

Positionspapier

Geothermische saisonale Speicherung von Wärme im Landkreis Ahrweiler

Bert Droste-Franke, Davy van Doren, Markus Voge,

Erstellt im Auftrag des Zukunftsregion Ahr e.V., <https://zukunftsregion-ahr.de/>

Inhalt

Einleitung	2
Geothermische Speicherung im Landkreis Ahrweiler	2
Eckdaten geothermischer Speicherung im Landkreis Ahrweiler	2
Geothermische Speicherung von Wärme	2
Geologische Bedingungen im Landkreis Ahrweiler	4
Erneuerbare Wärme und Strom im Landkreis Ahrweiler	6
Maximalpotentiale erneuerbarer Energien	6
Spezialfall Flächenpotentiale	11
Möglichkeiten der Nutzung innovativer Technologien als Ergänzungen	17
Agri-Photovoltaik und ihr Potential im Kreis Ahrweiler	17
Wasserkraft und ihr Potential im Kreis Ahrweiler	19
Diskussion von Beispielkonstellationen zur Umsetzung geothermischer Speicher	21
Solarthermie und geothermischer Speicher	22
Kraftwärmekopplung und geothermischer Speicher	22
Erneuerbarer Strom und geothermischer Speicher	22
Mögliche Rollen innovativer Technologien	22
Mögliche Rollen eines geothermischen Speichers in Nahwärmenetzen im Ahrtal	23
Fazit	24

Einleitung

Mit der Nutzung erneuerbarer Energien verändert sich die Energieversorgung in wesentlichen Bereichen. Technisch gesehen werden in großem Ausmaß Energieträger wie Kohle und Öl durch direkte Energiequellen wie Sonne und Wind ersetzt. Damit wird eine Energieversorgung, die auf Brennstoffen als Energiespeicher basiert, durch eine Versorgung ersetzt, die nicht immer vorhandenen Energiequellen Sonneneinstrahlung und Wind nutzt. In einem rein erneuerbaren System gibt es entsprechend nur sehr wenig Speichermöglichkeiten. Speicher im größeren Maße sind automatisch nur bei der Nutzung von Biomasse vorhanden. Weitere Speichermöglichkeiten müssen erst geschaffen werden. Ein wichtiger Punkt bei Energiespeichern ist es, dass Energieverluste möglichst gering gehalten werden sollten. Hohe Verluste führen dazu, dass mehr Erzeugungsanlagen benötigt werden.

Vor diesem Hintergrund liegt der Fokus dieses Papiers auf einer neuen Technologie, einem saisonalen geothermischen Speicher mit mitteltiefen Bohrungen. Mit ihm kann Wärme im Sommer gespeichert und im Winter genutzt werden. Das ermöglicht es, in Kombination mit üblichen Pufferspeichern, sich mit rein erneuerbaren Energiequellen zu versorgen. Als eine solche Quelle kann beispielsweise die Wärmestrahlung der Sonne über Solarthermie-Anlagen direkt genutzt werden. Durch die Sonnenstrahlung wird in einem Solar-Kollektor eine Flüssigkeit erwärmt. Diese wird an einen Speicher im Haus übertragen, aus dem in Gebäuden Warmwasser und Heizwärme erzeugt werden kann. So ein Speicher wird üblicherweise über mehrere Stunden erwärmt und durch die Nutzung im Haus dann wieder abgekühlt. Wärme kann aber auch mit normalen Heizungen durch Verbrennung von Biomasse bzw. Biogas erzeugt werden. In diesem Fall kann der Verlauf der Wärmeerzeugung gesteuert werden. Das gilt auch, wenn Kraft-Wärmekopplungsanlagen genutzt werden, mit denen gleichzeitig Wärme und elektrischer Strom produziert wird. Auch hier finden jedoch auch Speicher Verwendung. Ein Grund ist, dass oft weniger Verluste entstehen, wenn die Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen gleichmäßig durchlaufen und die Wärme zur späteren Nutzung zwischengespeichert wird.

Im Folgenden werden zunächst die Möglichkeit der saisonalen geothermischen Speicherung vorgestellt, die Möglichkeiten erneuerbarer Energienutzung und innovative Technologien im Bereich Wasser und Solare Stromerzeugung in Kombination mit landwirtschaftlich genutzten Flächen vorgestellt. Dabei werden die Technologien vorgestellt und jeweils grob auf die Potentiale im Landkreis Ahrweiler eingegangen. Des Weiteren werden Vor- und Nachteile bzw. Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Kombinationen von mitteltiefen saisonalen geothermischen Speichern mit Solarthermie, mit Kraftwärmekopplungsanlagen und die Nutzung erneuerbaren Stroms diskutiert. Zusätzlich werden mögliche Rollen innovativer Technologien diskutiert. In einem letzten Teil wird der Einsatz des saisonalen Speichers in bereits umgesetzten und geplanten Nahwärmenetzen im Landkreis andiskutiert. Schließlich wird ein Fazit aus den Betrachtungen gezogen.

Geothermische Speicherung im Landkreis Ahrweiler

Eckdaten geothermischer Speicherung im Landkreis Ahrweiler

Geothermische Speicherung von Wärme

Wärmespeicherung kann in verschiedenen Formen erfolgen. Zum einen kann Wärme direkt in Materialien als fühlbare oder sensible Wärme gespeichert werden, wobei die Materialien erhitzt bzw. abgekühlt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Nutzung von Phasen-Übergängen wie Schmelz oder Sedimentationsprozessen (latente Wärmespeicherung). Die dritte Möglichkeit besteht darin reversible endotherme Reaktionen zu nutzen und die Reaktionsprodukte zu trennen (thermochemische Energiespeicherung) (vgl. Sterner und Stadler 2014). Während sensible Speicherung bei saisonalen Speichern bereits umgesetzt wird, sind thermochemische und latente Wärmespeicherung noch nicht konkurrenzfähig (Welsch et al. 2018). Daher konzentrieren wir uns hier auf

die Möglichkeiten „sensibler“ Speicherung, also der Speicherung in einem Speichermedium, bei der die Temperatur des Mediums entsprechend ansteigt. Wichtig zur Konstruktion von Wärmespeichern sind die Wärmekapazität und die Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Stoffe. Da Wasser eine hohe Speicherkapazität aufweist, wird dieses meist im flüssigen Zustand für die Speicherung von Wärme verwendet (zwischen 0 und 100 °C). Bei höheren Temperaturen steigt der Druck stark an, so dass die Speicherung höhere Anforderungen an Materialien stellt. Wasser wird vor allem vielfach zur kurzfristigen Speicherung in Pufferspeichern eingesetzt.

Der Schwerpunkt hier ist die saisonale Speicherung von Wärme. Diese erfolgt typischerweise unterirdisch, entweder in Aquiferspeichern, Kavernenspeichern, Erdbecken-Speicher, Erdwärmesonden- oder Erdwärmekollektorspeichern.

Bei einem Aquiferspeicher werden natürliche Grundwasserleiter genutzt. So wird hierbei typischerweise Wasser an einer Stelle eingespeichert und an einer anderen Stelle wieder ausgespeichert. Für Aquiferspeicher benötigt man idealerweise einen Grundwasserleiter mit geringen Wärmeleitfähigkeiten nach oben und unten sowie einer geringen Fließgeschwindigkeit. Geologisch geeignete Bereiche finden sich in Deutschland vor allem im Alpenvorland und in Norddeutschland.

Ein Kavernenspeicher ist ebenfalls stark von den geologischen Gegebenheiten abhängig. Neben, etwa durch Bergbau, künstlich hergestellten Hohlräumen können natürliche Hohlräume, die mit Wasser gefüllt und zur Speicherung genutzt werden. Voraussetzung ist eine hohe Dichtigkeit der unterirdischen Hohlräume.

Erdbeckenspeicher können mit selbsttragender Decke oder mit abgestützter Abdeckung gebaut werden. Beide weisen Vor- und Nachteile auf. Vor allem die Wärmedämmung nach außen besteht noch Entwicklungspotential. Nach einer Studie des Borderstep Instituts aus 2013 (Clausen 2013) sind bisher etwa 50 bis 80 Prozent Wärmeverluste möglich. Auch in einer früheren Studie werden sehr hohe Verluste bei Erdbeckenspeichern festgestellt (Bauer et al. 2008).

Erdwärmekollektorspeicher sind vor allem bei kleinen Gebäuden im Einsatz. Der Flächenbedarf im Außenbereich ist sehr hoch und entspricht etwa dem Doppelten der Wohnfläche. Er kann auch nicht überbaut und nur gering bepflanzt werden. Zudem ist die Verlegung kostspielig. Für größere Wärmebedarfe wie die eines ganzen Ortes ist dies nicht die geeignete Variante.

Erdwärmesondenspeicher (EWS) gibt es in verschiedenen Varianten. Oberflächennahe EWS werden sehr häufig bei Häusern eingesetzt. Auch zur Versorgung von kalten Nahwärmenetzen werden sie umgesetzt (vgl. Nahwärumsetzung in Rech und Altenburg). In Altenburg etwa, werden 75 Bohrungen mit einer Tiefe von 120 Metern genutzt. Oberflächennahe Speicherung von Wärme kann allerdings Probleme mit sich bringen, wenn hohe Abflüsse von Wasser vorherrschen.

Mitteltiefe EWS gehen bis ca. 1000 m Tiefe und erschließen damit ganz andere Bodenschichten. Dadurch, dass in den oberflächennahen Schichten thermische Isolierungen genutzt werden, entsteht an der Oberfläche nur eine sehr geringe thermische Beeinflussung (vgl. Abbildung 1). Es werden Schichten genutzt, die nur eine geringe Durchlässigkeit für Flüssigkeiten haben. Der Wärmetransport erfolgt im Wesentlichen konduktiv, über die Erwärmung der Umgebung und ohne Materialtransport. Dadurch ergibt sich ein höheres Temperaturniveau als in Oberflächennähe. Diese Technologie erfordert keine besonderen geologischen Bedingungen. Es reichen typische Felschichten aus.

Vielversprechende Konstellationen für mitteltiefe geothermische Speicher wurden in Welsch et al. (2016) durchgerechnet. Demnach erfolgt die Beladung des Speichers mit 70 bis 110 °C. Temperaturen beim Entladen des Speichers gehen von 10 bis 50 °C. Für eine warme Nahwärme wird der Einsatz einer Wärmepumpe empfohlen, um konstante Temperaturen von z.B. 55 °C zu erreichen. Als optimaler Abstand der Bohrlöcher voneinander wird 5 Meter ermittelt. Ein Feld mit 37 Bohrlöchern hätte so eine Breite von etwas über 30 Metern. In dem Beispielfall mit 500 Metern Tiefe werden pro Jahr 10-12 GWh eingespeichert und 8-9 GWh ausgespeichert. Die Speichereffizienz steigt vor allem in den ersten 3-6 Jahren auf über 80% an. Erreichbare Speichereffizienzen werden als 83% angegeben.

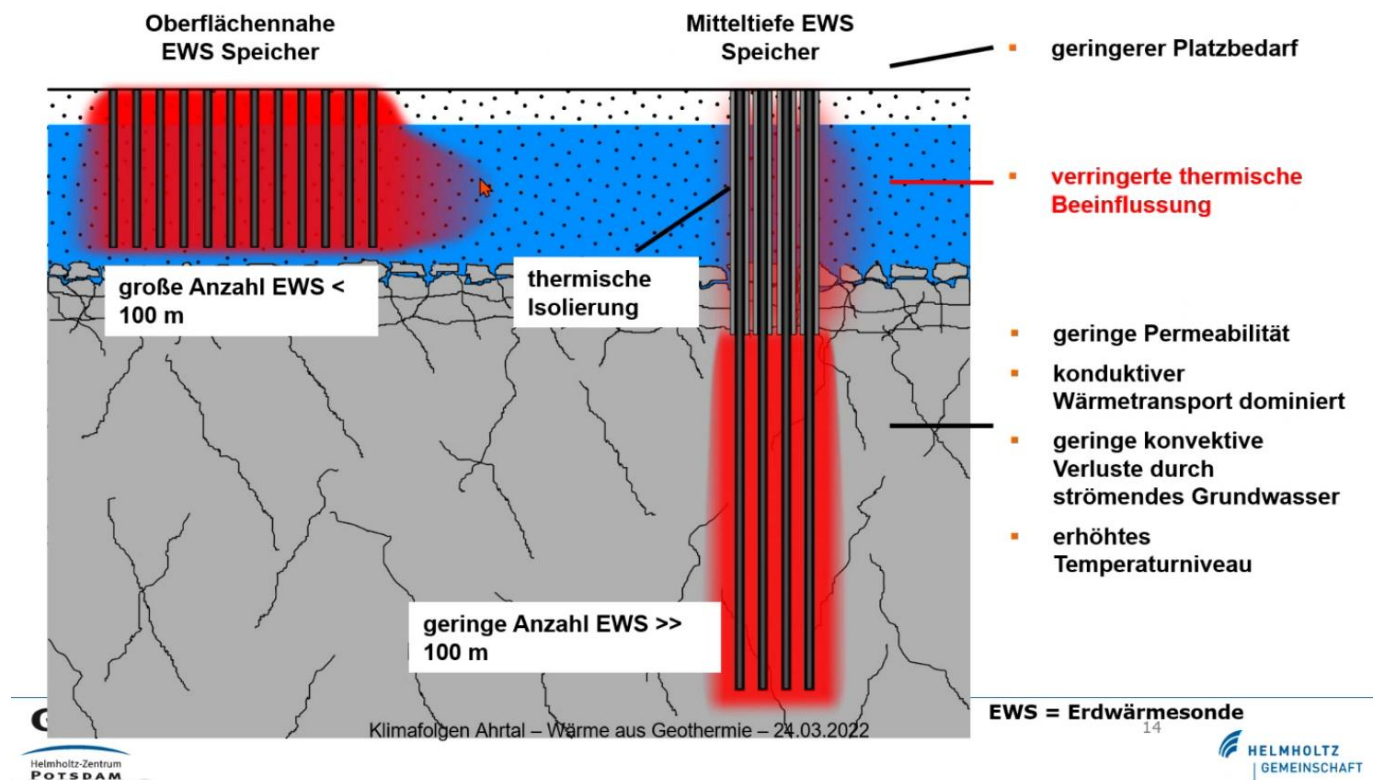


Abbildung 1 Vorteile mitteltiefer Erdwärmesondenspeicher gegenüber oberflächennaher Speicherung (Quelle: Sass 2022)

