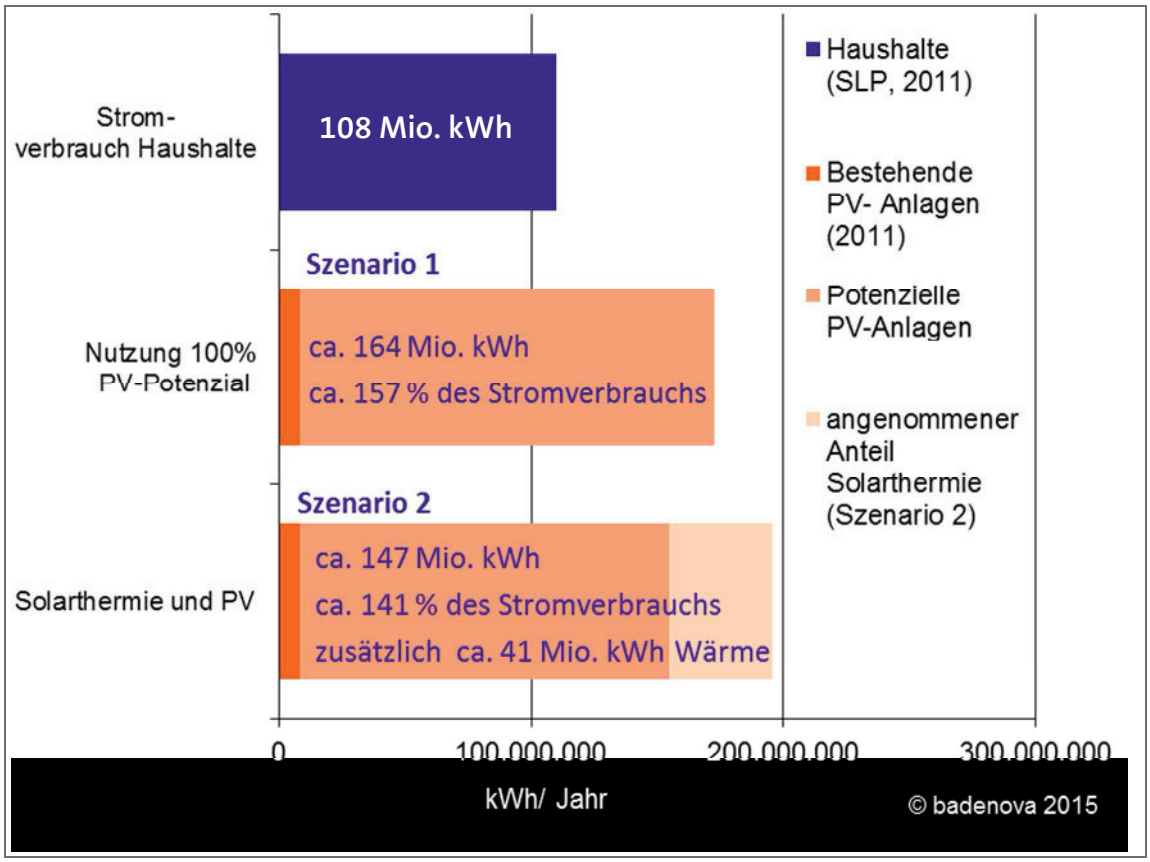

Abbildung 19 – Solarenergiepotenziale in Offenburg

Die Analyse zeigt, dass ein maßgebliches Energiepotenzial in der verstärkten Nutzung vorhandener Dachflächen zur Strom- und Wärmeerzeugung liegt. Ein weiterer Zubau von Photovoltaikmodulen und die Erzeugung von Solarstrom könnten, im Vergleich zum deutschen Strom-Mix, über 70.000t CO_2/Jahr einsparen. Die Ausschöpfung des Potenzials wird allerdings maßgeblich von der sich fortlaufend ändernden Gesetzeslage (Höhe und Ausgestaltung der Stromeinspeisevergütung), der Investitionsbereitschaft der Gebäudeeigentümer sowie von der Altersstruktur und der Bauart der Dächer, der Hauseigentümerstruktur etc. abhängen. Ausschlaggebend wird hier nicht nur die Höhe

[3]Solarthermie-Anlagen für die Warmwasserbereitstellung werden auf ca. 60% des jährlichen Warmwasserbedarfs des Haushaltes ausgerichtet, um die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu maximieren. Größere Anlagen sind zwar möglich, produzieren allerdings im Sommer einen Überschuss an Wärme, der nicht genutzt werden kann (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 2007).

der Einspeisevergütung sein, sondern die Wiederherstellung eines sicheren und langfristigen Investitionsklimas für die Errichtung von PV-Anlagen.

Künftig wird die Bedeutung der Eigenstromnutzung steigen, wodurch auch für Unternehmen der Ausbau von PV-Anlagen an Attraktivität gewinnen könnte.

3.2 Wasserkraft

3.2.1 Hintergrund

Die Ermittlung von bestehenden, über das EEG geförderten Wasserkraftanlagen ist grundsätzlich über die EEG-Anlagedatenbank des Übertragungsnetzbetreibers TransnetBW möglich. Die Ermittlung von Ausbaupotenzialen beruht auf Interviews mit ortskundigen Experten und Wasserkraftbetreibern der bestehenden Anlagen, dem Elektrizitätswerk Mittelbaden und auf der Auswertung von geographischen Daten. Eine detaillierte Aussage zu Wasserkraftausbaupotenzialen kann letztlich jedoch nur über die Vor-Ort-Prüfung eines Standorts getätigt werden.

Im Fokus der Ist-Analyse und der Potenzialermittlung standen die Kinzig und der Mühlbach. Die Kinzig fließt im Südosten nahe der Ortschaft Elgersweier in das Stadtgebiet ein und durchquert anschließend in nördlicher Richtung die Kernstadt Offenburgs. Als Gewässer 1. Ordnung fällt sie in die Zuständigkeit des Regierungspräsidiums Freiburg. Von der Kinzig wird der Mühlbachkanal abgeleitet, welcher östlich der Kinzig die Kernstadt durchfließt.

In Offenburg gibt es aktuell zwei Wasserkraftstandorte, an denen das Elektrizitätswerk Mittelbaden bereits durch das EEG vergütete Wasserkraftanlagen betreibt.

1) **Standort „Großer Deich“ an der Kinzig:** Die Wasserkraftanlage an der bestehenden Stauanlage wurde 2010 in Betrieb genommen. Die Kaplan-Rohrturbine verfügt über eine elektrische Leistung von 465 kW. Mit einer Ausbauwassermenge (QA) von 20 m³/s und einem Gefälle von 2,8 m erreichte die Anlage im Bilanz-Bezugsjahr 2011 einen Jahresertrag von 470.000 kWh.

2) **Standort Mühlbach:** Die alte Wasserkraftanlage „Ehemalige Spinnerei“ am Mühlbach wurde 2013 vom Netz genommen und Ende 2014 durch eine neue Anlage, etwa 80 m vom alten Standort entfernt, ersetzt. Bei einer Leistung von 340 kW hat die alte Anlage im Bilanzbezugsjahr 2011 rund 298.000 kWh ins Netz eingespeist.

   Die Inbetriebnahme der neuen Anlage „Mühlbach“ mit einer Leistung von 130 kW erfolgte im Dezember 2014. Angestrebt wird eine Jahresstromerzeugung von rund 800.000 kWh Strom. Die Neuerrichtung der Anlage fand im Zuge der noch nicht abgeschlossenen Sanierung des ehemaligen Spinnereigeländes am Mühlbach statt und ist Teil der dort geplanten nachhaltigen integrierten Energieversorgung.

Zusammengenommen haben die Anlagen „Ehemalige Spinnerei“ und „Großer Deich“ im Bilanzbezugsjahr 2011 etwa 768.000 kWh Strom aus Wasserkraft produziert. Bei einem durchschnittlichen Strombedarf eines 3-Personenhaushalts von 4.200 kWh/a,

entsprach dies dem Bedarf von rund 180 Offenburger Haushalten. Die Gesamtstromerzeugung der beiden Kraftwerke lag im Jahr 2012 mit 1.796.000 kWh deutlich darüber. Damit konnten bilanziell rund 430 Haushalte versorgt werden.

Bei einem Jahresstromverbrauch der Offenburger Haushalte von 108 Mio. kWh im Jahr 2011 lag der Anteil des Stroms aus Wasserkraft damit immer bei 0,7%. .

3.2.2 Wasserkraftpotenziale

Aus den gesammelten, verfügbaren Informationen kann geschlossen werden, dass die Stadt Offenburg nach aktuellem Stand der Technik über keine zusätzlichen, wirtschaftlich nutzbaren Potenziale für Wasserkraft verfügt.

Darüber hinaus sind die Anlagen „Mühlbach“ und „Großer Deich“ noch sehr jung, wodurch eine technische Modernisierung nicht notwendig ist.

3.3 Windenergie

3.3.1 Hintergrund

In den folgenden Unterkapiteln wird eine umfangreichere Darstellung der Hintergründe zum Thema Windenergie aufgezeigt. Insbesondere wird auf die Windhöffigkeit, die Themen Schutzgebiete und Flächennutzungsplan zum Standort Brandeckkopf, dem einzigen windhöffigen Standort im Stadtgebiet, eingegangen.

3.3.1.1 **Standortwahl und -analyse**

Bei der Erfassung von Windkraftpotenzialen wird zunächst auf den LUBW-Windatlas Baden-Württemberg zurückgegriffen, der als erste Planungsgrundlage für die Suche nach wirtschaftlichen Standorten dient. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Windkartierung des Landes auf flächendeckenden Berechnungen aufbaut. Daher besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass es Abweichungen zu der tatsächlichen Windhöffigkeit an den spezifischen Standorten gibt. Als wirtschaftlich interessant für die Entwicklung von Windkraftanlagen gelten in der Regel Standorte mit Windgeschwindigkeiten von mehr als 6,00 m/s in 140 m Höhe über Grund. Windhöffige Standorte in Offenburg sind in Abbildung 20 dargestellt.

Neben dem Windpotenzial werden bei der Standortwahl weitere Faktoren berücksichtigt. Dazu gehören insbesondere immissionsschutzrechtliche Themen wie Schall und Schattenwurf, Naturschutz- und Raumordnungsbelange.

3.3.1.2 **Windhöffigkeit**

Wie der Blick in die Karten des Windatlas der LUBW für Offenburg zeigt, verfügt die Stadt lediglich im Osten des Stadtgebiets über windhöffige Standorte. Die Windverhältnisse am Brandeckkopf bieten danach ausreichende Voraussetzungen für die Nutzung von Windenergie mit mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten zwischen 6,25 m/s und 6,75 m/s (vgl.Abbildung 20). Da das Windpotenzial auf Basis

des Windatlas nur als erste Orientierung dient, sind zusätzliche Gutachten und eine belastbare, mehrmonatige Windmessung für die abschließende Bewertung eines Standortes unablässig.