Geologische Bedingungen im Landkreis Ahrweiler

Die thermische Nutzung des Untergrunds (thermische Geothermie) spielt in verschiedenen Zusammenhängen im Landkreis Ahrweiler bereits eine Rolle. Vor allem wird oberflächennahe Wärme für die Wärmeerzeugung in Gebäuden verwendet. In 2020 waren ca. 660 Anlagen installiert. Bei einer Zubaurate von 20-30 Anlagen und 39 Anlagen in 2020 werden es mittlerweile über 700 Anlagen sein (Landkreis Ahrweiler et al. 2022). Neben diesen Anlagen werden im Landkreis vor allem warme Quellen genutzt. Nutzungen sind vor allem Trink-/Brauchwassergewinnung, Thermalbäder/Kurbetrieb und CO₂-Gewinnung¹. Die Entwicklung der Anlagen hat sich mit der Flutkatastrophe im Ahrtal im Juli 2021 sicherlich geändert. Zahlen dazu liegen den Autoren aktuell nicht vor.

Interessante Gebiete für die geothermische Speicherung von Wärme sind in erster Linie die in der Nähe von warmen Nahwärmenetzen. Solche Netze sind in Bad Neuenahr-Ahrweiler und Marienthal installiert und für Dernau und Mayschoss geplant.

¹ Geothermisches Informationssystem (GeotIS): <https://www.geotis.de/geotisapp/templates/locationall.php?bula=D>

Was die Bodenbeschaffenheit angeht, gibt es insgesamt im Landkreis nur wenige Bohrungen, vor allem im Ahrtal. Die Durchlässigkeit des oberen Grundwasserleiters ist gleichzeitig in der Nähe der Ahr sehr hoch (s. Abbildung 2, rosa Bereiche). Die geologische Übersichtskarte für den Landkreis zeigt in den meisten Bereichen, auch entlang der Ahr, Gestein aus dem Devon, Unterdevon, Siegen und Mittelsiegen, typischerweise eine „Wechselagerung aus Ton-, Silt- und überwiegend Sandstein“ (orange Bereiche in Abbildung 3). Die roten Bereiche in sind ebenfalls aus dem Devon, Unterdevon, Siegen, jedoch eher Untersiegen, typischerweise „Ton- und Siltstein mit Einschaltungen von Sandstein“. Vor allem in interessanten orangenen Bereich herrscht Sandstein vor. Nach Meyer (2013, 36ff) sind die unteren Siegen-Schichten bei Dernau etwa 700 m mächtig und werden Richtung Osten hin dünner. Die Mittleren Siegensschichten weisen bei Dernau eine Dicke von etwa 1000 m auf. Diese Schichten wären somit dick genug um Bohrungen von 500 bis 1000 m durchzuführen.

Mit Wärmekapazitäten Sandstein mit $0,82\text{--}1\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ergeben sich volumetrische Wärmekapazitäten von $2,05$ bis $2,5\text{ MJ}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$ (Dehner 2024). Das ist sehr ähnlich zu den angenommenen $2,3\text{ MJ}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$ in Welsch et al. (2016). Die Werte von Tonstein sind ähnlich (ebd.). Für die Wärmeleitfähigkeiten ergeben sich nach dem Landesamt für Geologie und Bergbau in Rheinlandpfalz im Devon im Mittel (jeweils in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$): $2,53$ für Tonstein, $2,96$ für Sandstein, $2,48$ für Tonstein bis Feinsandstein und $2,6$ für Silt- bis Tonstein.² Damit passt auch die Annahme von $2,6\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ in Welsch et al. (2016) gut zu den Annahmen über die vorherrschenden Bodeneigenschaften im Landkreis Ahrweiler. Auf den ersten Blick scheint daher die Region sehr geeignet für den Bau einer solchen Anlage zu sein. Genaue Auskunft darüber kann allerdings nur eine konkrete Machbarkeitsstudie vor Ort geben, in der unter anderem die Bodeneigenschaften genauer untersucht werden.

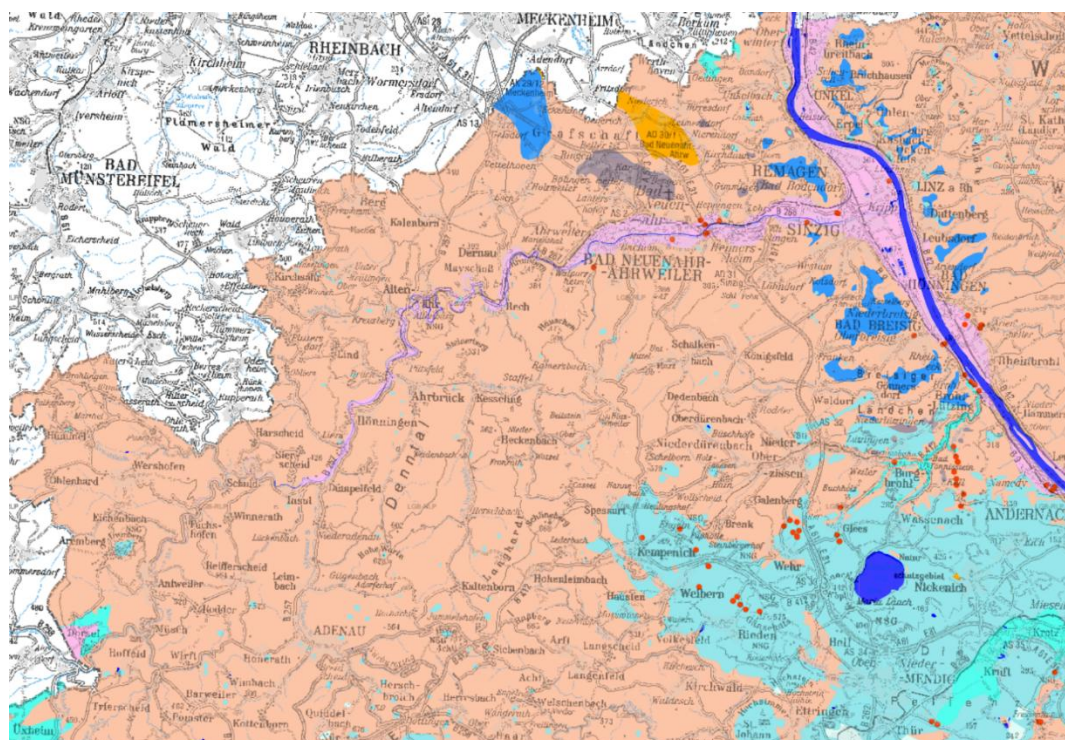


Abbildung 2 Bohrungen und Durchlässigkeit des oberen Grundwasserleiters im Landkreis Ahrweiler (Quelle: https://mapclient.lgb-rlp.de/?app=lgb&view_id=11, ©LGB-RLP <Jahr des Datenbezugs>, dl-de/by-2-0, www.lgb-rlp.de [Daten bearbeitet])

² https://www.lgb-rlp.de/fileadmin/service/lgb_downloads/erdwaerme/waermeleitfaehigkeiten/wlf_rlp_ausgabe.pdf

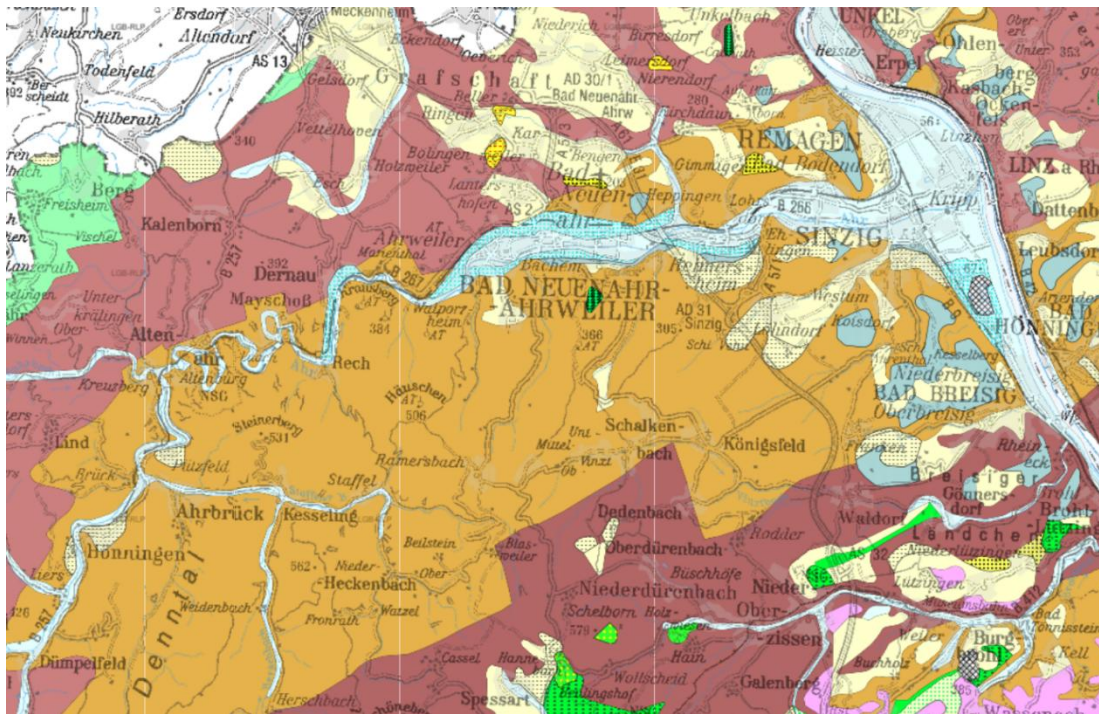


Abbildung 3 Geologische Übersichtskarte des Landkreises Ahrweiler (Quelle: <https://mapclient.lgb-rlp.de/>, ©LGB-RLP <Jahr des Datenbezugs>, dl-de/by-2-0, www.lgb-rlp.de [Daten bearbeitet])

Erneuerbare Wärme und Strom im Landkreis Ahrweiler

Maximalpotentiale erneuerbarer Energien

Um Wärme speichern zu können, muss sie zunächst erzeugt werden. Dazu können verschiedene Technologien verwendet werden. Zum einen können erneuerbare Quellen direkt vor Ort genutzt werden, um z.B. mit Hilfe von Solarthermie Wärme zu erzeugen. Das kann auf dem Dach oder auf einer freien Fläche erfolgen. Aufgrund hoher Transportverluste sollten diese Anlagen möglichst in der Nähe der Wärmenutzung installiert sein. Deswegen ist das Potential abhängig von den lokal bestehenden Nutzungsmöglichkeiten der Wärme. Zudem ist es möglich Biomasse in Heizkesseln zu verbrennen, um daraus Wärme zu erzeugen. Diese Optionen werden weiter unten im Zusammenhang konkreter mit den bestehenden und geplanten Nahwärmenetzen im Landkreis Ahrweiler diskutiert, in denen sie auch schon vorgesehen sind.

Eine weitere Option ist die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien und seine Nutzung zum Betrieb von Wärmepumpen zur effizienten Erzeugung von Wärme. Dazu können Potentiale auch weiter entfernt von der Wärmeherzeugung genutzt werden. Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden ein Überblick über in bisherigen Studien ermittelte technisch mögliche Maximalpotentiale zur Erzeugung erneuerbaren Stroms im Kreis Ahrweiler gegeben werden. Außerdem werden die im Projekt EnAHRgie in 2017 abgeleiteten Potentiale auf den heutigen Stand der Technik aktualisiert. Die Ergebnisse sind in

Tabelle 1 zusammengefasst.