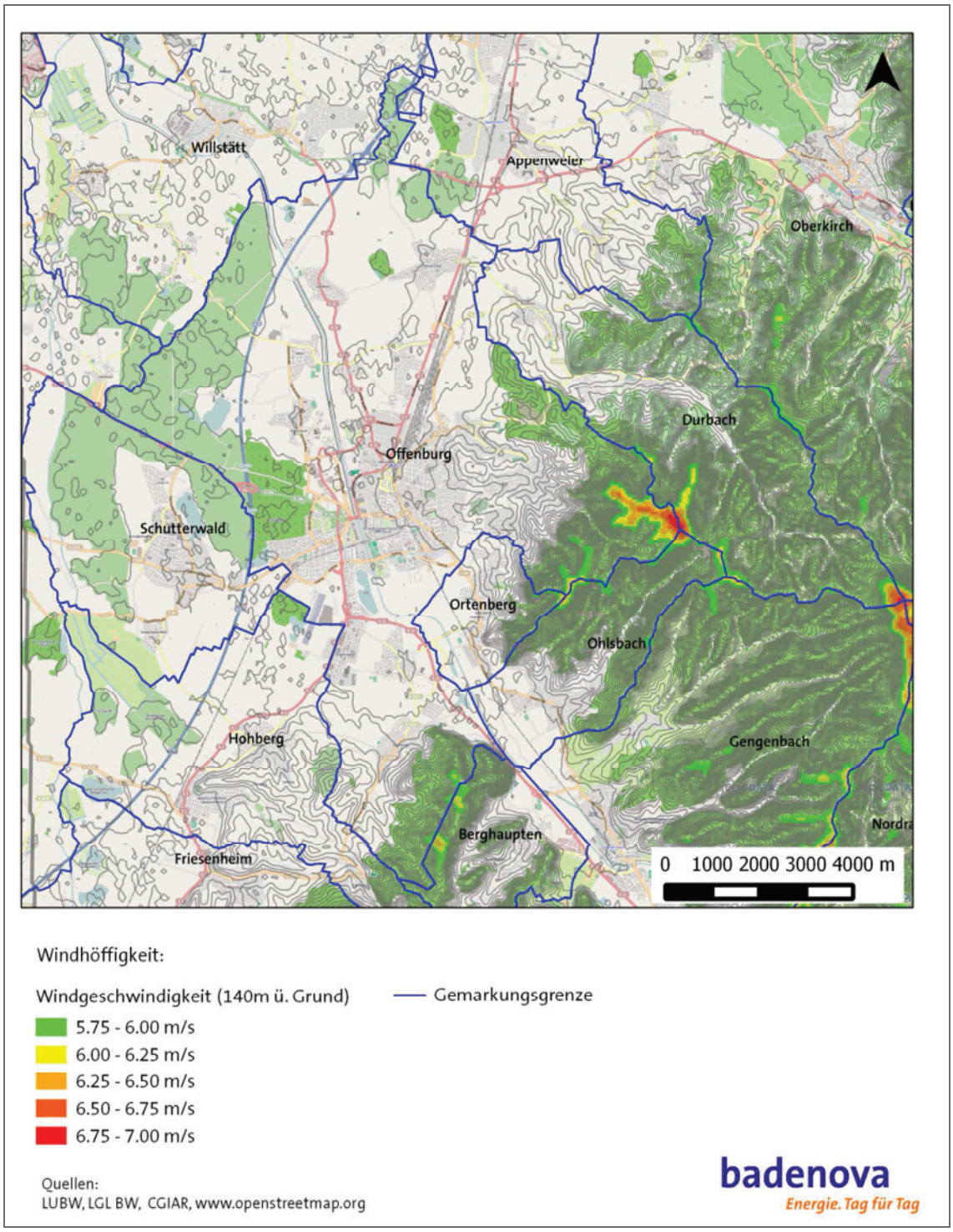

Abbildung 20 – Auszug aus dem LUBW-Windatlas für Baden-Württemberg für Offenburg

3.3.1.3 Standort Brandeckkopf

Der Standortbereich Brandeckkopf befindet sich im Naturraum „Nördlicher Talschwarzwald“, der nach Westen durch die „Ortenau-Bühler Vorberge“ begrenzt wird (Naturraum nach Meynen Schmithuesen et al.), auf der Grenze zwischen der zu Offenburg gehörigen Ortschaft Zell-Weierbach und den Gemeinden Durbach und Ohlsbach.

Er befindet sich mit seinem größeren, nördlichen Teil im Gebiet der Vereinbarten Verwaltungsgemeinschaft Offenburg. Zu dieser gehört auch die Gemeinde Durbach, auf deren Gemarkung sich der nordöstliche Teil des Brandeckkopfs befindet. Der kleinere, südliche Teil des Brandeckkopfs liegt im Gebiet der Gemeinde Ohlsbach, die zum Gebiet der Vereinbarten Verwaltungsgemeinschaft Gengenbach gehört. Diese Teilfläche ist jedoch aufgrund der Lage am Hang unterhalb des Gipfels für die Errichtung von Windenergieanlagen wenig geeignet (vgl. Abbildung 21).

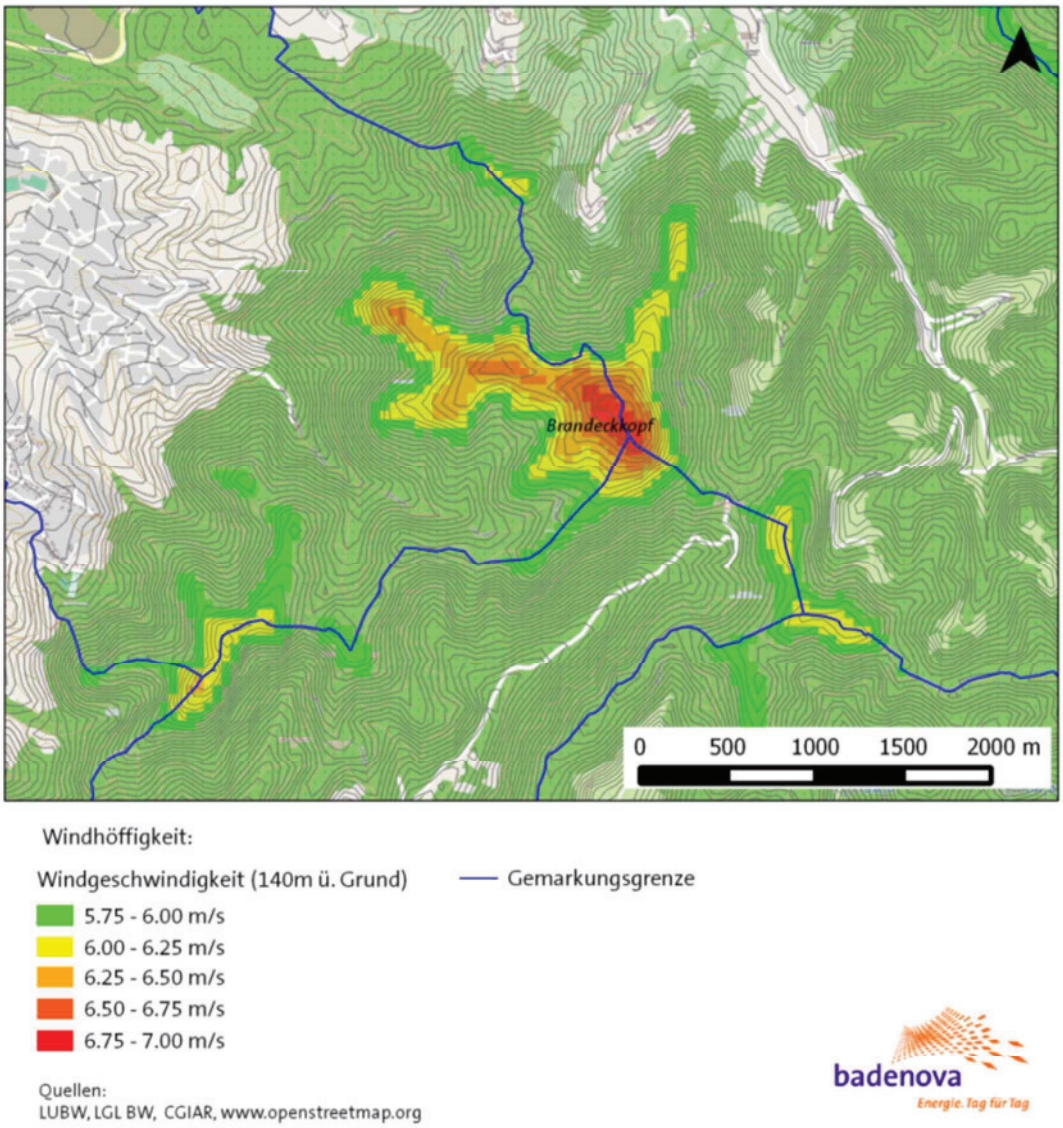

Abbildung 21 – Potenzieller Windstandort Brandeckkopf

3.3.1.4 Schutzgebiete

Der Brandeckkopf liegt innerhalb des Landschaftsschutzgebiets „Brandeck“, im Umfeld sind außerdem mehrere gesetzlich geschützte Biotope ausgewiesen (Quelle: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg LUBW). Weiterhin sind entsprechend den Karten der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) Auerhuhngebiete der Kategorie 4 ausgewiesen (=keine Restriktionen). Schutzgebiete, wie Naturschutzgebiete oder Gebiete des Schutzgebietsnetzes Natura 2000, sind erst wieder in Entfernungen von mehr als vier Kilometern ausgewiesen. (vgl. Abbildung 22). Die Waldfunktionen gemäß § 7 LWaldG sind in den Daten der FVA erfasst und dargestellt. Keines dieser Schutzgebiete und keine der fachlichen Ausweisungen bedeuten im Vorfeld einen Ausschluss für Windenergieanlagen, setzen jedoch bei der Planung von Windenergieanlagen eine Prüfung voraus.

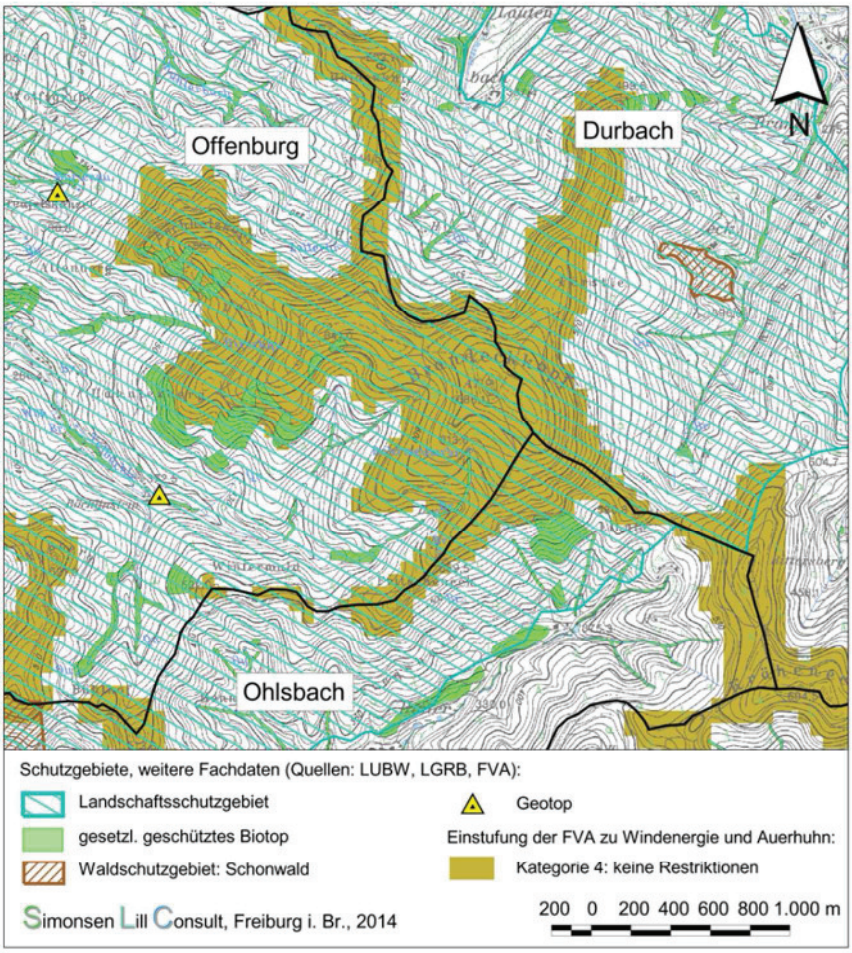

Abbildung 22 – Schutzgebietskulisse in den Gemeinden Offenburg, Durbach und Ohlsbach

3.3.2 Bewertung der Windenergiepotenziale

Nach einer vorläufigen Untersuchung verfügt der Bereich Brandeckkopf über gute Standorte für die Nutzung von Windkraft. Die Errichtung von mindestens 2 Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von jeweils mindestens 2,4 MW

und einer Nabenhöhe von rund 140 m könnte technisch und wirtschaftlich umsetzbar sein und 11% (12 Mio. kWh) des Stromverbrauchs der Offenburger Privathaushalte durch erneuerbare Energien decken (vgl. Abbildung 23).

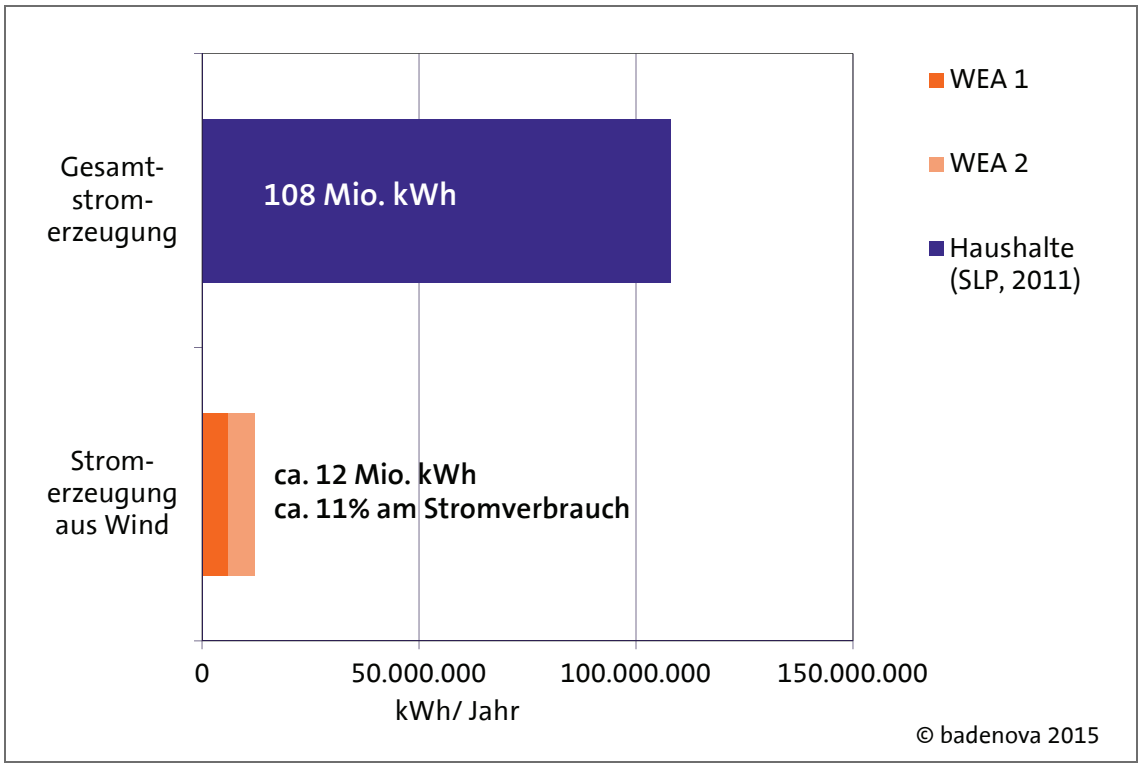

Abbildung 23 – Windenergiepotenzial 2 WEA in Relation zum Stromverbrauch der Privathaushalte in Offenburg

Durch die für den Schwarzwald typische „Kammlage“ der Standorte müsste beim Bau der Infrastruktur allerdings mit einem deutlichen Aufwand gerechnet werden, sowohl für die Logistik als auch für die Netzanbindung und Errichtung der Zuwegung. Zudem wurden sich aufgrund der Kammlage Beeinträchtigungen des Landschaftsbilds sowohl für Teile Offenburgs als auch für Nachbarkommunen ergeben.

3.3.3 Sachstand raumordnerische Planungen

Die Vereinbarte Verwaltungsgemeinschaft Offenburg hat in ihrem geltenden Flächennutzungsplan keine Vorranggebiete bzw. Konzentrationszonen für die Nutzung der Windenergie ausgewiesen.

In der Gesamtfortschreibung zum Kapitel Windenergie des Regionalplans Südlicher Oberrhein wurde die Erschließung des Standorts Brandeckkopf zurückgestellt.

Die Verwaltungsgemeinschaft Gengenbach befindet sich im Verfahren zur Teilfortschreibung ihres Flächennutzungsplans „Windenergie“. Die zu Gengenbach gehörenden Südhänge des Brandeckkopfes sind in den Unterlagen zur frühzeitigen Behördenbeteiligung als Suchraum dargestellt. Die Offenlage ist noch nicht erfolgt.

3.4 Bioenergie

3.4.1 Hintergrund

Biomasse ist in Bezug auf die nutzbaren Ressourcen als auch auf die Einsatzmöglichkeiten zur Deckung des Energiebedarfes eine sehr vielfältige erneuerbare Energiequelle.

Biomasse gilt als Energieträger, um

- Wärme bereitzustellen, z.B. durch die Verbrennung von Hackschnitzeln oder durch die Abwärme aus Biogasanlagen,
- Strom – wie z.B. in Holzheizkraftwerken oder in Biogasanlagen – zu erzeugen,
- über Biogas- und Biogasaufbereitungsanlagen Bioerdgas zu generieren.

Im Rahmen dieser Studie wurde das Potenzial für Biomasse im Stadtgebiet Offenburg durch eine empirische Erhebung ermittelt. Dabei wurden unter anderem das Massenaufkommen, die derzeitigen Verwertungskonzepte sowie die jahreszeitliche Verteilung des Aufkommens erfasst.

Biomasse als Energieträger in fester, flüssiger und gasförmiger Form nimmt in Deutschland insbesondere bei der Bereitstellung von regenerativer Wärme eine zentrale Rolle ein. Laut Bundesumweltministerium (Stand: Januar 2012) hatte die Biomasse in 2011 in Deutschland einen Anteil von 92% an der Wärmebereitstellung sowie etwa 32% an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen. Durch die Erfassung des Biomassepotentials sollen vorhandene technisch nutzbare Potenziale unter Berücksichtigung von strukturellen, ökologischen und administrativen Vorgaben aufgezeigt werden. Hierzu wurden neben dem reinen Massenaufkommen die jahreszeitliche Verteilung sowie die derzeitigen Verwertungswege bei den relevanten Akteuren im Stadtgebiet abgefragt.

Die Quellen für Biomasse zur energetischen oder stofflichen Nutzung sind vielfältig und in Abbildung 24 dargestellt.

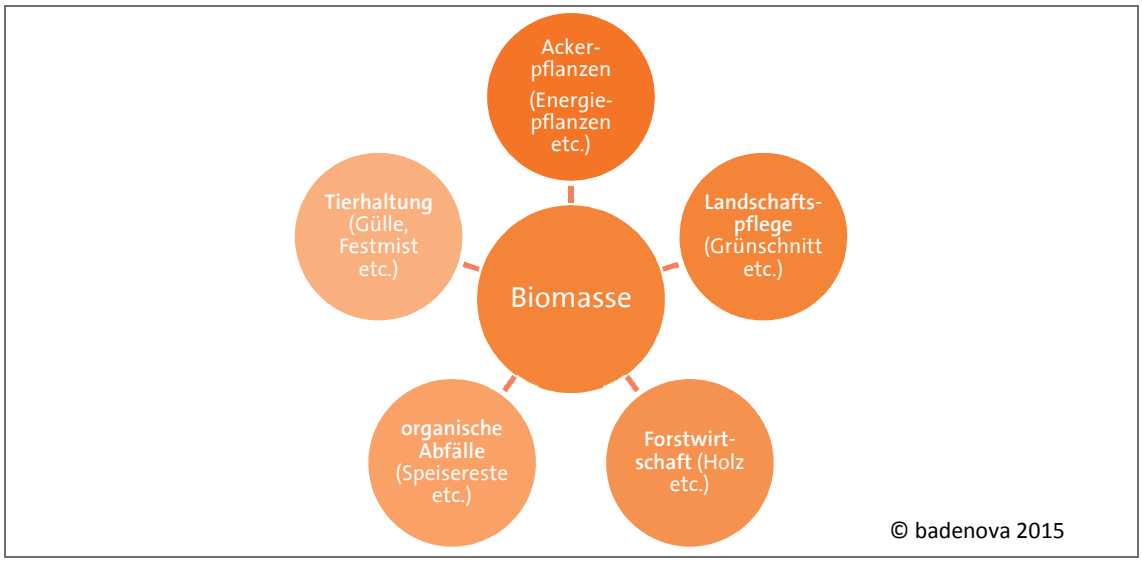

Abbildung 24 – Quellen für Biomasse zur energetischen oder stofflichen Nutzung

3.4.2 Bioenergiekapazitäten und Potenziale

Unterschiedlichste Biomassen können für eine energetische Nutzung eingesetzt werden. Eine effektive Nutzung von Biomasse wird durch eine Kaskadennutzung erreicht. An der Spitze dieser Pyramide steht die Nutzung von Biomasse als Nahrungsmittel. Erst in einer zweiten Nutzungsstufe wird eine stoffliche Nutzung der Biomasse, wie beispielsweise für die Herstellung von Baustoffen, Schmierstoffen oder Verpackungsmaterialien, überprüft. Erst im Anschluss ist eine energetische Nutzung sinnvoll. In dieser Studie wird daher - abgesehen von der Untersuchung der Potenziale für Energieholz - der Schwerpunkt auf das Energiepotenzial von Reststoffen gelegt.

3.4.2.1 Pflanzliche Sekundärprodukte

In Offenburg werden auf einer Fläche von 942 ha Ackerpflanzen kultiviert (siehe Abbildung 25). Auf 81% dieser Fläche werden verschiedene Getreidearten angebaut, wobei der größere Anteil mit knapp 50% auf Körnermais und ca. 26% auf Winterweizen entfällt. Silomais wird auf ca. 8% der gesamten Ackerfläche kultiviert. Die Dauergrünlandfläche beträgt 323 ha.