Folgende Studien werden gegenübergestellt:

„EnAHRgie 2017“: Energiekonzept für den Landkreis Ahrweiler aus dem Projekt EnAHRgie (Schaffrin et al. 2017)

„EnAHRgie Update 2024“: Für dieses Papier erstellte Aktualisierung der Potentiale aus „EnAHRgie 2017“. Dabei wurden die Flächen selbst und die Kriterien zu ihrer Festlegung nicht angetastet. Rechtliche Änderungen seit 2017 wie eine Reduktion des Mindestabstands von Windenergieanlagen zu Siedlungsflächen von 1100 m auf 900 m könnten zu größeren/anderen Potentialflächen führen, konnten für dieses Papier aber nicht berücksichtigt werden. Auch bei der Freiflächen-Photovoltaik wurden die ursprünglichen Flächen, die lediglich Straßen und Schienenwege flankieren, nicht verändert. Inzwischen hat eine Öffnungsklausel durch das Land Rheinland-Pfalz die Nutzung weiterer Flächen ermöglicht. Anstatt die EnAHRgie-Flächen zu erweitern, wird allerdings auf die Potentialflächen der „CISS TDI 2021“ sowie „PGMW 2024“ verwiesen. Allerdings wurden aktuelle Bestandsdaten aus dem Marktstammdatenregister (MaStR) herangezogen und für den Zubau der heutigen Stand der Technik bei Erneuerbaren Energieanlagen angenommen. Außerdem gibt es eine Abschätzung des Agri-PV-Potentials.

„CISS TDI 2021“: Weißflächenanalyse durch die Firma CISS TDI aus Sinzig in Zusammenarbeit mit der Kreisverwaltung Ahrweiler zur Bestimmung von Potentialflächen für Windkraft und Freiflächen-Photovoltaik

„PG Mittelrhein-Westerwald 2024“ (PGMW): Von der Planungsgemeinschaft Mittelrhein-Westerwald im Rahmen der 1. Teilfortschreibung des regionalen Raumordnungsplans Mittelrhein-Westerwald 2017 (RROP 2017) erstellte Vorranggebiete Windenergienutzung und Vorbehaltsgebiete für Freiflächen-Photovoltaikanlagen, Offenlagebeschluss vom 6. Juni 2024, Quelle: <https://mittelrhein-westerwald.de/index.php/teilfortschreibung-erneuerbare-energien>.

„SolAHRtal 2021“: Impulskonzept für den Wiederaufbau: „Aus Ahrtal wird SolAHRtal“, Weber, Clausen, Waffenschmidt, Tvrtković, Hergert, 17. September 2021

„iKSK 2022“: Integriertes Klimaschutzkonzept für die eigenen Zuständigkeiten des Landkreises Ahrweiler, Kreisverwaltung Ahrweiler, Michael R. Schäfer, Wilhelm L. Schulz, 30.09.2022

Die errechneten Potentiale unterscheiden sich teilweise deutlich zwischen den Studien. Auch die bei Flächenanlagen berücksichtigten Flächen sind sehr unterschiedlich, wie in den Potentialkarten zu erkennen ist. Insgesamt ergeben sich aus den detaillierten Studien Potentiale von ca. 1.300 bis 2.200 GWh/a für Windkraft. Sollten Schutzzonen ausgeweitet werden, verringern sie sich entsprechend (s. Tabelle 2). Die Entwicklung ist allerdings derzeit stark im Fluss. Eine gute Grundlage wird es mit ausgewiesenen Vorrangflächen geben (s. auch Hinweise und Diskussion zur Berechnung der Flächenpotentiale unten).

Bei Freiflächenphotovoltaik sind in der CISS TDI Studie deutlich mehr Flächen berücksichtigt. Damit ergibt sich ein Potential für gute Flächen zu knapp 2.000 GWh/a. Für Photovoltaik auf dem Dach wurden knapp 500 GWh/a abgeschätzt. Werden auch Anlagen auf Fassaden hinzugenommen, kommt man auf Potentiale von ca. 1.000 GWh/a. Die Abschätzung des Potentials für Agri-Photovoltaik, der Nutzung von Photovoltaik auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, hängt stark von der angenommenen Fläche ab. Unter der Annahme der Nutzung von 5% der Obst-, Gemüse-, Acker- und Weinbaufläche sowie 2% der Grünfläche kommt man auf gut 170 GWh/a. Das Klimaschutzkonzept des Landkreises kommt hier insgesamt auf 1.100 GWh/a. Eine detaillierte Potentialstudie für die Obstbauflächen im Landkreis wird aktuell von Fraunhofer ISE ausgearbeitet. Mit ihrer Veröffentlichung wird in den nächsten Wochen gerechnet. Bei Wasserkraft und Biogas wurden die Zahlen aus der originalen EnAHRgie-Studie

(2017) verwendet. Diese sind verglichen mit den übrigen Potentialen sehr gering. Die Wasserkraftpotentiale wurden neu gerechnet, kommen aber auf dasselbe Ergebnis wie in EnAHRgie 2017. Dies wird im Abschnitt "Möglichkeiten der Nutzung innovativer Technologien als Ergänzungen" diskutiert.

Für die Nutzung erneuerbaren Stroms zur saisonalen Speicherung von Wärme sei darauf hingewiesen, dass hier trotz sehr großer Windenergiepotentiale die Photovoltaik eine entscheidende Rolle spielen kann. Denn da die Erzeugung von Wärme während des Sommers zeitlich mit dem Ertragsmaximum der Photovoltaik zusammenfällt, eignet sich diese ideal, um Überschüsse in sommerlichen Mittagsstunden lokal nutzen zu können. Gleichzeitig bietet sich die Umwandlung des PV-Stroms in Wärme durch eine Luft-betriebene Wärmepumpe an, sodass die hohen Umgebungstemperaturen genutzt werden und zu einer sehr hohen Arbeitszahl führen können. Dadurch kann voraussichtlich ein Wirkungsgrad größer als 100% und damit eine deutlich größere Energiemenge als mit Solarthermie erreicht werden. Überschüsse aus Windenergie und anderen Quellen können natürlich trotzdem genutzt werden, wenn diese verfügbar sind.

Zu beachten ist, dass es sich bei den hier angegebenen Potentialen um technisch mögliche Maximalpotentiale handelt. Durch ökonomische, ökologische und soziale Restriktionen wird nur ein Bruchteil davon tatsächlich umsetzbar sein. Der im September 2024 vorgelegte ["Controlling-Bericht für das integrierte Klimaschutzkonzept des Landkreises Ahrweiler"](#) gibt an, dass sich derzeit Freiflächen-PV-Anlagen auf einer Gesamtfläche von 100 Hektar mit einem voraussichtlichen Ertrag von 100 GWh/a in der Planung befinden, was schon ein beträchtlicher Anteil am Gesamtpotential ist. Außerdem laufen laut Controlling-Bericht in allen acht Kommunen des Kreises Ahrweiler aktuell Planungen für neue Windenergieanlagen. Die Kreisverwaltung hält 16 neue Windkraftanlagen bis 2030 für "objektiv optimistisch" (siehe Controlling-Bericht, Seite 30), trotz Einschränkungen u.a. durch Schutzabstände zum neu ertüchtigten militärischen Weltraumbeobachtungsradar „Radom“ in Wachtberg. Das würde also einen Zubau von ca. 80 MW und einen zusätzlichen Ertrag von etwa 220 GWh/a bedeuten.

Tabelle 1 Überblick über verschiedene Abschätzungen der technischen Maximalpotentiale der erneuerbaren Stromproduktion im Kreis Ahrweiler (Bestandsanlagen plus Zubau), bzw. im Falle von SolAHRtal Bestand plus Zubau für 100% Versorgung durch EE. Graue Zahlen bedeuten, dass die Studie diese Erzeugungsart nicht betrachtet oder keine Werte angegeben hat und die Werte aus dem EnAHRgie Update übernommen wurden.

		EnAHRgie 2017	EnAHRgie Update 2024	CISS TDI 2021	PG Mittelrhein- Westerwald 2024	SolAHRtal 2021	iKSK 2022
Windkraft	Fläche (ha)	930	940	1.625	1.627	-	-
	Anlagen	91	92	159	159	ca. 54	59
	Leistung (MW)	257	460	795	795	190 – 200	177
	Ertrag (GWh/a)	721	1.288	2.226	2.226	532 – 560	482
Freiflächen-PV	Fläche (ha)	169	161	2.030*	479	240	344
	Leistung (MW)	68	150	2.019*	468	ca. 225	310
	Ertrag (GWh/a)	61	147	1.979*	458	ca. 220	293
Dach-PV	Leistung (MW)	442	515	515	515	ca. 225	1.280 (Fassade: 529, Balkon: 4,5)**
	Ertrag (GWh/a)	381	470	470	470	ca. 220	1.046 (Fas- sade: 370, Balkon: 3,6)
Agri-PV	Fläche (ha)	-	700	700	700	700	80
	Leistung (MW)	-	175	175	175	175	1.113
	Ertrag (GWh/a)	-	172	172	172	172	1.091
Wasserkraft	Leistung (MW)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Ertrag (GWh/a)	3	3	3	3	3	2,8
Biogas	Leistung (MW)	4,3	4,3	4,3	4,3	-	5,2
	Ertrag (GWh/a)	16,8	16,8	16,8	16,8	17	24
Summe	Ertrag (GWh/a)	1.183	2.097	4.867	3.346	1.164 – 1.192	2.939
Strombedarf	GWh/a	ca. 570 (Prognose für 2030)		-	-	820 – 1.050 (Prognose für 2025 – 2030)	619 (Jahr 2019)

* Nur die als „gut geeignet“ markierten Flächen aus der Weißflächenanalyse von CISS TDI

** Für Fassadenanlagen wurden durchschnittlich 700 und für Balkonmodule 800 Volllaststunden pro Jahr angenommen

Im Folgenden werden die wichtigsten Berechnungsgrundlagen der Potentiale in

Tabelle 1 beschrieben, insbesondere zur Aktualisierung der Werte aus dem Energiekonzept des Projekts EnAHRgie von 2017:

Windkraft: Für die Umrechnung von Potentialflächen in Anlagenzahl (bei CISS TDI und PGMW) wurde mit einem Faktor 0,098 Anlagen pro Hektar gerechnet (aus den EnAHRgie-Ergebnissen abgeleitet).

Da für heutige Windkraftanlagen meist eine Anlagenleistung im Bereich von 5 MW angenommen wird, wurde für den Zubau mit 5 MW pro Anlage gerechnet (statt 3 MW in EnAHRgie 2017).

Für den Zubau wurde mit einer Volllaststundenzahl von 2.800 h/a gerechnet. Die tatsächliche Volllaststundenzahl im Landkreis Ahrweiler schwankt laut iKSK je nach Standort zwischen ca. 2.300 und 3.200 h/a.

Für die Bestandsanlagen wurde die aktuelle Anlagenzahl (10 Anlagen) aus dem Gesamtdatenexport des Marktstammdatenregisters (MaStR) der Bundesnetzagentur (<https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Datendownload>) extrahiert, Stand der Daten: 19.09.2024.

Für die Bestandsanlagen wird jeweils ein Repowering mit einer 5 MW-Anlage mit 2.800 Volllaststunden pro Jahr angenommen, um das Maximalpotential zu erhalten, außer bei EnAHRgie 2017 (Energiekonzept), wo kein Repowering angenommen wurde.

Freiflächen-PV (FFPV): Für den Zubau wurde mit einem Flächenenertrag von 1 MW/ha gerechnet (Quelle: UBA, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaik-freiflaechenanlagen#flaecheninanspruchnahme-durch-photovoltaik-freiflaechenanlagen>, abgerufen am 04.10.2024).

Für den Zubau wurde mit einer Volllaststundenzahl von 980 h/a gerechnet (Quelle: „Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland“, Fraunhofer ISE, Fassung vom 5.9.2024, S. 42, sowie das Impulskonzept für den Wiederaufbau: „Aus Ahrtal wird SolAHRtal“, Weber et al. 2021).

Zum Zubau hinzuaddiert wurden die Bestandsdaten von FFPV-Anlagen aus dem Gesamtdatenexport des Marktstammdatenregisters (MaStR) der Bundesnetzagentur (<https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Datendownload>), Stand der Daten: 19.09.2024.

Dach-PV: Bei der Windkraft und Freiflächen-PV kann davon ausgegangen werden, dass die in 2017 ermittelten Potentialflächen gar nicht oder nur vernachlässigbar ausgeschöpft wurden, da Planungs- und Genehmigungsprozesse nur sehr langsam ablaufen. Bei der Dach-PV sieht das anders aus: In den Referenzdaten von EnAHRgie 2017 aus dem Jahr 2013 sind 32 MW installierte Leistung angegeben, laut MaStR mit Stand 19.09.2024 sind bereits 91 MW installierte Dach-PV-Leistung im Kreis Ahrweiler registriert.