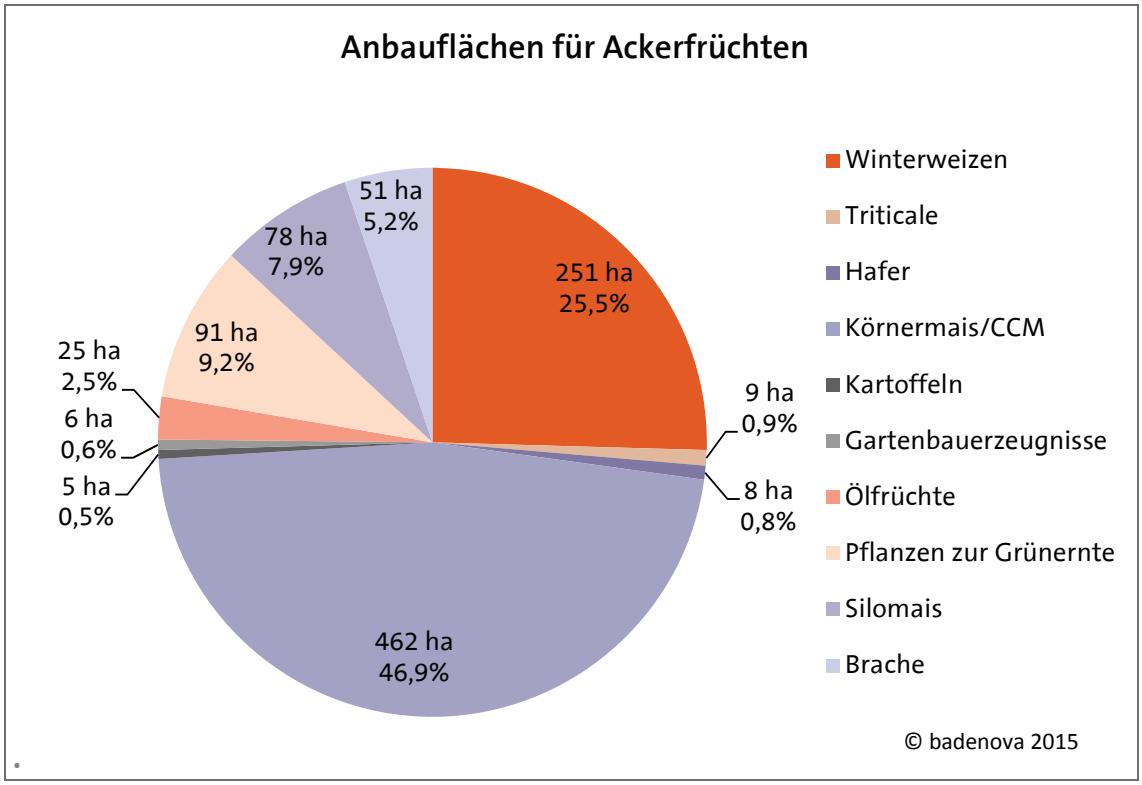

Abbildung 25 – Anbauflächen für die Kultivierung von Ackerfrüchten

Eine leicht nutzbare Quelle für Biomasse sind die Reststoffe, wie sie bei der Bewirtschaftung von Ackerflächen anfallen. Die meisten dieser organischen Reststoffe können als Substrat für eine Biogasanlage verwendet werden. In Abbildung 26 ist das jährlich in Offenburg verfügbare Energiepotenzial von Reststoffen in Biogasäquivalenten dargestellt. Dabei muss berücksichtigt werden, dass in dieser Studie theoretische Po-

tenziale abgebildet werden, die den Nutzen des bisherigen Verwertungspfads der Biomasse, wie beispielsweise zur Tierernährung, nicht abbilden.

Die größte Kapazität stellen die Reststoffe des Anbaus von Körnermais in Form von Maisstroh mit 2,6 GWh pro Jahr dar. Mais ist ein erprobtes Biogassubstrat mit einer hohen spezifischen Biogasausbeute. Entsprechend könnte die Bepflanzung von brachliegenden Flächen mit Energiemais aus energetischer Sicht sinnvoll sein, zumal dadurch 0,5 GWh pro Jahr an Energie zusätzlich generiert werden könnten. Dies sollte jedoch nicht ohne die Prüfung der Auswirkungen der Umwidmung dieser Flächen auf ökologische Folgen hin geschehen.

Grassilage von Dauergrünlandflächen weist ein Energiepotenzial von 1,3 GWh pro Jahr auf. Eine energetische Nutzung des anfallenden Weizenstrohs als Biogassubstrat bietet ein Potenzial von 0,6 GWh pro Jahr in Biogasäquivalenten.

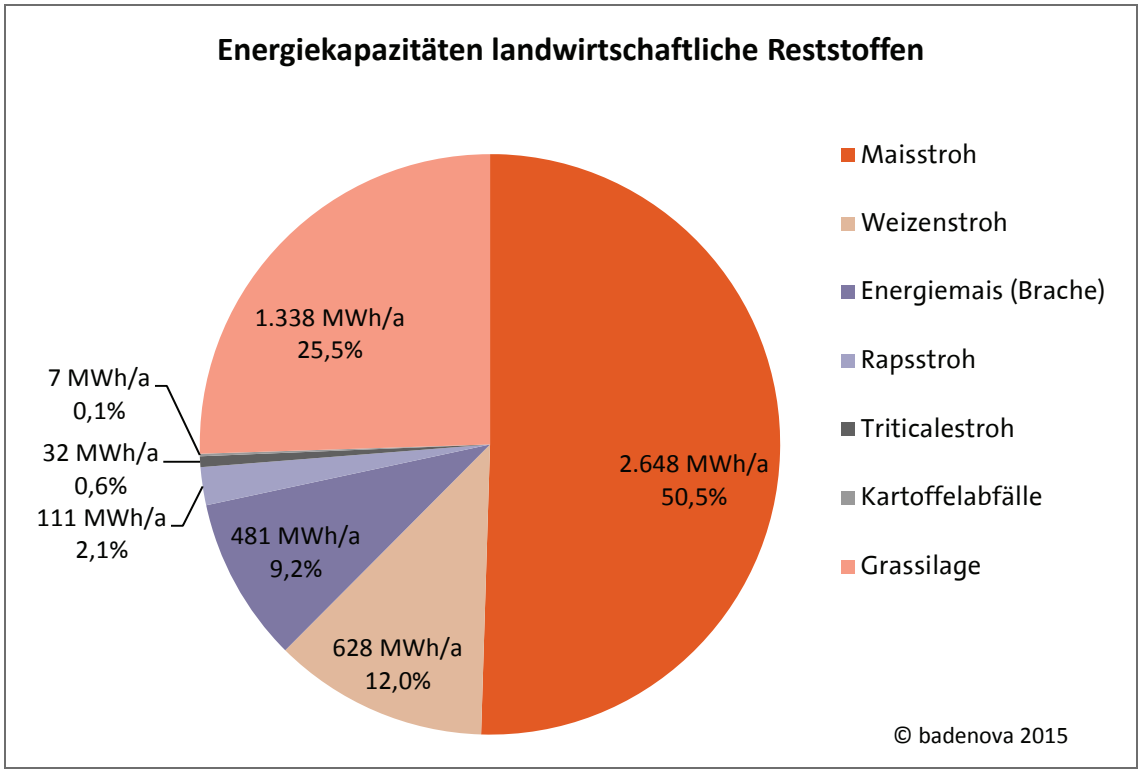

Abbildung 26 – Energiekapazitäten der landwirtschaftlichen Reststoffe

18 Haupterwerbslandwirte und 77 Nebenerwerbslandwirte produzieren das hier dargestellte Energiepotenzial der Sekundärstoffe. Aufgrund der jahreszeitlich stark schwankenden Verfügbarkeit der Biomasse ist eine vollständige Ausschöpfung der erhobenen Kapazitäten jedoch unwahrscheinlich. Je nach Marktpreisen der Ackerfrüchte ändert sich die Bepflanzung der Ackerflächen regelmäßig. Die berechneten Potenziale beziehen sich daher explizit auf das Datenjahr 2010.

Eine ökologische Bewertung der Nutzung dieser Biomasse ist abhängig von der Tatsache, ob diese Reststoffe als organischer Dünger oder zur Tierernährung genutzt werden. Im ersten genannten Fall stellt die Nutzung dieser Reststoffe in einer Biogasanlage

eine Steigerung der Wertschöpfung dar, da am Ende des Biogasprozesses erneut ein hochwertiger Dünger entsteht. Bei Letzterem ist eine Falluntersuchung notwendig, ob die als Tiernahrung genutzte Biomasse kostengünstig und unter ökologischen Gesichtspunkten betrachtet angemessen substituiert werden kann.

3.4.2.2 Tierische Exkremente

Ökologisch sinnvoll ist die Nutzung von tierischen Exkrementen als Biogassubstrat, aufbereitet in einer Biogasanlage. Dadurch wird eine zusätzliche Wertschöpfungsstufe geschaffen. Die vergorene Gülle bzw. der ausgefaulte Festmist kann als hochwertiger organischer Dünger auf das Feld ausgebracht werden.

Um eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Nutztieren gewährleisten zu können, wird der Viehbestand auf Großvieheinheiten (GV) umgerechnet. Grundlage ist das Lebendgewicht. Eine Großvieheinheit entspricht etwa dem Gewicht eines ausgewachsenen 500 kg schweren Rindes. Durch eine Umrechnung auf Großvieheinheiten kann der prozentuale Anteil der jeweiligen Tierart an der Viehhaltung in Offenburg angegeben werden. In Offenburg entfällt der größte Anteil der Viehwirtschaft mit 858 GV (entspricht ca. 71%) auf die Haltung von Rindern gefolgt von der Milchkuhwirtschaft mit 233 GV (siehe Abbildung 27).

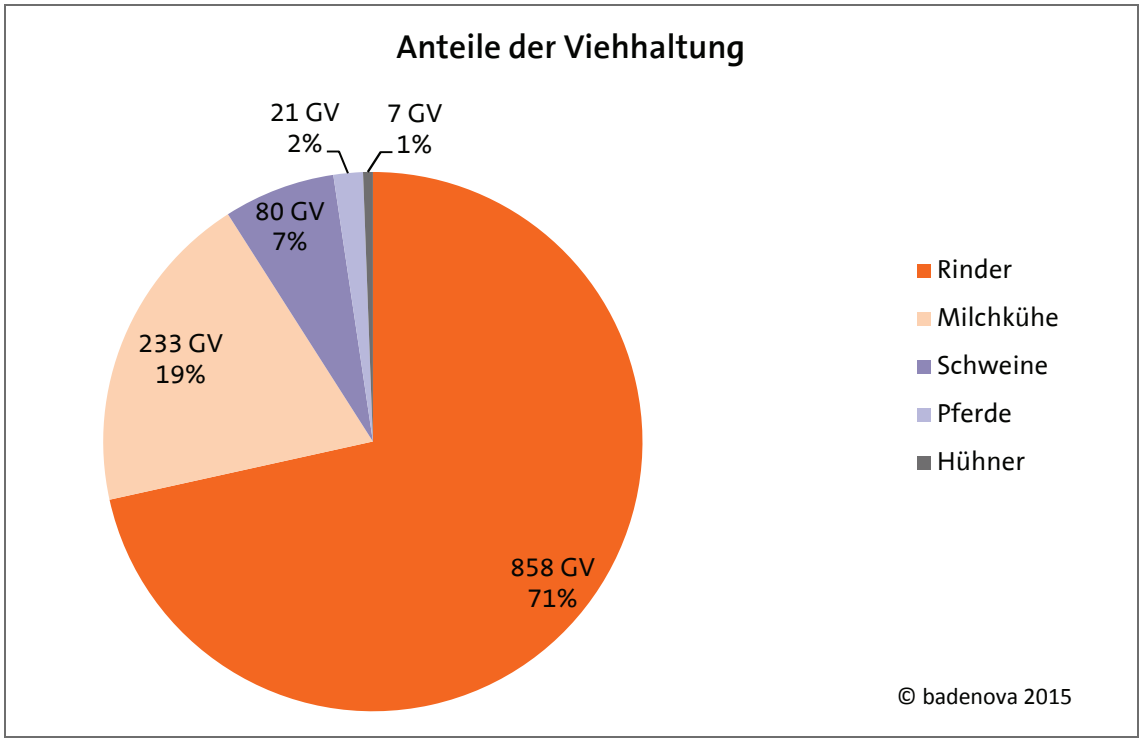

Abbildung 27 – Anteile der Viehhaltung in Offenburg

Abbildung 28 gibt eine Übersicht der Energiekapazitäten aus den tierischen Exkrementen in Form von Biogasäquivalenten. Die größte Biogaskapazität mit 869 MWh pro Jahr entsteht durch die Nutzung von Rindergülle. Der Energieinhalt der Ausscheidungen von 233 Milchkühen beträgt ca. 271 MWh pro Jahr.