Daher wurde die bis 19.09.2024 installierte Dach-PV-Leistung in belegte Dachfläche umgerechnet und diese von der in EnAHRgie 2017 als Maximalpotential angenommenen Dachfläche abgezogen, um das maximale Zubaupotential zu erhalten.

Für die Umrechnung der Zubau-Dachfläche in Zubau-Leistung wurde mit einer Erhöhung des Flächenpotentials ggü. EnAHRgie 2017 um einen Faktor 19/16 gerechnet (Erhöhung des Wirkungsgrads von PV-Modulen seit 2013 von ca. 16% auf 19%).

Für den Zubau wurde mit einer Volllaststundenzahl von 920 h/a gerechnet (Quelle: „Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland“, Fraunhofer ISE, Fassung vom 5.9.2024, S. 42).

Fürs Maximalpotential wurden die Bestandszahlen aus MaStR vom 19.09.2024 hinzuaddiert, wobei die installierte Leistung von 91 MW aufgeteilt wurde in 32 MW installiert bis 2013 mit im Durchschnitt 860 h/a Volllaststunden und der Rest mit 890 h/a (Durchschnitt aus 860 h/a im Jahr 2013 und 920 h/a heute in 2024).

Agri-PV: Im Energiekonzept des Projekts EnAHRgie von 2017 wurde das Potential für Agri-Photovoltaik im Kreis Ahrweiler nicht abgeschätzt, obgleich das Thema angestoßen und der Bau einer Versuchsanlage angeregt wurde. Für eine erste Abschätzung der Größenordnung wird, wie im Abschnitt "Möglichkeiten der Nutzung innovativer Technologien als Ergänzungen" diskutiert, angenommen, dass 5% der Obst-, Gemüse-, Acker- und Weinbaufläche sowie 2% des Grünlands für Agri-PV genutzt werden kann, mit einer durchschnittlichen Flächenleistung von 0,25 MW/ha. Für den Ertrag wurden 980 Volllaststunden pro Jahr angenommen, was der heute üblichen Technik entspricht.

Wasserkraft: Ein Potential von 210 kW pro Anlagenstandort wurde abgeleitet (siehe Abschnitt "Möglichkeiten der Nutzung innovativer Technologien als Ergänzungen"). Bei vier Standorten mit vorhandener Betriebserlaubnis ergibt sich ein Potential von ca. 0,8 MW, genau wie in EnAHRgie 2017.

Biogas: Das Potential aus EnAHRgie 2017 wurde nicht überarbeitet.

Die Potentialflächen für Windkraft und Freiflächen-Photovoltaik werden auch in Abbildung 4 und Abbildung 5 auf Karten visuell dargestellt. Die verschiedenen Flächen aus EnAHRgie 2017, CISS TDI 2021 und PGMW 2024 sind mit halbtransparenten Farben gezeichnet, sodass Überlappungen der Flächen sichtbar werden.

Spezialfall Flächenpotentiale

Es wird darauf hingewiesen, dass Potentialflächen für Wind- und PV-Anlagen derzeit stark diskutiert werden und viel Bewegung vorhanden ist. Durch neue gesetzliche Vorgaben können bisherige Potentialflächen obsolet werden oder aber in Zukunft neue erschlossen werden. Die Vorrangflächen der PGMW 2024 aus der 1. Teilfortschreibung des regionalen Raumordnungsplans sollen künftig mehr Klarheit und Planungssicherheit bei Projekten schaffen und u.a. das am 1. Februar 2023 in Kraft getretene sog. Wind-an-Land-Gesetz für das nördliche Rheinland-Pfalz umsetzen, das vorschreibt, 2% der Landfläche für die Windenergie vorzusehen. Die am 6. Juni 2024 vorgelegten Flächen liegen aber noch bis zum 14. Oktober 2024 öffentlich aus und Bürgerinnen und Bürger können in einem Beteiligungsverfahren Stellung nehmen und die Flächen sind noch nicht von den entsprechenden Gremien verabschiedet.

Schon länger ist bekannt, dass in einem gewissen Radius um das Radioteleskop Effelsberg womöglich Windenergieprojekte nicht umgesetzt werden können, um den Betrieb des empfindlichen Teleskops nicht zu beeinträchtigen (es wäre aber jeweils eine Einzelfallprüfung erforderlich). Aktuell gibt es Überlegungen, ebenfalls ein Schutzgebiet um das Radioteleskop Wachtberg-Berkum einzurichten. Um die Wirkung solcher Schutzgebiete auf die Windpotentiale abzuschätzen, wurden Pufferzonen von 5, 12 und 20 km Radius um die Radioteleskope von den Potentialflächen abgezogen, siehe Abbildung 3, 4 und 5. Die Auswirkungen auf die Stromerzeugungspotentiale sind in Tabelle 2 dargestellt, um ein Gefühl zu bekommen, wie stark die Energieproduktion hierdurch eingeschränkt wird. Es konnten nur die Studien untersucht werden, deren Potentialflächen den Autoren als geographische Daten vorlagen.

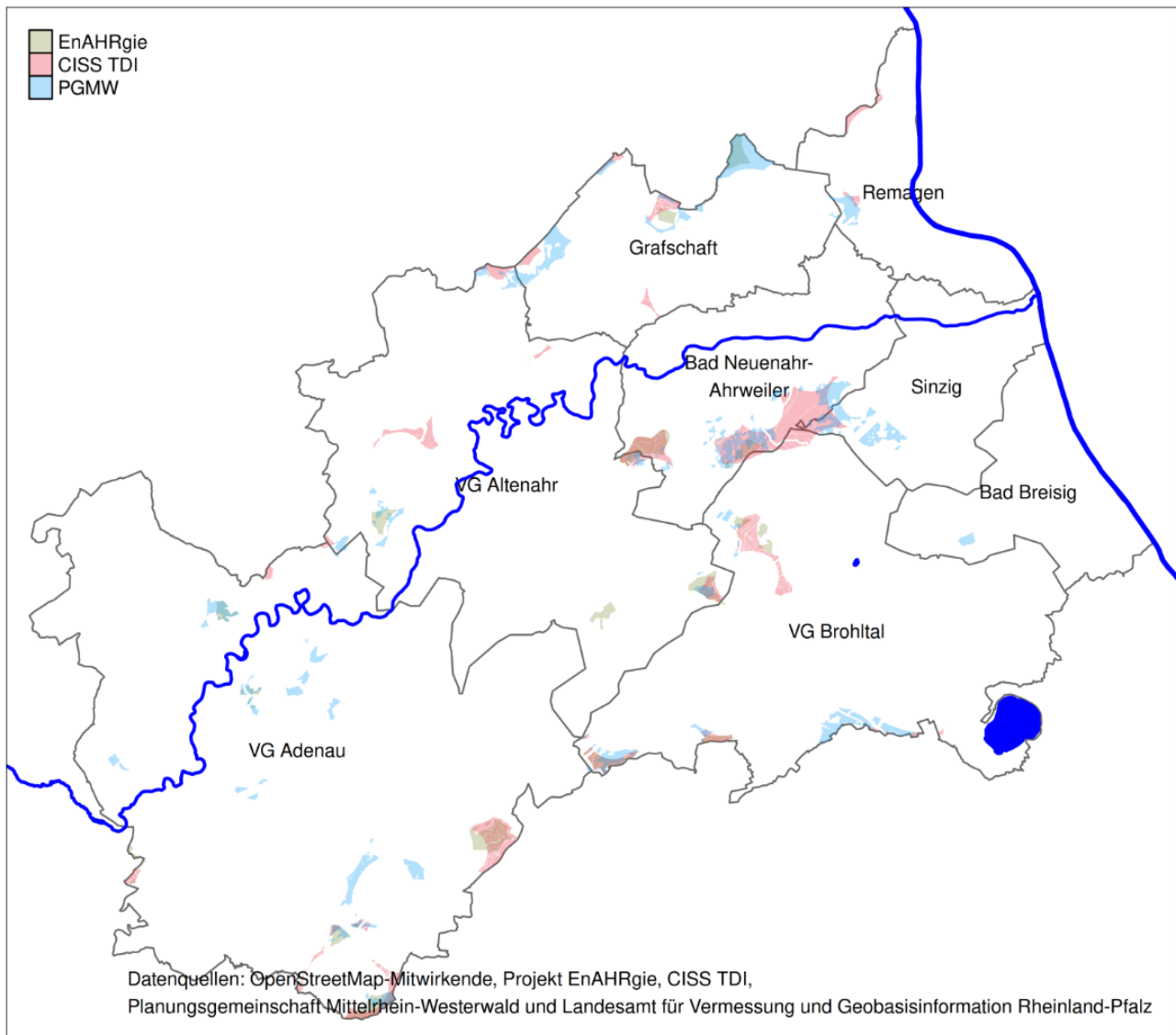


Abbildung 4 In verschiedenen Studien ermittelte Potentialflächen für Windenergie

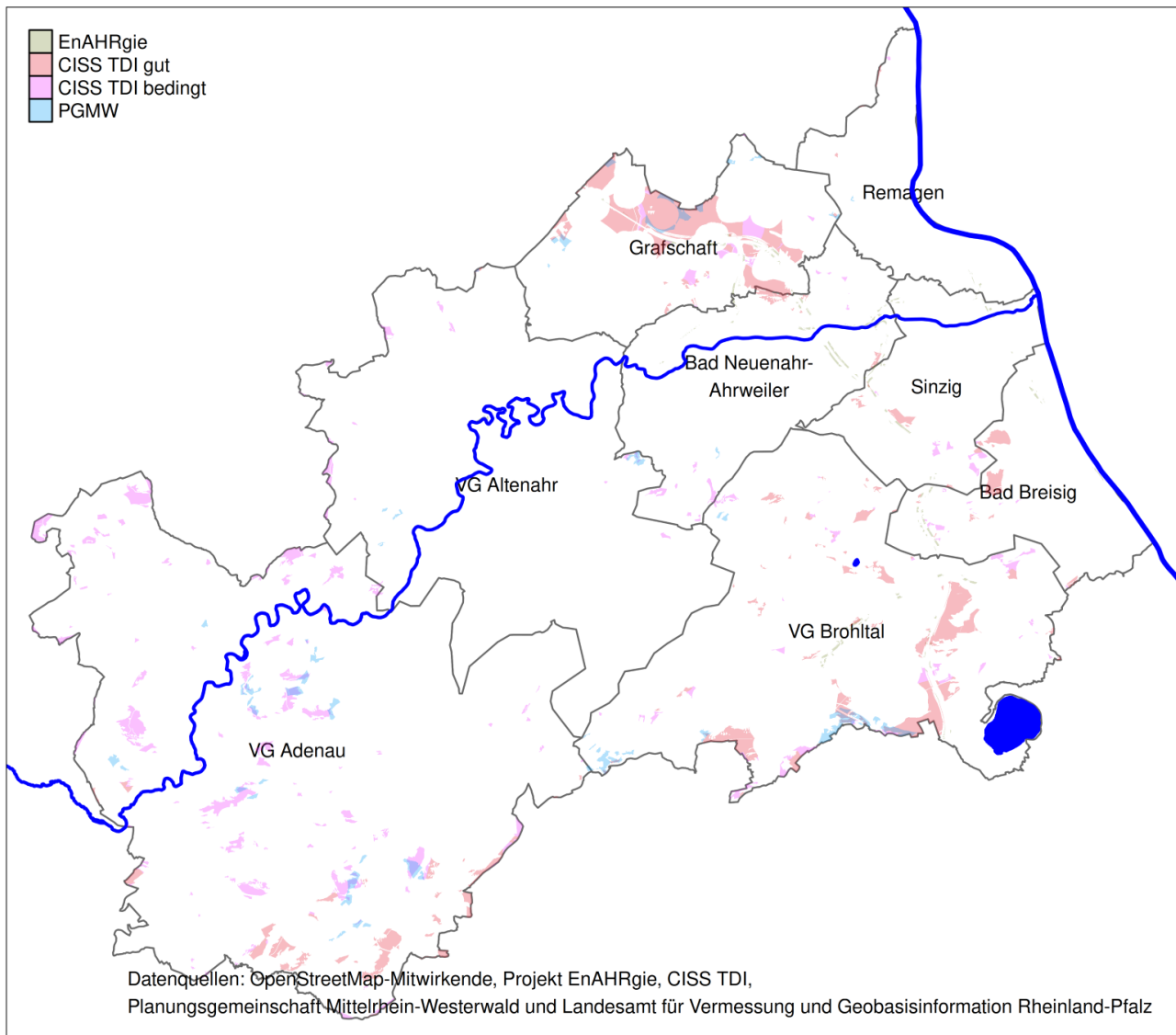


Abbildung 5 In verschiedenen Studien ermittelte Potentialflächen für Freiflächen-PV