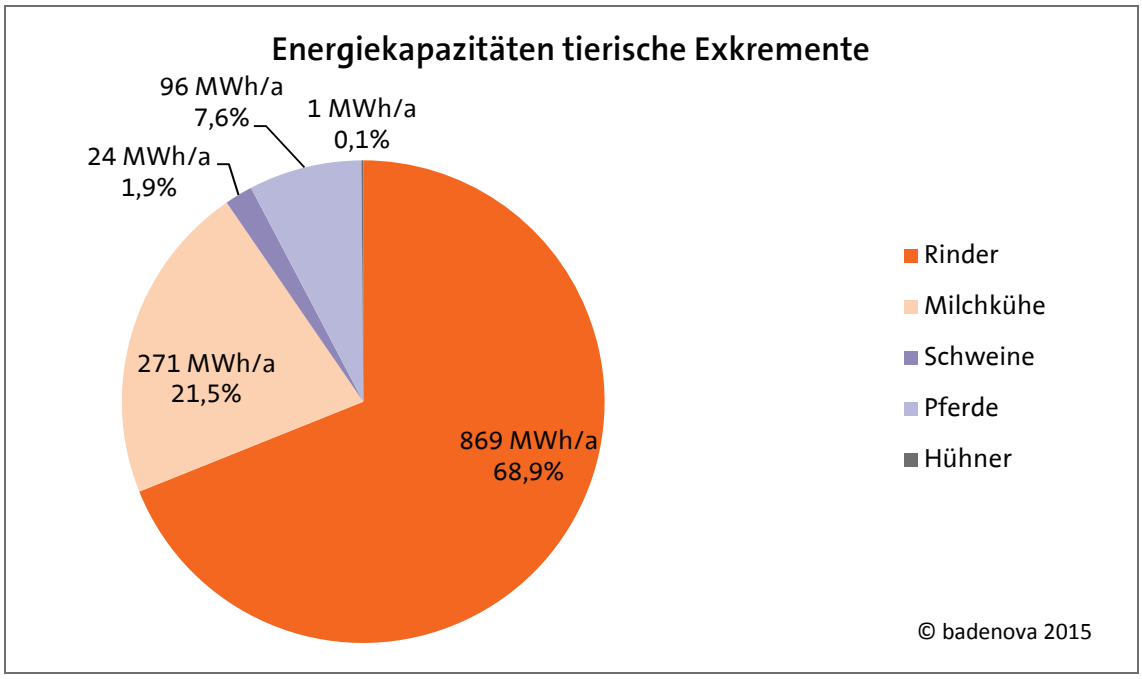

Abbildung 28 – Energiekapazitäten aus den tierischen Exkrementen in Offenburg

3.4.2.3 Forstwirtschaft

Die Quantifizierung der kommunalen Energieholzpotenziale konnte einerseits durch konkrete Holzeinschlagsdaten, andererseits durch die Auswertung von Erfahrungswerten der zuständigen Forstverwaltung durchgeführt werden. Abbildung 29 gibt einen Überblick über die lokale Waldbesitzverteilung. Von den 2.740 ha Wald in Offenburg sind ungefähr 2.285 ha Waldfläche in Stadtbesitz. Lediglich 290 ha befinden sich in privatem und knapp 165 ha in staatlichem Besitz.

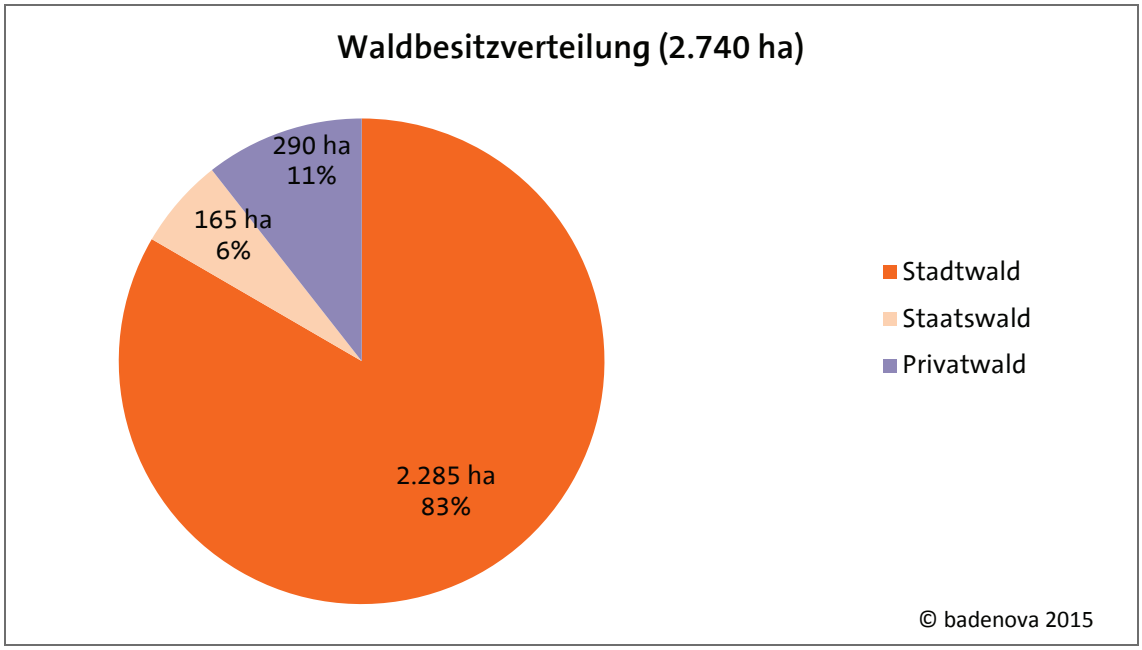

Abbildung 29 – Besitzverhältnisse der bewirtschafteten Waldflächen

Der jährliche Gesamtholzeinschlag in Offenburg beträgt etwa 16.300 Festmeter (fm). Davon werden 7.700 fm (47%) zur Energiebereitstellung, 4.250 fm (26%) als Sägerundholz und ca. 1.000 fm (6%) für industrielle Anwendungen genutzt. Die restlichen 3.350 fm (21%) verbleiben aus ökologischen Gründen im Wald, bzw. deren Aufarbeitung ist nicht wirtschaftlich möglich.

Von den 7.700 fm Energiehölzern werden ca. 7.000 fm als Stückholz sowie ca. 700 fm als Hackschnitzel (davon 150 fm Nadelholz und 550 fm sonstiges Laubholz) verwendet. Das Waldholz geht in der Regel nicht direkt in die Pelletsproduktion. Der Großteil der Pellets wird aus Restholz der Sägewerke, v.a. Sägemehl von der Verarbeitung von Stammholz, produziert.

In Abbildung 30 sind die Energieholzkapazitäten, welche derzeit genutzt werden, nach den verschiedenen Baumarten aufgeschlüsselt. Das eingeschlagene Holz hat einen Energieinhalt von 20,2 GWh, die in Wärme umgewandelt werden kann. Damit können ungefähr 1.000 Haushalte mit Wärme versorgt werden.

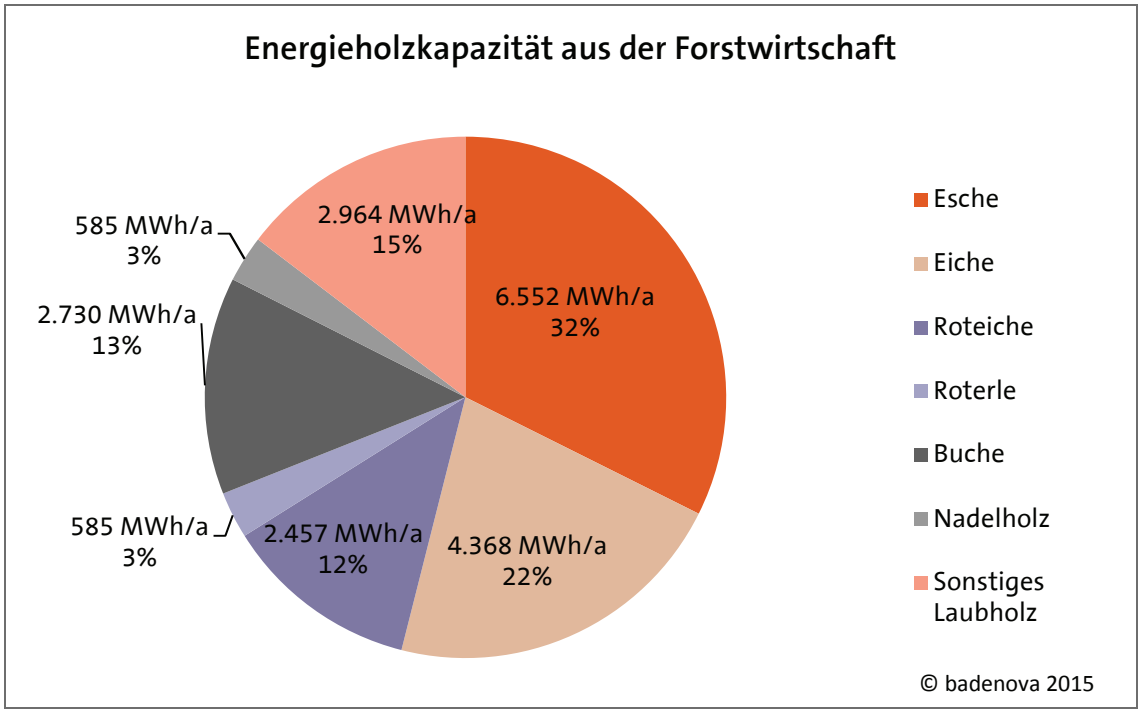

Abbildung 30 – Energieholzkapazität aus der Forstwirtschaft

Esche ist mit 3.600 fm pro Jahr die Baumart mit dem größten Einschlag. 66% davon werden einer energetischen Nutzung zugeführt. Entsprechend entfällt auf Esche rund ein Drittel des gesamten genutzten Energieholzpotenzials im Raum Offenburg. Mit 22% Anteil am Gesamteinschlag folgt Eiche, was einem Einschlag von 3.000 fm pro Jahr entspricht.

Auf Grundlage der vorliegenden Daten und nach Aussage des Waldwirtschaftsamts (Landratsamt) wird das Energieholzpotenzial unter ökologischen Gesichtspunkten bereits vollständig ausgeschöpft. Im Staatswald besteht eine große Nachfrage insbesondere durch Brennholzselbstversorger, weshalb die verwertbaren Kontingente vollstän-

dig genutzt werden. Im Privatwald bestehen noch potenziell ungenutzte Bestände, welche aber aufgrund der kleinen Parzellierung und der teilweisen schwierigen Erschließung nur unter erhöhtem Aufwand nutzbar wären und damit unwirtschaftlich sind.

Potenziale bestehen noch in der Effizienzsteigerung des Brennholzeinsatzes. Moderne Holzhackschnitzelheizkessel sind zum Beispiel in der Lage, über 90% der im Holz gespeicherten Energie bei geringen Emissionen in Wärme umzuwandeln. Demgegenüber haben alte Holzöfen zur Einzelraumheizung oft nur einen Wirkungsgrad von deutlich unter 50% und durch veraltete Abbrandtechniken hohe Emissionen.

3.4.2.4 Organische Reststoffe

Organische Reststoffe fallen bei der Verarbeitung von Nahrungsmitteln sowie landwirtschaftlichen Produkten und in Form von überlagerten Lebensmitteln, z.B. in Industriebetrieben, im Großhandel, in der Großgastronomie und in Privathaushalten, an. Eine energetische Nutzung von Reststoffen ist aus ökologischer Sicht sehr attraktiv, da keine Konkurrenz zu Nahrungsmitteln besteht und es sich teilweise um Abfallstoffe handelt, die bisher entsorgt werden müssen. Rest- und Abfallstoffe werden durch Vergärung zu Biogas energetisch nutzbar gemacht. In Abbildung 31 ist das energetische Reststoffpotenzial für Offenburg in Biogasäquivalenten dargestellt.

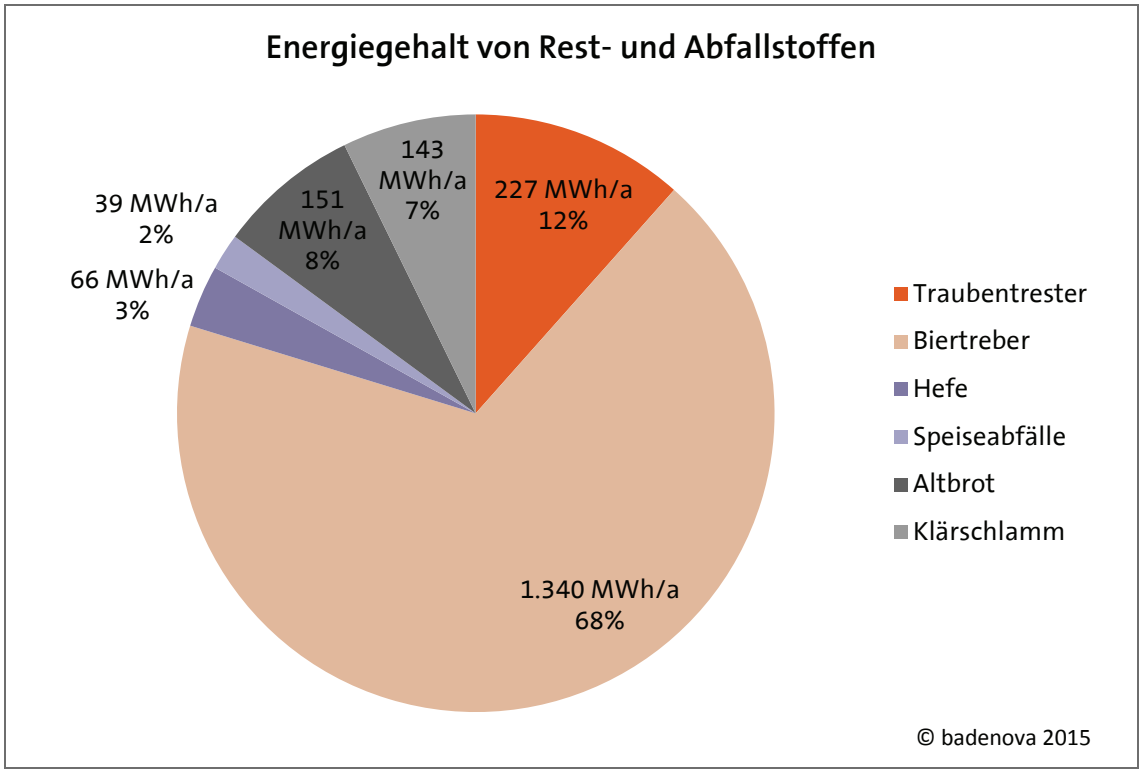

Abbildung 31 – Energiegehalt von Rest- und Abfallstoffen

Das größte Biogaspotenzial mit 1,4 GWh jährlich entfällt demnach auf Biertreber und Hefen. Ebenfalls vielversprechend ist mit einem Energiepotenzial von knapp 227 MWh

pro Jahr eine Nutzung von Traubentrester als Biogassubstrat. Die Substrate kämen jedoch von vier verschiedenen Ursprungsorten, weshalb dem relativ hohen Energiepotenzial hohe Transportkosten gegenüberstehen.

Speiseabfälle und Altbrotbestände eignen sich ebenfalls für eine energetische Nutzung. Die erhobenen Mengen haben jedoch eine Reihe unterschiedlicher Ursprungsorte, die sich auf das gesamte Stadtgebiet verteile, weshalb ein hoher Aufwand notwendig wäre, um diese Potenzial ausschöpfen zu können. Klärschlamm wird zum einen bereits größtenteils in der Kläranlage selbst verwertet; zum anderen ist der Einsatz als Biogassubstrat aufgrund einer potentiell hohen Belastung mit Schwermetallen und sonstigen Problemstoffen kritisch. Die derzeitigen Verwertungspfade und jahreszeitliche Verfügbarkeit der organischen Reststoffe können Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4 – Verwertungspfade und Verfügbarkeit organischer Reststoffe

Bezeichnung	Verwertung	Verfügbarkeitszeitraum
Traubentrester	Wirtschaftsdünger	September bis Oktober
Biertreber & Hefe	Tiernahrung	Ganzjährig
Speiseabfälle	Entsorgung durch Fachbetrieb	Ganzjährig abzgl. Urlaubszeiten
Altbrot	Tiernahrung, Brotspende	Ganzjährig abzgl. Urlaubszeiten
Klärschlamm	Thermische Verwertung	Ganzjährig

Abbildung 32 fasst das technische Potenzial der gesamten Biomassekapazität Offenburgs zusammen. Folgende Produkte wären dabei für die Biogasherstellung nutzbar:

- *Unter landwirtschaftliche Sekundärprodukte ist folgende Biomasse zusammengefasst:*
  - Maisstroh, Weizenstroh, Rapsstroh und Triticalestroh als organische Reststoffe der Feldbewirtschaftung
  - Energiemais, der auf Brachflächen kultiviert wird
  - Rückstände und Abfälle des Kartoffelanbaus (Schalen, Kartoffellaub usw.)
- *Bei tierischen Exkrementen ist folgende Biomasse zusammengefasst:*
  - Rinder-, Milchkuh-, Schweinegülle
  - Pferdemist und Hühnertrockenkot
- *Gewerbliche, organische Reststoffe:*
  - Traubentrester der Weinproduktion
  - Biertreber und -hefe aus der Bierherstellung
  - Kantinen- bzw. Speiseabfälle
  - Altbrot aus Bäckereien
- *Kommunale, organische Biomasse*
  - Klärschlamm
  - Grassilage von (kommunalen) Dauergrünlandflächen

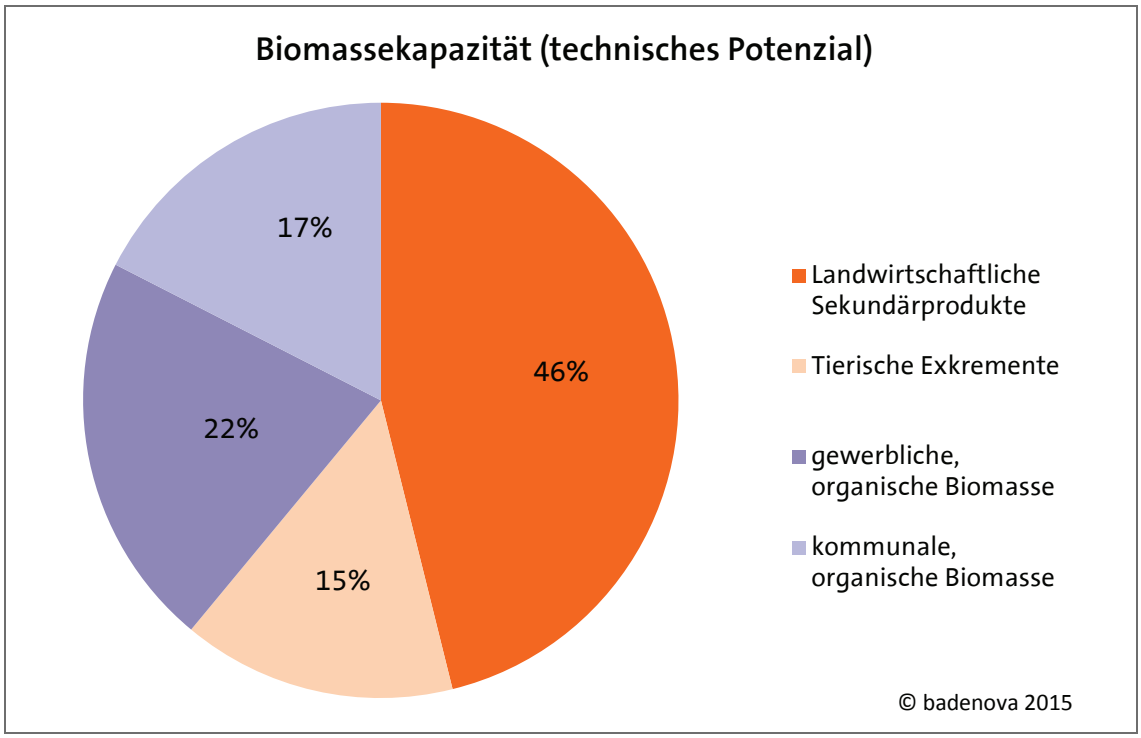

Abbildung 32 – Aufteilung der Biomassekapazität (technisches Potenzial) in Offenburg

Wie Abbildung 32 verdeutlicht, ergeben sich die größten Kapazitäten für die energetische Nutzung aus den landwirtschaftlichen Sekundärstoffen inkl. dem Anbau von Energiemais, der auf Brachflächen kultiviert wird. Die gesamte Biomassekapazität beläuft sich auf 8,5 GWh pro Jahr. Vor allem die Verwertung von Maisstroh und Weizenstroh sowie der Grassilage von Dauergrünlandflächen ist vielversprechend. Diese Reststoffe sind allerdings fester Bestandteil der Tierernährung, weshalb eine energetische Nutzung im Vorfeld zu prüfen ist. Lediglich die Nutzung von Biertreber, Altbrot sowie Traubentrester als Biogassubstrat bietet sich direkt an, da diese Reststoffe auf weniger Produzenten entfallen, was die Transportwege und damit –kosten gering halten würde.

Wie hoch der wirtschaftlich nutzbare Anteil der Biomasse ist, hängt vom Standort der Biogasanlage ab, da eine hohe Transportlogistik zur Bereitstellung der Biogassubstrate erforderlich ist. Zwar könnte die Kombination von Maisstroh, Grassilage, Rindergülle, Speiseabfällen, Traubentrester sowie Biertreber und Altbrot theoretisch ausreichend für eine Biogasanlage mit ungefähr 250 kW elektrischer Leistung sein, jedoch müsste für jeden Standort eine individuelle, standortspezifische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung vorgenommen werden. Aspekte wie weite Transportwege können bei kleinen Anlagen schnell zur Unwirtschaftlichkeit führen.

Ein Teil der Substrate wird bereits anderweitig verwertet. Beispielsweise werden Biertreber und Altbrot als Futtermittel gebraucht. Dieser Entsorgungspfad wird derzeit vom Gesetzgeber auf dessen hygienische Unbedenklichkeit geprüft.

3.5 Oberflächennahe Geothermie

3.5.1 Hintergrund

Geothermische Energie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Erdoberfläche, hier im Weiteren auch als Erdwärme bezeichnet. Sie findet ihre Anwendung in der Beheizung von Wohn- oder Arbeitsräumen, aber auch bei thermischen gewerblichen Prozessen. Umgekehrt unterstützt die Technik auch die Möglichkeit der Kühlung. Vor allem in Kombination von Erwärmung und Kühlung ergeben sich hier sehr wirtschaftliche und klimaschonende Anwendungen. Auch die Verstromung von Erdwärmeenergie ist – bei großen Bohrtiefen – möglich.