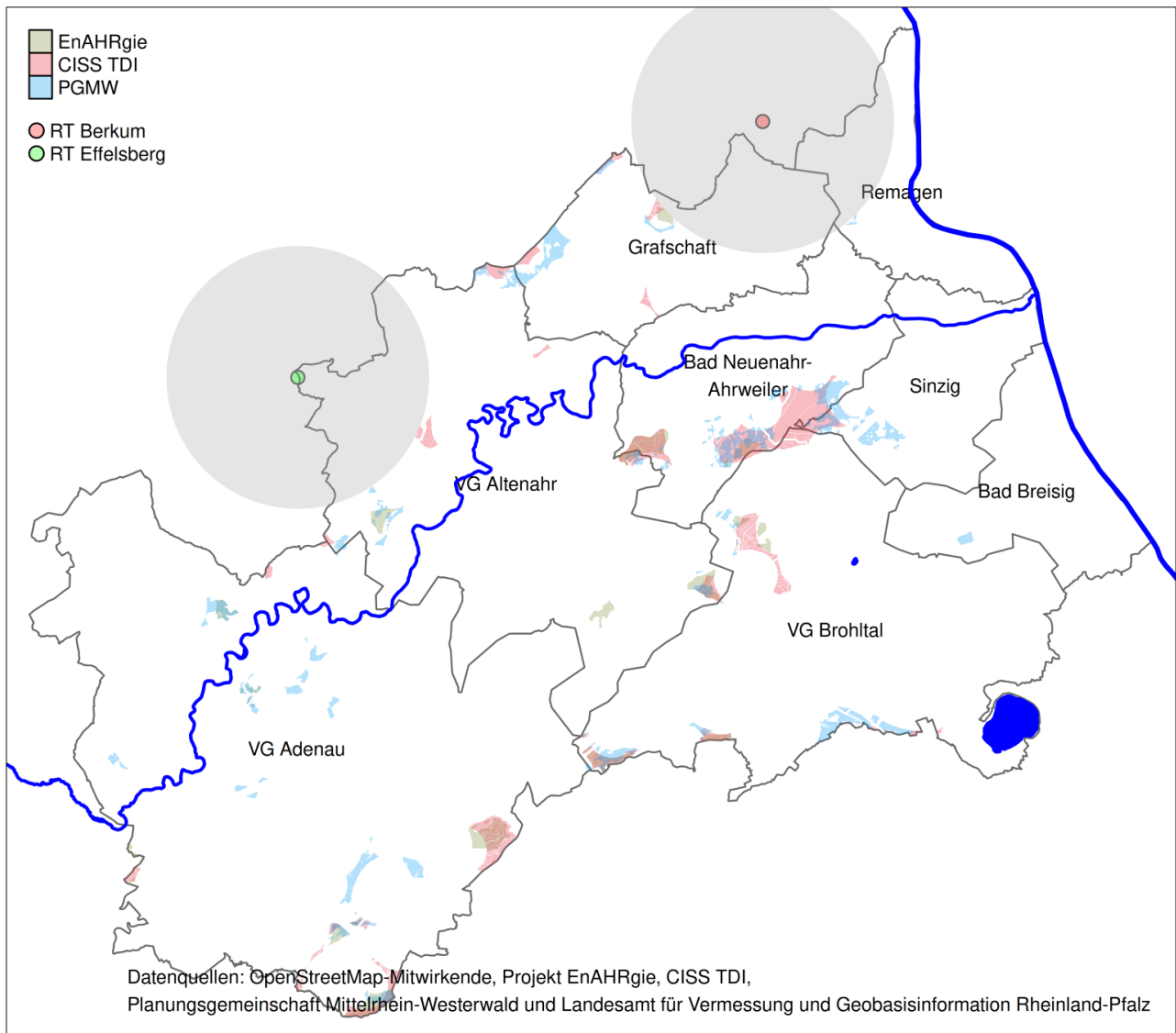


Abbildung 6 Einschränkung der Windkraft-Potentialflächen durch 5 km Puffer um die Radioteleskope in Berkum und Effelsberg

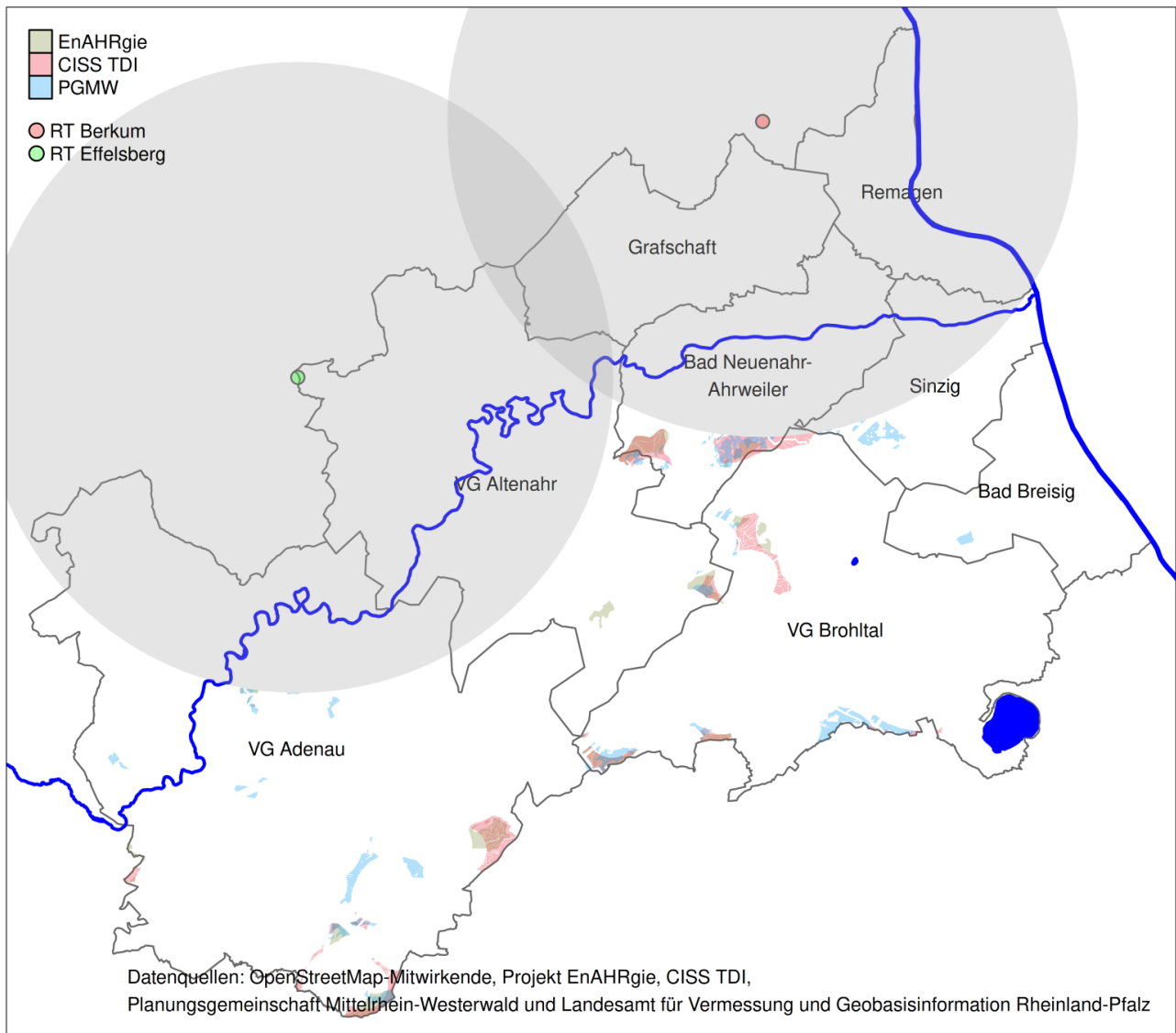


Abbildung 7 Einschränkung der Windkraft-Potentialflächen durch 12 km Puffer um die Radioteleskope in Berkum und Effelsberg

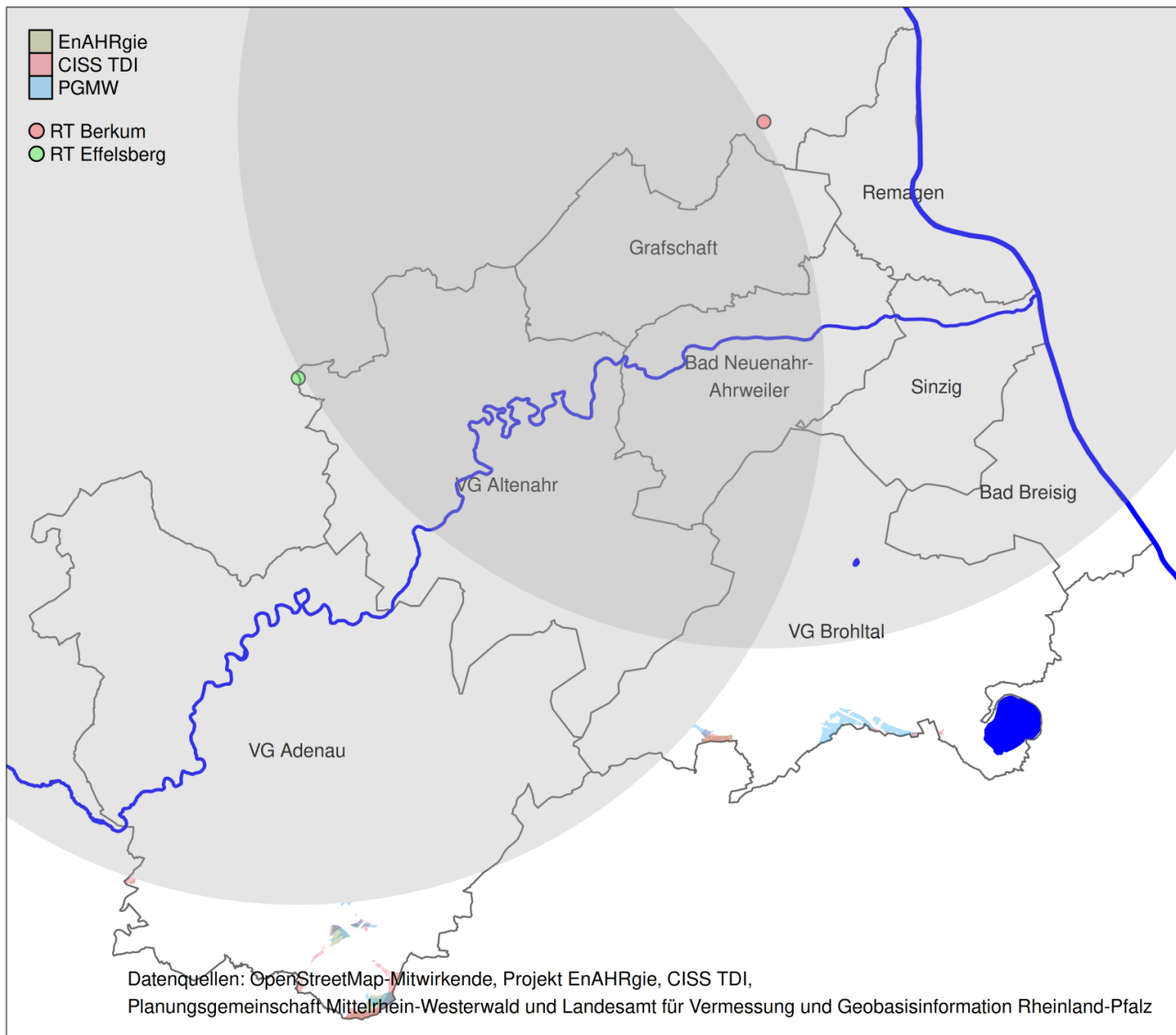


Abbildung 8 Einschränkung der Windkraft-Potentialflächen durch 20 km Puffer um die Radioteleskope in Berkum und Effelsberg

		EnAHRgie 2017				EnAHRgie Update 2024				CISS TDI 2021				PG Mittelrhein-Westerwald 2024			
		Keine	5	12	20	Keine	5	12	20	Keine	5	12	20	Keine	5	12	20
Windkraft	Einschränkung in km																
	Fläche (ha)	930	863	754	234	940	874	764	244	1.62	1.52	985	264	1.62	1.38	812	304
	Anlagen	91	85	74	23	92	86	75	24	159	150	97	26	159	136	80	30
	Leistung (MW)	257	239	206	53	460	430	375	120	795	750	485	130	795	680	400	150
Summe	Ertrag (GWh/a)	721	679	585	148	1.288	1.204	1.050	336	2.22	2.10	1.35	364	2.22	1.90	1.12	420
	Ertrag (GWh/a)	1.183	1.141	1.047	610	2.097	2.013	1.859	1.145	4.86	4.74	3.99	3.00	3.34	3.02	2.24	1.540
	Ertrag (GWh/a)									6	0	8		6	4	0	
	Ertrag (GWh/a)									7	1	9	5	6	4	0	

Tabelle 2 Auswirkung der Einschränkung der Windkraft-Potentiale durch Schutzzonen

Möglichkeiten der Nutzung innovativer Technologien als Ergänzungen

Agri-Photovoltaik und ihr Potential im Kreis Ahrweiler

Unter Agri-Photovoltaik versteht man die Integration von Landwirtschaft und photovoltaischer (Solar-)Energieerzeugung auf derselben Fläche. Der Kerngedanke besteht darin, Land für zwei Zwecke zu nutzen: den Anbau von Nutzpflanzen und die gleichzeitige Erzeugung von Solarenergie. Bei diesem System werden in der Regel aufgeständerte Solarpaneele verwendet, durch die das Sonnenlicht die darunter liegenden Pflanzen erreichen kann, wodurch eine symbiotische Beziehung zwischen Landwirtschaft und Solarenergie entsteht.