Auf dem Gebiet der Geothermie lassen sich drei wesentliche Techniken und ihre speziellen Anwendungen abhängig von der Eingriffstiefe unterscheiden:

1. *Oberflächennahe Geothermie (in der Regel bis in 150 m Tiefe bei < 25°C)*
2. *Tiefe Geothermie (in bis zu über 6000 m Tiefe bei > 25°C)*
3. *Hochenthalpie-Lagerstätten (in vulkanisch aktiven Gebieten mit > 100°C)*

Im Stadtgebiet Offenburgs kann lediglich die Oberflächennahe Geothermie effizient und sicher genutzt werden. Nach bisherigen Kenntnissen ist ein tiefengeothermisches Potenzial im Untergrund von Offenburg nicht gegeben. Die für den Oberrhein typischen, hydrothermal nutzbaren Tiefenaquifere, wie z.B. der Hauptrogenstein oder der Muschelkalk, liegen bereits in wenigen 100 m Tiefe. Bei einem normalen geothermischen Gradienten von 30° bis 40°C/km werden daher die notwendigen Temperaturen nicht erreicht.

Erst im Bereich der Oberrheinebene, z.B. bei Neuried, sind gute Bedingungen für die Tiefengeothermie anzutreffen. Ob es in unmittelbarer Umgebung von Offenburg thermale Wässer gibt, die entlang von Verwerfungen aus großer Tiefe aufsteigen, müsste aufwendig geprüft werden.

Hochenthalpie-Lagerstätten, also solche mit sehr hohen Temperaturen aufgrund vulkanischer Prozesse, treten in Deutschland allgemein nicht auf, da sie auf aktiv vulkanischen Gebieten gründen.

3.5.2 Oberflächennahe Geothermie und Wärmepumpen

Im oberflächennahen Untergrund kann mit den in der Abbildung 33 aufgezeigten Systemen Erdwärme genutzt werden.

Eine in der Regel elektrisch betriebene Wärmepumpe hebt die auf niedrigem Temperaturniveau anfallende Erdwärme auf das Niveau der Heizungsvorlauftemperatur. Aufgrund platzsparender Technik bei gleichzeitig hoher Effizienz finden erd- und grundwassergekoppelte Wärmepumpensysteme deutlich häufiger Anwendung, als Korb- oder Kollektorsysteme. Letztere lassen sich bodennah und risikolos nutzen, wenn ausreichend Grundstücksfläche zur Verfügung steht. Grundwasserwärmepumpensysteme hingegen können sehr hohe Wärmeleistungen generieren und finden daher auch im Gewerbebereich oder bei größeren Wohngebäuden Anwendung.

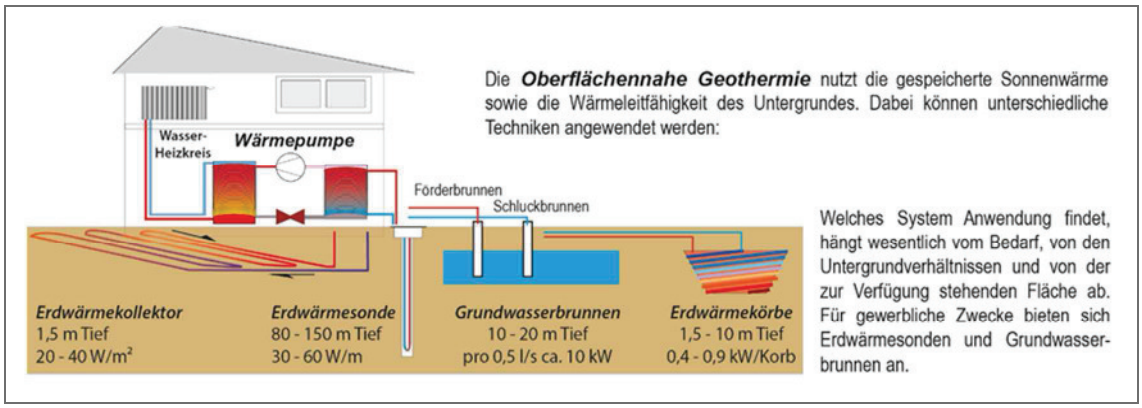

Abbildung 33 – Techniken der oberflächennahen Geothermie zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden und Prozessen im Wohn- und Gewerbebereich (Quelle: badenova)

Insbesondere im westlichen Teil Offenburgs, zwischen der Hauptbahnlinie und der Autobahn A5, kann mit günstigen Grundwasserverhältnissen gerechnet werden. Nach Angaben der Aufschlussdatenbank des Regierungspräsidiums Freiburg i. Br. – Abt. 9, LGRB – und den Angaben auf dem Infoportal Wärmepumpenatlas.de sind im betrachteten Gebiet bereits mindestens 53 Wärmepumpen im Einsatz.

Die durchgeführten geothermischen Potenzialanalysen beziehen sich auf die Anwendung der Erdwärmesonde. Abbildung 34 stellt die geothermische Effizienz des Untergrundes hinsichtlich der Nutzung von einzelnen Erdwärmesonden in Offenburg und Umgebung dar. Zu erkennen ist, dass die Effizienz von West nach Ost abnimmt und erst in den höheren Lagen von Fessenbach und Zell-Weierbach wieder zunimmt. In großen Teilen Offenburgs und seiner Umgebung wird eine hohe spezifische Wärmeentzugsleistung von bis zu 65 W/m Sondenlänge erreicht.

Dort wo artesisch gespannte Grundwässer auftreten, typischerweise entlang des Schwarzwaldrandes, sollten Erdwärmebohrungen nur in enger Abstimmung mit der zuständigen Behörde erfolgen. Die im Untergrund auftretenden Gesteinseinheiten bedingen Bohrrisiken, die im Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (ISONG) des Regierungspräsidiums Freiburg i. Br. - Abt. 9, LGRB - erläutert werden.

Neben den dort aufgeführten Risiken sollte auch beachtet werden, dass in den westlichen Bereichen von Offenburg ein kritischer Stockwerksbau im quartären Grundwasserleiter auftreten kann. Auch hier sollten Erdwärmebohrungen in enger Abstimmung mit der Behörde erfolgen, um zielgerichtet präventive Techniken einzusetzen.

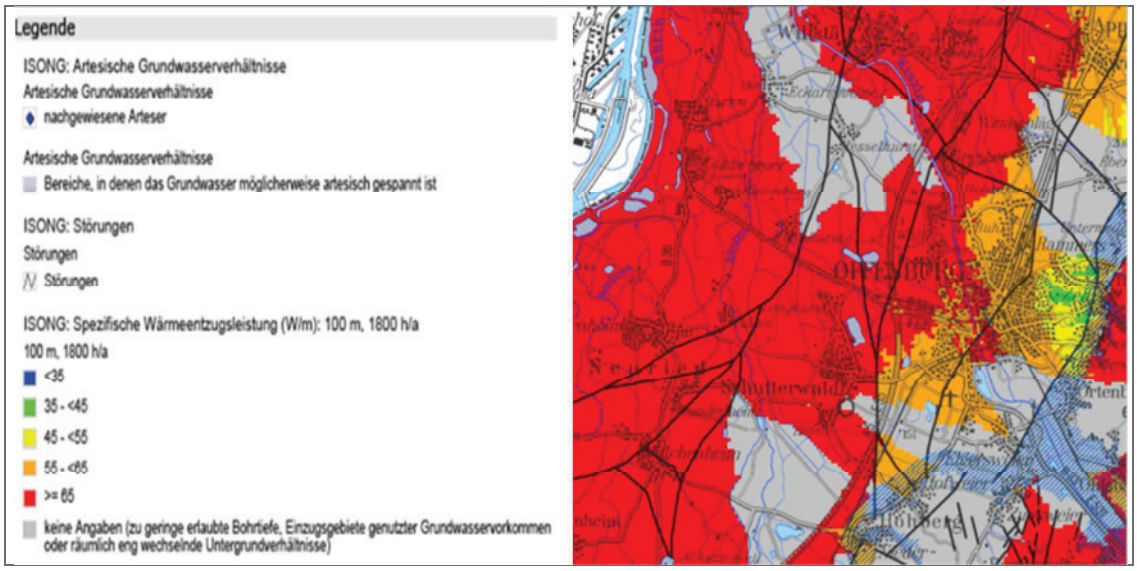

Abbildung 34 – Übersicht über die geothermische Effizienz des Untergrundes, dem Verlauf von Verwerfungen und dem Auftreten artesisch gespannter Grundwässer; Quelle: ISONG Baden-Württemberg

3.5.3 Geothermische Potenziale

Im Rahmen der Energiepotenzialstudie wurde mit Unterstützung eines Geographischen Informationssystems (GIS) die potenzielle Nutzung von Erdwärme für die Wärmebereitstellung in Offenburg analysiert. Grundlage bildet neben dem geologischen Kartenmaterial des Regierungspräsidiums das im Rahmen dieser Studie erstellte Wärmekataster. Die detaillierteren Ergebnisse in Form von Umsetzungsempfehlungen finden sich in Kapitel 5.2.

Die Berechnungen haben ergeben, dass, ungeachtet der wasserschutzrechtlichen und geologischen Voraussetzungen, der Wärmebedarf von Wohngebäuden in der Stadt Offenburg zu 30 bis 50% durch Erdwärmenutzung gedeckt werden könnte. Hier wurde von einer Sondenlänge von bis zu 150 m ausgegangen (siehe Tabelle 5). Dieses theoretische Potenzial ist jedoch weder wirtschaftlich noch ökologisch sinnvoll.

Um das Erdwärmepotenzial klimafreundlich nutzen zu können, ist es nötig, die Heizungsvorlauftemperaturen auf maximal 55°C zu reduzieren. Dies geht nur bei gut isolierten Gebäuden. Je niedriger diese Vorlauftemperatur ist, desto günstiger wird das Verhältnis von regenerativer Wärmenutzung zum Stromverbrauch der Wärmepumpe und desto höher fällt die und CO_2-Einsparung aus.

Vor allem bei älteren Gebäuden setzt dies im Allgemeinen umfangreichere Sanierungsmaßnahmen voraus, denn erst ab neueren Altersklassen wurden die Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen und somit der Wärmebedarf der Gebäude deutlich reduziert. Energetische Sanierungen sind folglich eine sinnvolle Maßnahme zur Reduktion des Wärmebedarfs und damit Voraussetzung, um ein Gebäude ökologisch und wirtschaftlich mit Erdwärme beheizen zu können.

Für die folgenden Berechnungen werden alle Gebäude ab Baujahr 1969 einbezogen. Ältere Gebäude haben häufig nicht die Voraussetzung um durch energetische Sanierung die nötige Reduktion des Heizwärmebedarfs wirtschaftlich umzusetzen. Zur Po-

tenzialermittlung wird weiterhin vorausgesetzt, dass die Gebäude der Baujahre 1969 – 1994 eine Sanierung auf das Niveau der 3. Wärmeschutzverordnung von 1995 erfahren würden, denn nur darüber lassen sich die ökologisch positiven Effekte garantieren.