Die Agri-Photovoltaik hat mehrere Vorteile. Zusätzlich zu ihrem allgemeinen Beitrag zur Erzeugung erneuerbarer Energie durch die Nutzung von Sonnenenergie und damit zur Unterstützung des Übergangs zu einer nachhaltigeren Energiezukunft - ist ein Schlüsselfaktor der Agri-Photovoltaik die effiziente Landnutzung. Die Agri-Photovoltaik maximiert die Landnutzung, insbesondere in Gebieten, in denen Land knapp oder teuer ist und ermöglicht es den Landwirten, Einkommen sowohl mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen als auch mit Solarenergie zu erzielen. Ein weiterer entscheidender Vorteil der Agri-Photovoltaik ist die Steigerung der Ernteerträge und der Umweltleistung. Studien haben gezeigt, dass der Schatten von Sonnenkollektoren dazu beitragen kann, die Bodentemperatur zu regulieren und die Wasserverdunstung zu verringern, was zu höheren Ernteerträgen führen kann. Bestimmte Pflanzen, insbesondere schattentolerante, können unter Sonnenkollektoren gut gedeihen. Außerdem kann die Installation von Sonnenkollektoren dazu beitragen, Bodenerosion und Wasserabfluss zu verringern. Da der Schatten, den die Paneele spenden, dazu beitragen kann, die Bodenfeuchtigkeit aufrechtzuerhalten, wird der Bewässerungsbedarf möglicherweise reduziert.

Es gibt jedoch auch einige Nachteile, die mit der Agri-Photovoltaik verbunden sind. Ein wichtiger Faktor sind dabei die hohen Anschaffungs- und Wartungskosten. Eine zweite große Herausforderung ist der Doppelnutzungscharakter der Agri-Photovoltaik. Auf betrieblicher Ebene kann es zu einem Wettbewerb zwischen Energie- und Pflanzenproduktion um Ressourcen wie Wasser und Sonneneinstrahlung kommen. Auf administrativer Ebene sollten die Genehmigungsvorschriften so gestaltet sein, dass eine solche Doppelnutzung ermöglicht wird. Darüber hinaus ist zu beachten, dass sich nicht alle Nutzpflanzen für solche Systeme eignen, da einige Pflanzen zum Gedeihen volle Sonneneinstrahlung benötigen. Ein letzter Punkt betrifft den potenziellen Widerstand lokaler Gemeinden gegen die Installation von Solarzellen auf landwirtschaftlichen Flächen, insbesondere im Hinblick auf die Landschaftsästhetik und die Prioritäten der Landnutzung.

In Deutschland bestehen mehrere Pilotprojekte und Forschungsinitiativen, um die Machbarkeit und Effektivität von Agri-Photovoltaiksystemen zu untersuchen. Diese Projekte konzentrieren sich häufig auf verschiedene Anbauformen und Paneelkonfigurationen, um die optimalen Bedingungen sowohl für die Energieerzeugung als auch für die landwirtschaftliche Produktion zu ermitteln (siehe Tabelle unten).

Auch im Kreis Ahrweiler gibt es ein Projekt, das sich auf die Agri-Photovoltaik konzentriert. Dieses Projekt in Gelsdorf - initiiert im Rahmen des Projekts „APV-Obstbau“³ - hat eine installierte Leistung von 258 kWp und befasst

³ Siehe auch: [APV-Obstbau – Agri-Photovoltaik als Resilienzkonzent zur Anpassung an den Klimawandel im Obstbau - Fraunhofer ISE](#)

sich mit verschiedenen sozio-technischen Aspekten wie landnutzungsbezogenen Interessenkonflikten, gesellschaftlicher Akzeptanz und Verfahrensgerechtigkeit (Fraunhofer ISE, 2024).

Gerade für den Kreis Ahrweiler ist die mögliche Integration von PV-Technologie in Weinberge besonders attraktiv, da der Anteil der Weinberge im Vergleich zu anderen Landwirtschaftsformen auf regionaler Ebene relativ hoch ist.

Die direkt über den Rebstöcken installierten PV-Anlagen (auch Viti-PV genannt) sollen die Rebstöcke schützen, die Traubenreife verzögern und generell für ein gleichmäßigeres Klima sorgen und damit Ernteaufträge verhindern. Nicht nur die Pflanzen, sondern auch die einzelnen PV-Module profitieren von der Synergie, da sie durch die hohe Positionierung und die Wasserverdunstung (Transpiration) der Pflanzen gekühlt werden. In Deutschland gibt es eine Reihe von Pilotprojekten, die die Kombination von Weinbau mit PV-Anlagen erprobt haben, u.a. an den Standorten Tuniberg (installierte Leistung: 300 kWp), Blankenhornsberg (installierte Leistung: 268 kWp) und Geisenheim (installierte Leistung: 94 kWp).

Bei der Abschätzung des **Potentials der Agri-Photovoltaik** in der Region Ahrtal müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden, darunter die verfügbaren landwirtschaftlichen Flächen, die Sonneneinstrahlung und andere standortspezifische Bedingungen, die Art der angebauten Pflanzen sowie die (Entwicklung oder Überarbeitung) der lokalen Politik und die tatsächliche Akzeptanz der Agri-Photovoltaik durch die Landwirte.

Auch wenn die genauen Zahlen je nach Projektdesign und örtlichen Gegebenheiten variieren können, lässt sich dennoch eine grobe Schätzung auf der Grundlage allgemeiner Grundsätze vornehmen.

1. Flächenverfügbarkeit⁴: Bei der Verfügbarkeit von Land kann zwischen Acker- und Obstbauflächen und Grünland unterschieden werden.
 - Acker- und Obstbau: In der Region Ahrtal gibt es eine Reihe von landwirtschaftlichen Flächen für die Produktion von Acker- und Feldfrüchten und Obst und Gemüse, darunter auch Weinberge, die sich für die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen eignen könnten. Wenn man davon ausgeht, dass die Region Ahrtal etwa 10.000 Hektar Obst-, Gemüse-, Acker- und Weinbaufläche hat und etwa 5% für die Agri-Photovoltaik geeignet sind, haben wir potenziell 500 Hektar geeignete Fläche für die Agri-Photovoltaik.
 - Grünland: Zusätzlich zu den Acker- und Obstbauflächen stehen im Kreis Ahrweiler rund 10.000 Hektar Grünland zur Verfügung. Da hier - auch aufgrund der starken Einbindung in die Naturschutzpolitik⁵ - im Vergleich zu den Acker- und Obstbauflächen vermutlich relativ wenig Fläche funktional zur Verfügung steht, gehen wir hier von einer potenziellen Flächenverfügbarkeit von 2% bzw. 200 Hektar geeigneter Flächen für die Agri-Photovoltaik aus.
2. Installierte Kapazität der Agri-Photovoltaik⁶: eine gängige Schätzung liegt bei 250 kW pro Hektar. Dies würde ein Gesamtpotential von 175 MW bedeuten ((500 + 200) Hektar × 250 kW/Hektar).

Wie bereits erwähnt, basiert diese theoretische Schätzung auf der regionalen Verteilung der landwirtschaftlichen Fläche. In der Praxis hängt die Realisierbarkeit eines solchen Potentials in hohem Maße von den bestehenden ökologischen und sozialen Erwägungen ab.

⁴ Siehe [Portal „Landwirtschaft im Kreis Ahrweiler“ – AW-Wiki](#)

⁵ Siehe [Was ist Grünlandwirtschaft und was macht sie so wertvoll?: BZL](#)

⁶ Kapazität PV (FFA): 1 MW/hectare ([Photovoltaik-Freiflächenanlagen | Umweltbundesamt](#)); „einer Belegungsdichte von 0,35 MWp pro Hektar“ (Fraunhofer ISE, 2024). Im Allgemeinen hängt diese Zahl insgesamt von der Konfiguration und der Art der für die Agri-Photovoltaik verwendeten Pflanzen ab und kann variieren.

Wasserkraft und ihr Potential im Kreis Ahrweiler

Wasserkraft ist die Erzeugung von Strom aus der kinetischen Energie von fließendem oder fallendem Wasser. Das Grundprinzip besteht darin, die potenzielle Energie des in Stauseen gespeicherten Wassers oder die kinetische Energie fließender Flüsse durch Turbinen in elektrische Energie umzuwandeln.

Mit der Wasserkraft ist eine Reihe von Vorteilen verbunden. Einer der wichtigsten Aspekte der Wasserkraft ist ihre Zuverlässigkeit und Effizienz. Wasserkraftsysteme können gleichmäßig Strom erzeugen und haben einen hohen Wirkungsgrad (etwa 90 %). Solange der Wasserkreislauf anhält, kann die Wasserkraft Strom erzeugen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Speicherung und Flexibilität. Pumpspeicherkraftwerke ermöglichen die Speicherung von Energie. Das Wasser kann in Zeiten geringer Nachfrage in die Stauseen gepumpt und in Spitzenzeiten wieder abgelassen werden, was die Stabilität des Netzes erhöht und intermittierende Energiequellen wie Wind und Sonne unterstützt.

Mit der Wasserkraft sind auch einige Nachteile verbunden. Eine der größten Herausforderungen sind die Umweltauswirkungen von Wasserkraftprojekten. Wasserkraftprojekte können lokale Ökosysteme stören und die Fischwanderung und Wasserqualität beeinträchtigen. Staudämme können auch große Landflächen überfluten, was sich stark auf natürliche Ökosysteme auswirken kann, ebenso wie auf menschliche Gemeinschaften, da es zu sozialen Vertreibungen kommen kann. Eine zweite große Herausforderung sind die damit verbundenen Kosten. Der Bau von Wasserkraftanlagen erfordert in der Regel erhebliche Investitionen und kann sich über Jahre hinziehen, insbesondere bei groß angelegten Projekten. Außerdem sind viele der bestehenden Wasserkraftanlagen veraltet und müssen in erheblichem Umfang gewartet oder aufgerüstet werden, was kostspielig sein kann. Eine letzte Herausforderung ist die Abhängigkeit von der Verfügbarkeit von Wasser. Die Stromerzeugung aus Wasserkraft hängt vom Wasserdurchfluss ab, der durch saisonale Schwankungen, Dürreperioden und den Klimawandel beeinträchtigt werden kann, was zu Schwankungen in der Energieerzeugung führt.

Aufgrund der hydrologischen Gegebenheiten hat sich in Deutschland seit langem ein gut etablierter Wasserkraftsektor entwickelt, der in der Landschaft der erneuerbaren Energien des Landes eine wichtige Rolle spielt. Ab 2023 verfügt Deutschland über eine installierte Wasserkraftkapazität von ca. 8.000 MW (SOURCE), die sowohl große Wasserkraftwerke als auch kleine Anlagen umfasst. Relativ betrachtet macht die Wasserkraft etwa 3-4 % der gesamten Stromerzeugung in Deutschland aus.

Im Kreis Ahrweiler spielt die Wasserkraft bisher eine relativ geringe Rolle, mit einer derzeitigen Jahresproduktion von 164 MWh (Quelle: Klimaschutz und Energiewende im Kreis Ahrweiler); dies entspricht einer durchschnittlichen Betriebsleistung von etwa 0,02 MW ($164 / 365 / 24 \sim 0,019$ MW). Diese Produktion basiert hauptsächlich auf 4 bestehenden alten Wassermühlen - mit dem erforderlichen „Wasserrecht“ - mit einer installierten Gesamtleistung von 0,061 MW.

Zwar werden oder wurden ausgewählte Bestandsanlagen saniert (z.B. [Thema Wasserkraft an und in der Ahr aufgreifen \(blick-aktuell.de\)](#)), dies dürfte aber keinen wesentlichen Einfluss auf den relativen Anteil der Wasserkraft am Energieerzeugungsmix haben.

Obwohl davon ausgegangen wird, dass keine größeren Potentiale für die Erzeugung von Wasserkraft zur Verfügung stehen, könnten einige Optionen im Bereich der Kleinwasserkraft bestehen, z.B. im Zusammenhang mit der Laufwasserkrafterzeugung. Laufwasserkraft (ROR) oder Laufwasserkraft ist eine Art von Wasserkraftwerk, bei dem wenig oder kein Wasserspeicher vorhanden ist (Quelle: Laufwasserkraft - Wikipedia). Laufwasserkraftwerke

können entweder keine oder nur eine begrenzte Menge an Wasser speichern und ihre Leistung variiert mit den Fließgeschwindigkeiten.