Tabelle 5 fasst die errechneten Potenziale für Offenburg zusammen:

Tabelle 5 – Quantitative Potenziale zur Abdeckung des Gebäudewärmebedarfs in Offenburg unter Verwendung von bis zu 150 m bzw. 99 m langen Erdwärmesonden

Maximale Sondenlänge	Theoretisches Potenzial (alle Gebäudealtersklassen nicht wirtschaftl. noch ökologisch)	Potenzial vor Sanierung (nur Ein- bis Zwei-Familien-Wohngebäude ab 1995)	Gesamtpotenzial nach Sanierung der Gebäude (Gebäude ab 1969, ökologisch sinnvoll)
150 m	53%	2%	27%
99 m	35%	<2%	23%
99 m (Wasser als Sole)	18%	<1%	17%

Die Tabelle zeigt, dass heute zwischen 18 und 53% des Wärmebedarfs der Wohngebäude Offenburgs durch Erdwärme gedeckt werden könnte. Dies ist jedoch nur das technische Potenzial das weder wirtschaftlich noch ökologisch sein dürfte. Ökologisch sinnvoll hingegen ließe sich mit großer Sicherheit Erdwärme bei allen Ein- und Zwei-Familienhäusern, die nach der dritten Wärmeschutzverordnung von 1995 errichtet wurden, einsetzen. Dieses Potenzial würde ca. 1 bis 2% des Wohnwärmebedarfs der Stadt ausmachen und kann als das minimale, aktuell umsetzbare und ökologisch sinnvolle Potenzial (ohne weitere Sanierungen) angesehen werden. Nach Sanierung auf das Niveau der dritten Wärmeschutzverordnung ließen sich auch Gebäude ab 1969 mit in die Berechnung einbinden. Hierdurch würde das ökologisch sinnvolle Potenzial auf 17 bis 27% des zukünftigen Wärmebedarfs der Wohngebäude steigen (basierend auf dem heutigen Wärmebedarf vor weiterführenden Sanierungen entspricht dies ca. 14 bis 21%). Ein zusätzliches Potenzial an grundwassergekoppelten Wärmepumpensystemen ist zwar gegeben, jedoch wegen der Notwendigkeit von hydrogeologischen Voruntersuchungen quantitativ nicht erfassbar.

Um die Akzeptanz der Bewohner für die Nutzung von Erdwärme zu stärken, müsste die Stadt von unabhängiger Stelle vorab überprüfen lassen, wie sich die Sicherheit in den hervorgehobenen Arealen bei der Anwendung von Erdwärmesonden maximieren lässt. Gleichzeitig ließe sich bei dieser Vorgehensweise sowohl der ineffiziente Betrieb von Erdwärmesonden verhindern als auch der regenerative Anteil der Heizwärmeversorgung erhöhen. Darüber hinaus sollten Hausbesitzer bei Sanierung oder Heizanlagentausch darauf hingewiesen werden, dass die Analyse der Erdwärmepotenziale sinnvoll ist.

Unabhängig von den oben getroffenen Aussagen müssen grundsätzlich die Angaben des LGRB in Baden-Württemberg beachtet werden. Alle geothermischen Bohrungen unterliegen der Erlaubnispflicht durch die zuständige Behörde. Die vielfältigen Möglichkeiten der finanziellen Förderung von Wärmepumpensystemen können unter der

Homepage des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) abgerufen werden.

3.6 Zusammenfassung Potenziale erneuerbare Energien

- **Solarenergie:** Sehr großes Dachflächenpotenzial für solare Nutzung. Angenommen, keine bauphysikalischen und städtebaulichen Einschränkungen ständen der vollständigen Nutzung entgegen und das gesamte Dachflächenpotenzial würde ausschließlich für die Stromerzeugung genutzt, könnte dieser zusätzlich erzeugte Solarstrom (164 Mio. kWh/Jahr) den Stromverbrauch der Offenburger Privathaushalte 1,5-fach (157%) decken.
- **Wasserkraft:** Nach aktuellem Stand der Technik ist das Offenburger Wasserkraftpotenzial mit den beiden Anlagen „Mühlbach“ und „Großer Deich“ vollständig ausgeschöpft.
- **Windenergie:** Laut Windatlas verfügt Offenburg über einen windhöffigen Standort am Brandeckkopf. Angenommen dieses errechnete Potenzial würde sich durch Messungen bestätigen, ließen sich an diesem Standort durch zwei Windkraftanlagen mit einer Leistung von je 2,4 MW rund 11% (12 Mio. kWh) des Stromverbrauchs der Offenburger Privathaushalte decken.
- **Biogas:** Die Erhebung und Analyse der landwirtschaftlichen Substratpotenziale sowie der Rest- und Abfallstoffe aus Nahrungsmitteln, wie sie in Kantinen, Bäckereien, Lebensmittelgroßmärkten oder Brauereien entstehen, konnte keine konkret umsetzbaren Potenziale identifizieren.
- **Energieholz:** Auf Grundlage der vorliegenden Daten und nach Aussage des Waldwirtschaftsamts (Landratsamt) wird das Energieholzpotenzial unter ökologischen Gesichtspunkten bereits vollständig ausgeschöpft. Potenziale bestehen noch in der Effizienzsteigerung des Brennholzeinsatzes.
- **Oberflächennahe Geothermie**: In mehreren Bereichen der Stadt können erdgekoppelte Wärmepumpen sinnvoll eingesetzt werden (vgl. Kapitel 5.2). Bei Einsatz von Wärmepumpen im gesamten Stadtgebiet und nach vorhergehender Sanierung (Annahme: nur Gebäude ab Baujahr 1969) könnten potenziell 14 - 21% des Wärmebedarfs (entspricht im Mittel ca. 78.700 MWh) der Wohngebäude ökologisch sinnvoll durch Erdwärme gedeckt werden.
- **Stroms aus erneuerbaren Energien:** Der Anteil des in Offenburg erzeugten Stroms aus erneuerbaren Energien könnte mit den ermittelten Potenzialen aus Wind- und Solarstrom von derzeit rund 3% (2011) auf **fast 50% ausgebaut** werden.
- **Wärme aus erneuerbaren Energien**: Der Anteil der in Offenburg erzeugten Wärme aus erneuerbaren Energien könnte mit den ermittelten Potenzialen aus Solarthermie und Erdwärme von derzeit rund 2% (2011) **auf 18% ausgebaut** werden.

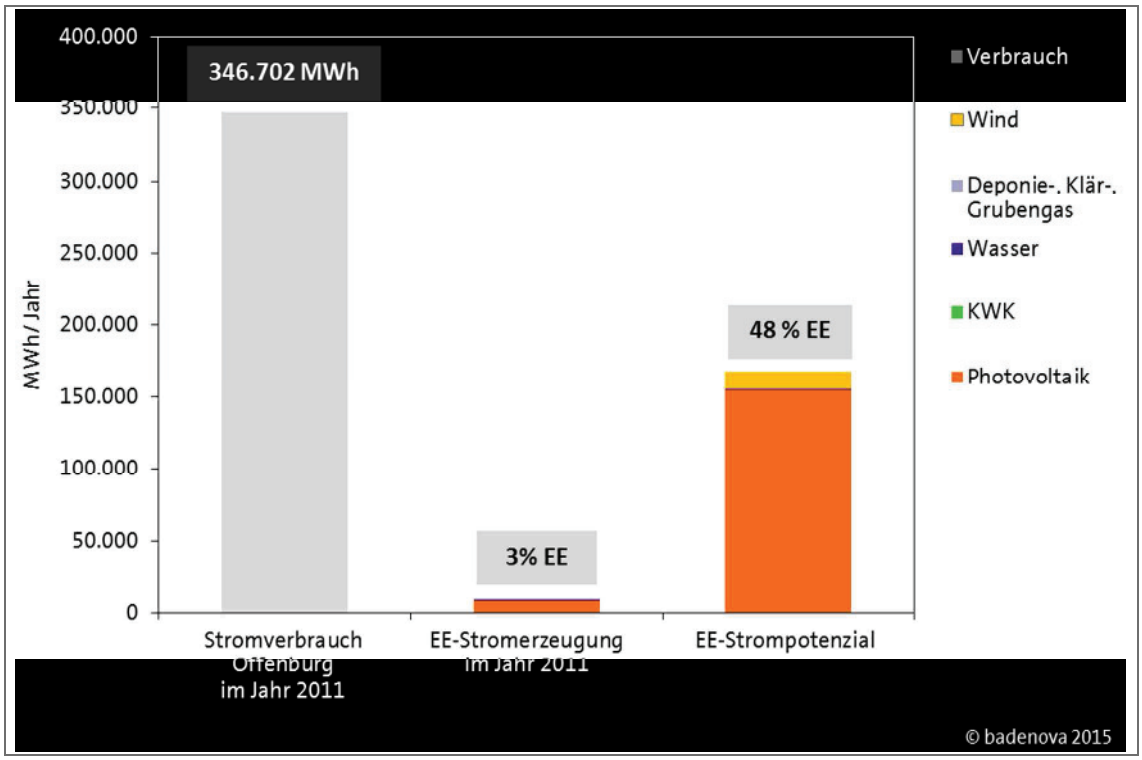

Abbildung 35 – Potenziale für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (EE-Strom)

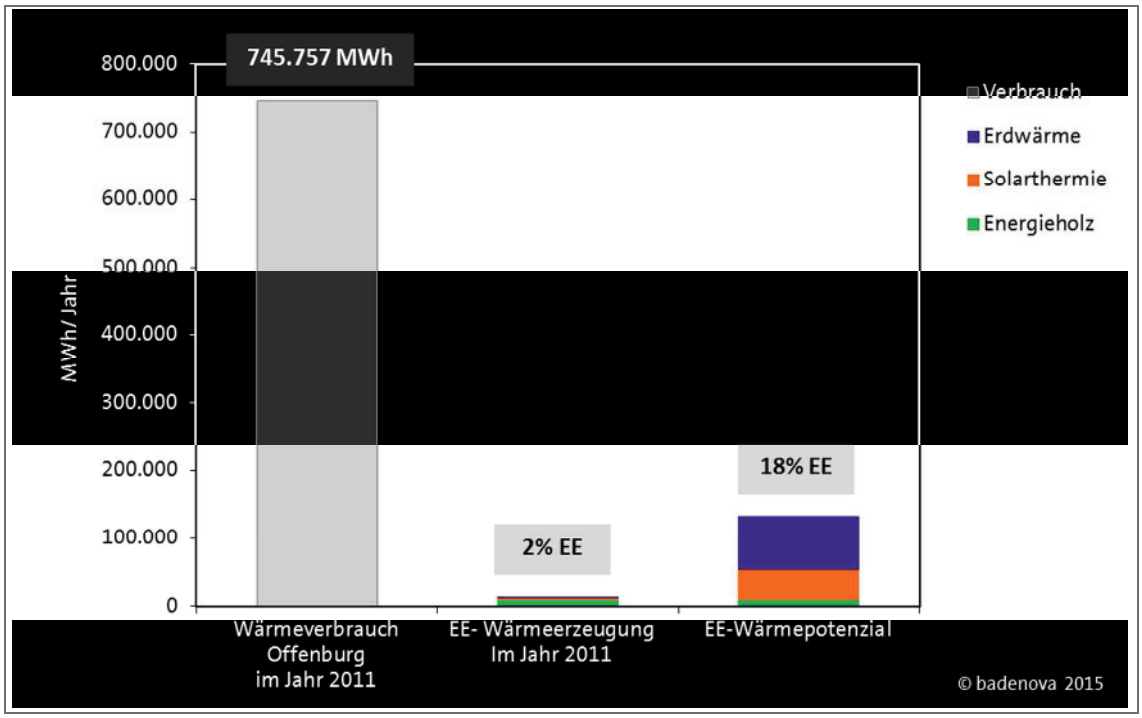

Abbildung 36 – Potenziale für die Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien (EE-Wärme)