Strombojen: Es gibt auch kleine und einigermaßen mobile Formen von Laufwasserkraftwerken. Ein Beispiel sind die sogenannte Strombojen, kleine schwimmende Wasserkraftwerke. Wie die meisten Bojen ist sie am Boden verankert, in diesem Fall in einem Fluss. Die Energie des bewegten Wassers treibt einen Generator an und erzeugt so Strom. Prototypen von kommerziellen Herstellern erzeugen Strom am Mittelrhein in Deutschland und an der Donau in Österreich.⁷

Es ist jedoch anzumerken, dass die Kapazität solcher Anlagen - auch unter Berücksichtigung der Eigenschaften der Ahr - im Rahmen größerer systemischer Energiekonzepte relativ begrenzt ist. Vielmehr sollte die Umsetzung solcher Lösungen eher aus einer sehr lokalen Perspektive betrachtet werden, d.h. im Hinblick auf die Stromerzeugung und den Stromverbrauch von kleinen und mittleren Einzelstandorten, z.B. für Campingplätze.

Hochwasserschutzprojekte Eine weitere potentielle Möglichkeit zur Erzeugung von Wasserkraft ist die Entwicklung von Hochwasserbecken-Lösungen im Ahrtal.⁸

Obwohl die Integration der Wasserkrafterzeugung in den bestehenden Plänen nicht berücksichtigt wird, könnte es interessant sein, die Möglichkeiten zu untersuchen, die Dammfunktionalität der Rückhaltung mit der Energiegewinnung zu kombinieren. Dies könnte sowohl aus der Perspektive der Energieerzeugung (d.h. die Integration von Generatoren/Turbinen in Talsperren) als auch aus der Perspektive des Energiemanagements (d.h. die Nutzung von Retentionsräumen als Energiespeicher) betrachtet werden.

Interessanterweise wurden ähnliche Überlegungen für die Entwicklung der Ahrregion bereits vor über 100 Jahren angestellt.⁹

Es ist jedoch zu beachten, dass zur Ermöglichung einer solchen energetischen Funktionalität eine zusätzliche Infrastruktur erforderlich ist, die auf hydrologischen Systemen basiert, die Wasser aktiv transportieren können (hauptsächlich auf der Grundlage von Pumpen und zugehörigen Wasserverteilungsanlagen).

Außerdem muss untersucht werden, inwieweit solche Ideen mit den geplanten täglichen Abläufen innerhalb von Retentionsräumen, wie z.B. logistischen Strukturen, in Einklang gebracht werden können.

Bei der Abschätzung des **Wasserkraftpotentials im Ahrtal** spielen mehrere Faktoren eine Rolle: die hydrologische Beschaffenheit der Flüsse, die zur Verfügung stehenden Ausbauplätze und die Art der eingesetzten Wasserkrafttechnologie. Zwei zentrale Aspekte sind dabei der Wasserdurchfluss (m^3/s) und die Fallhöhe (m).

1. **Wasserführung:** Die Ahr weist unterschiedliche Durchflussmengen auf, die für die Wasserkraftnutzung nutzbar gemacht werden können. Grob geschätzt kann man davon ausgehen, dass die Ahr einen Wasserdurchfluss von $7 \text{ m}^3/\text{s}$ hat (Quelle: Ahr - Wikipedia). Darüber hinaus gehen wir von einem Mindestwasserdurchfluss von 10% aus (was gemäß den bestehenden behördlichen Richtlinien in Bezug auf Ökologie und Wasserwirtschaft im Allgemeinen geschehen sollte). Daraus ergibt sich dann ein nutzbarer Wasserdurchfluss von $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

⁷ Quelle: [Strom aus Bojen serienreif - noe.ORF.at](https://www.noef.orf.at/strom-aus-bojen-serienreif)

⁸ Quelle: PowerPoint-Präsentation (kreis-ahrweiler.de); Hochwasser: 19 mögliche Rückhaltebecken sollen das Ahrtal schützen (blick-aktuell.de)

⁹ s. Hochwasserschutz im Ahrtal - Pläne schon vor über 100 Jahren - SWR Wissen

2. Wirkungsgrad: Wirkungsgrad: Bei einem typischen Kleinwasserkraftwerk beträgt der Turbinenwirkungsgrad 85 %, der Antriebswirkungsgrad 95 % und der Generatorwirkungsgrad 93 %, so dass der Gesamtwirkungsgrad des Systems wie folgt lautet $0,85 \times 0,95 \times 0,93 = 0,751$ d.h. $\sim 75\%$ ¹⁰
3. Fallhöhe: Da die Ahr ein Gefälle von 0,5 % hat, würde dies einer ungefähren Flusslänge für die Wassergewinnung von 500 m entsprechen.

Theoretisch würde dies zu einer Leistung von 210 kW führen: $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (Durchfluss) * 5 m (Fallhöhe) * 0,9 (Wirkungsgrad der Fallhöhe) * 9,81 N (Gravitationskraft) * 0,75 (Wirkungsgrad) $\sim 210 \text{ kW}$.

Diese Schätzung bezieht sich auf einen einzigen Standort, an dem das Wasserkraftpotential der Ahr ausgeschöpft wird. Es sind vier Standorte mit energetischer Wasserkraftnutzung im Landkreis Ahrweiler vorhanden, die bereits über eine Betriebsgenehmigung verfügen, davon einer allerdings nicht an der Ahr, sondern am Brohlbach (siehe Abb. 23 im iKSK). Durch Repowering dieser vier Standorte (derzeit insgesamt 61 kWp installiert) ergibt sich also ein Potential von ca. 0,8 MW, genau wie in EnAHRgie 2017 bereits abgeschätzt. Daher wurden für dieses Papier die Potentialdaten aus EnAHRgie 2017 übernommen.

Theoretisch könnten weitere neue Standorte erkundet und genutzt werden. In der Praxis ist dies jedoch höchst unwahrscheinlich, vor allem aus ökologischen und sozialen/gesellschaftlichen Gründen.

Trotz des theoretischen Potentials der Wasserkraft an der Ahr wird die Nutzung des Wassers durch die bestehenden Umweltvorschriften stark reglementiert.

Seit Beginn des 21. Jahrhunderts gibt es Initiativen, die Ahr zunehmend „durchgängig“ zu machen („Strategie Ahr durchgängig“) und ihren natürlichen Lauf wiederherzustellen (Quelle: www.AHR-2000.de). Infolgedessen wurden verschiedene Staudammbauten zurückgebaut. Insgesamt gibt es eine allgemeine Tendenz zur Renaturierung der Ahr, um mehr Raum für natürliche Wasserstrukturen zu schaffen und die Artenvielfalt zu fördern¹¹.

In gesellschaftlicher Hinsicht haben die Überschwemmungen im Ahrtal das politische und gesellschaftliche Bewusstsein für die Funktionalität und Nutzbarkeit des Wassers dramatisch geschärft. Daher ist es sehr wahrscheinlich, dass bei der Prüfung von Projekten, die die Ahr und die damit verbundenen Bauwerke betreffen, strenge Vorsorgeprinzipien beachtet werden.

Diskussion von Beispielkonstellationen zur Umsetzung geothermischer Speicher

Mitteltiefe Geothermische Speicher sind neue Technologien, zu denen noch nicht viele Studien bestehen. Von daher sind verschiedenen Konstellationen noch nicht umfangreich untersucht worden. Eine Studie, die verschiedene Kombinationen untersucht ist Welsch et al. (2018). Sie gehen von einem festen Wärmebedarf von 25 GWh/a über 30 Jahre aus. Die Größen der Elemente der Wärmeerzeugung werden variiert und ökonomisch bzw. ökologisch optimiert. Die ökonomische Bewertung erfolgt in Gegenwartswerten, d.h. zukünftige Kosten werden über

¹⁰ Quelle: [Performance and Financial Analysis - Renewables First - The Renewable Energy Company](#)

¹¹ Quellen: [Aktuelles – Mehr Raum für natürliche Gewässerstrukturen und Artenvielfalt | Kreisverwaltung Ahrweiler \(kreis-ahrweiler.de\)](#) ; [Detaillierte Unterlagen zum Gewässerwiederherstellungskonzept | Kreisverwaltung Ahrweiler \(kreis-ahrweiler.de\)](#) ; [Gewässerunterhaltung | Kreisverwaltung Ahrweiler \(kreis-ahrweiler.de\)](#) ; [Gewässerwiederherstellungskonzept | Kreisverwaltung Ahrweiler \(kreis-ahrweiler.de\)](#) ; [Übersicht der beauftragten Teilprojekte zur Gewässerwiederherstellung \(Statusliste\) | Kreisverwaltung Ahrweiler \(kreis-ahrweiler.de\)](#).

die gesamte Nutzungsdauer abdiskontiert und in einen Gegenwartswert umgerechnet. Für die Umweltaspekte werden Treibhausgaspotentiale herangezogen, die über den gesamten Lebenszyklus aufsummiert werden (allerdings ohne End-of-life-Phase und ohne Transportkosten).

Solarthermie und geothermischer Speicher

Die Kombination von Solarthermie und geothermischem saisonalem Speicher ist eine Idealkombination, die in Welsch et al. (2018) nur noch durch die Kombination mit einer zusätzlichen KWK-Anlage übertrumpft wird. Die Kombination mit zusätzlicher kleiner KWK-Anlage, die die eigene Stromversorgung abdeckt, kann das sogenannte Treibhausgaspotential deutlich senken (-54%), bei moderat höheren Kosten (+13%) als das Basis-System mit einem Gas-Heizkraftwerk. Mit der typischen Rechenweise, nach der einer KWK-Anlage die durch sie vermiedenen CO₂-Emissionen im Energiemix gutgeschrieben werden, können ähnlich gute Systeme mit KWK-Anlagen realisiert werden. Gerechnet wird hier mit einer gasbasierten KWK-Anlage. Bei Gas auf Basis erneuerbarer Energien dürfte der Bonus sogar höher sein. Die Ergebnisse relativieren sich stark, wenn von fallenden CO₂-Emissionen im Strommix ausgegangen wird. Im System sollten die Solarthermische Anlage und die Größe des Speichers optimal aufeinander angepasst sein, um bei hoher Reduktion des GWP die Kosten zu optimieren. Bei 25 GWh Wärmebedarf ergibt sich im Optimum etwa eine Solarthermieanlage von 40.000 m² und eine Bohrlochlänge von 400 m bei 37 Bohrlöchern.

Kraftwärmekopplung und geothermischer Speicher

Die Kombination von Kraftwärmekopplung mit geothermischem saisonalem Speicher, ohne Solarthermie, ist kompliziert. Die KWK-Anlage muss eine gewisse Größe aufweisen, damit im Sommer genug Überschuss-Wärme produziert wird. Sie darf aber nicht zu groß sein, damit im Winter auch Wärme aus dem Speicher genutzt wird. Die Speicherverluste führen zudem dazu, dass die CO₂-Vorteile sehr gering sind. Zudem sind die Kosten sehr hoch, höher noch als Systeme mit nur KWK-Anlagen.

Erneuerbarer Strom und geothermischer Speicher

Welsch et al. (2016) betrachten den Fall der Nutzung erneuerbaren Stroms nicht. Allerdings kann man davon ausgehen, dass im optimalen System, in dem eine Solarthermieanlage mit einem saisonalen geothermischen Speicher und einer kleinen KWK-Anlage kombiniert wurde, die Ersetzung der KWK-Anlage mit einer PV-Anlage zu noch höheren Einsparungen von CO₂-Äquivalenten führen kann. Allerdings ergibt sich die Problematik, dass gerade im Winter die PV-Produktion gering ist und auch dann ausreichend Strom aus erneuerbaren Energien vorhanden sein müsste. Eine weitere interessante Variante wäre die Nutzung von PV-Strom + Wärmepumpe für die Einspeicherung von Wärme in den saisonalen Speicher, statt einer Solarthermieanlage. Vor allem die Kostenoptimierung erfordert dabei eine geeignete Dimensionierung. Diese Lösung ist vor allem dann interessant, wenn Solarpotentiale zwar vorhanden sind, aber nicht in der direkten Nähe liegen, so dass bei einer Solarthermieanlage hohe Wärmeverluste entstehen würden. Diese Option ist bei der Betrachtung der konkreten Nutzung von geothermischen saisonalen Speichern im Ahrtal weiter unten an einem konkreten Fall diskutiert. Erneuerbarer Strom kann aber auch durch andere Technologien wie Windkraft erzeugt werden, so dass auch der Strom der Wärmepumpe zur Ausspeicherung und Erhöhung der Temperaturen auf die notwendige Temperatur im Wärmenetz durch erneuerbare Energien abgedeckt werden kann.

Mögliche Rollen innovativer Technologien

Als innovative Technologien zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien wurden die Nutzung von Photovoltaik auf gleichzeitig genutzten Agrarflächen (Agri-PV) und innovative Möglichkeiten der Nutzung von Fließwassergeschwindigkeiten. Die Potentiale gehen in Betrachtung der Gesamtpotentiale ein. Die Möglichkeiten der Wasserkraftnutzung sind sehr beschränkt, während durch Agri-PV eine deutliche Erhöhung der Photovoltaikfläche

möglich wäre. Dadurch wäre höhere Stromüberschüsse im Sommer nutzbar und stände auch bei geringer Ausbeute im Winter mehr Strom zur erneuerbaren Wärmeversorgung zur Verfügung.

Mögliche Rollen eines geothermischen Speichers in Nahwärmenetzen im Ahrtal

Saisonale geothermische Wärmespeicher sind dann gut einsetzbar, wenn ein ganzes Quartier über eine Nahwärmeversorgung angeschlossen ist. Welsch et al. (2018) gehen in ihrer Studie von 25 GWh Wärmebedarf pro Jahr aus. Die angenommene Konstellation ist 40% Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser sowie 20% Gewerbegebäude mit einer typischen Umgebungstemperatur in Deutschland. Die Versorgung erfolgt der Netze mit einer Temperatur von 55 °C in einem warmen Nahwärmenetz. Als optimale Systeme für solche warmen Nahwärmenetze ergeben sich eine Kombinationen einer großen Solarthermieranlage und einer kleinen KWK-Anlage mit mitteltiefen geothermischen Speichern. Je nach Rahmenbedingungen, nach Welsch et al. (2018) bestehen optimale Speichersysteme aus 37 Bohrlöchern und einer Bohrtiefe von 550 bis 650 m¹².

Im Landkreis Ahrweiler sind warme Nahwärmenetze in den Gemeinden Marienthal und Bad Neuenahr-Ahrweiler realisiert sowie in Mayschoß und Dernau geplant. Rech und Altenburg haben kalte Nahwärmenetze realisiert. Ein weiteres kaltes Nahwärmenetz steht in Liers nahe der Umsetzung. Bei den diesen kalten Nahwärmenetzen werden Erdwärmesonden in 120 m Tiefe als Speicher genutzt, was oberflächennaher Bohrungen entspricht¹³.

Die warmen Nahwärmenetze in Bad Neuenahr-Ahrweiler, Marienthal, Mayschoß und Dernau weisen unterschiedliche Konstellationen auf.

In Bad Neuenahr-Ahrweiler erfolgt die Wärmeerzeugung über Kraftwärmekopplungsanlagen, die mit Gas betrieben werden. In 2020 wurden so 23,2 GWh elektrischer Strom und mehr als 30 GWh Wärme erzeugt.¹⁴ Die Größenordnung des Wärmebedarfs würde sehr gut zu den Möglichkeiten mitteltiefer geothermischer Speicher passen, allerdings sind nach den Betrachtungen von Welsch et al. (2018) Konstellationen von großen KWK-Anlagen mit saisonalen geothermischen Speichern schwierig zu dimensionieren und zeigen auch keine allzu großen Vorteile. Von daher wäre ein mitteltiefer saisonaler geothermischer Speicher nur sinnvoll, wenn mehr Wärme direkt aus erneuerbaren Quellen genutzt werden sollte, also z.B. aus Solarthermie. Auch eine Kombination von Photovoltaik mit Wärmepumpen könnte interessant sein (s. Diskussion im nächsten Abschnitt).

In Marienthal, Dernau und Mayschoß sind die Konstellationen anders. Hier wird auf eine Mischung aus Solarthermie und Pelletheizung im Falle von Marienthal und Solarthermie mit Holz-Hackschnitzelfeuerungen und Spitzenkessel (Flüssiggas) gesetzt. Hier wäre es durchaus denkbar, dass Komponenten durch einen mitteltiefen geothermischen Speicher ersetzt würden. Der Gesamtwärmebedarf der einzelnen Nahwärmenetze liegt in Summe bei etwa 14 GWh/a. Rechnet man die Zahl der Bohrlöcher linear von den Annahmen in Welsch et al. (2018) von 25 GWh/a runter, wäre hier z.B. eine Bohrlochkonstellation mit 19 Bohrlöchern denkbar, wie sie in Welsch et al. (2016) mituntersucht wurde. Ein solcher Speicher müsste allerdings so zentral gebaut werden, dass durch die Fernleitung der Wärme in die Orte nur geringe Wärmeverluste entstehen. Ansonsten würden deutlich geringere Speichergrößen benötigt, die auch höhere Verluste im Speicher bedeuten würden. Zudem würden größere Solarthermieranlagen benötigt, deren Überschüsse im Sommer in den Speicher geladen werden. Die optimalen Anlagen bei Welsch et. al (2018) weisen eine Kollektorfläche von etwa 40.000 bis 45.000 m² auf. Proportional runtergerechnet wären hier etwa 20.000 bis 25.000 m² Kollektorfläche notwendig. Diese Fläche dürfte in direkter Nähe zu den Orten nicht verfügbar sein. Eine interessante Variante wäre die Kombination des geplanten großen Photovoltaikfeldes in Rech mit einer Wärmepumpe, deren Überschuss im Sommer genutzt werden könnte, um das Nahwär-

¹² Annahme: keine Subventionen werden gezahlt. Je nach Subventionen können sich andere Varianten als kostengünstiger erweisen

¹³ Nahwärme für Altenburg – Versorgung ist gesichert, Rheinzeitung, Nr. 206, 4.9.24 (Werner Dreschers)

¹⁴ <https://ahrtal-werke.de/erzeugung/>

menetz zu betreiben und überschüssige Wärme in den saisonalen Speicher einzuspeichern. Auch in der Übergangszeit und Winter könnten teilweise Überschüsse der Photovoltaikanlage zum Betrieb der Wärmepumpe genutzt werden. Eine alternative Nutzung der Fläche zur Erzeugung von Solarthermie erscheint aufgrund der langen Wegstrecke nicht sinnvoll, zumal in Kombination mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe im Sommer, zum Einspeisen der Wärme in den Speicher in der reinen Erzeugung ähnliche Effizienzen erreicht werden wie mit einer Solarthermieranlage.¹⁵ Geht man von einer Speichereffizienz von 80 Prozent aus, werden bei einer Arbeitszahl der Wärmepumpe von 4 etwa 3,8 GWh Strom benötigt¹⁶.

Weitere Möglichkeiten ergeben sich aus der Nutzung von weiterem aus erneuerbaren Quellen erzeugtem Strom für den Betrieb der Wärmepumpe. Eine koordinierte Nutzung und ggf. sogar gezielte Gestaltung der erneuerbaren Stromversorgung im Landkreis, auch auf eine hohe Eigenversorgung im Wärmebereich, wäre hier besonders interessant. Solche Varianten sind eine Möglichkeit, die bei der Planung und Umsetzung von virtuellen Kraftwerken gezielt berücksichtigt werden können. Ein Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz, in dem eine solche Planung und Umsetzung beispielhaft erfolgen soll, „EnergiregionPlus“, steht aktuell kurz vor der Bewilligung und soll Anfang 2025 beginnen.

Ein komplett alternativer Weg ergäbe sich aus der Nutzung von Stromüberschüssen für die Generierung von Wasserstoff. Mit der Installation entsprechender Erzeugungskapazitäten außerhalb des Landkreises werden Strombedarfe entsprechend steigen. Eine Erzeugung vor Ort wäre prinzipiell auch möglich, wird jedoch für die Nutzung im Wärmebereich eher nicht gesehen.¹⁷ Vor allem müssten auch entsprechende Speichermöglichkeiten gegeben sein, die in anderen Regionen deutlich größer sind. Benötigt werden für günstige große Speicher, idealerweise unterirdische Salzkavernen, in denen kostengünstig Wasserstoff unter hohem Druck gespeichert werden kann (vgl. z.B. Droste-Franke et al. 2012). Da Strom weitgehend verlustfrei transportiert werden kann, stehen Speicherung von Wasserstoff und Rückverstromung bzw. Nutzung des Wasserstoffs für andere Zwecke in direkter Konkurrenz zueinander. Dabei haben unvermeidbare Nutzungen von Wasserstoff z.B. für das Gesamtsystem Vorrang vor lokalen CO₂-Minderungsmaßnahmen. Würde man dennoch lokal Wasserstoff produzieren, müsste man auch entsprechende Energieverluste in Kauf nehmen. Aktuelle Elektrolyseure arbeiten mit Wirkungsgraden von maximal etwa 70 Prozent, bei kontinuierlichem Betrieb. Bei einer Rückverstromung mit Brennstoffzellen werden maximale Strom-Wirkungsgrade von 60 Prozent erreicht. Beide Technologien sind noch sehr innovativ und damit teuer. Zudem wären auch Abnehmer für die im Sommer bei der Elektrolyse entstehende Wärme wichtig. Hier könnte wieder ein geothermischer Speicher genutzt werden, allerdings würde im Idealfall etwa um einen Faktor zwölf mehr erneuerbarer Strom im Sommer für die Produktion der gleichen Wärmemenge wie mit einer Wärmepumpe benötigt¹⁸. In Zukunft werden voraussichtlich deutlich höhere Wirkungsgrade bei Elektrolyseuren möglich sein. Effizienzen bis zu 98% scheinen möglich.¹⁹

Fazit

Insgesamt erscheint vor dem aktuellen Entwicklungsstand der Technologien die Nutzung eines mitteltiefen saisonalen geothermischen Speichers eine interessante Ergänzung für warme Nahwärmenetze zu sein. Im Landkreis

¹⁵ Solarthermie: Nutzbarer Ertrag: 250-350 kWh_{th}/m²a (vgl. Corradini 2013), Freiflächenphotovoltaik: bei 987 Volllaststunden und 18% mittlerem Wirkungsgrad, 1000 W/m² Einstrahlung: 178 kWh/m²a (Wirth 2024), d.h. es würde eine Arbeitszahl von 2 ausreichen, um gleich effizient zu sein. Diese sollte leicht mit einer Luftwärmepumpe im Sommer erreicht werden können.

¹⁶ 14 GWh benötigt das Netz, bei ca. 10% Warmwasseranteil im Winter (vgl. etwa Wärmepumpenrechner des BWP: (<https://www.waermepumpe.de/jazrechner/>)), werden 15,12 GWh benötigt, was bei einer Arbeitszahl von 4 etwa 3,8 GWh Strom entspricht.

¹⁷ vgl. etwa <https://www.liebreich.com/the-clean-hydrogen-ladder-now-updated-to-v4-1/>

¹⁸ Annahmen: ca. 1/3 des Stroms für die Elektrolyse würde in Wärme umgewandelt, Arbeitszahl von 4 für die Wärmepumpe, Also: um ein Faktor 12 mehr Strom notwendig, um dieselbe Wärmemenge wie mit der Wärmepumpe zu erzeugen

¹⁹ Vgl. etwa <https://edison.media/energie/effizienz-durchbruch-bei-wasserstoff-elektrolyse/25229279/> und <https://futurezone.at/science/wasserstoff-95-prozent-effizienz-hysata-kapillarelektrolyse-energieverlust-herstellung-australien/402895424>

Ahrweiler kommen damit nur noch die Wärmenetze in Bad Neuenahr-Ahrweiler, Marienthal, Mayschoß und Dernau in Frage. Die in Studien untersuchte kostengünstigste Variante würde allerdings eine flächenmäßig deutlich größere Solarthermieranlage erfordern, als sie derzeit etwa in Dernau und Mayschoß schon geplant und in Marienthal umgesetzt wurde. In Summe müssten die Anlagen nach ersten groben Schätzungen um einen Faktor von ca. 3,5 bis 4,5 größer dimensioniert sein. Eine interessante Alternative könnte die Nutzung einer Wärmepumpe in Kombination mit erneuerbarem Strom zur Befüllung des Wärmespeichers im Sommer darstellen. Diese ist jedoch in den betrachteten Studien noch nicht untersucht worden.

Die maximalen Potentiale zur Nutzung erneuerbarer Energien im Landkreis sind hoch. Die meisten Beiträge werden in der vermehrten Nutzung der Windkraft und der Freiflächenphotovoltaik, inklusive Agri-Photovoltaik, gesehen. Die Nutzbarkeit der Windkraft hängt allerdings noch von sich gerade noch verändernden Rahmenbedingungen ab. Weitere Potentiale werden in der Photovoltaiknutzung am Haus gesehen. Fassaden- und Balkonkraftwerke können hier eine gute Ergänzung darstellen. Neben dem Ausbau der Erzeugung kann die koordinierte Gestaltung und Nutzung von Anlagen zusammen mit Speichern einen weiteren Beitrag zur wirtschaftlichen Gestaltung der Energieversorgung im Landkreis mit hohem Eigenverbrauchanteil darstellen.

Die Potentiale innovativer Technologien im Bereich Fließwassernutzung sind nur gering und werden voraussichtlich höchstens bei speziellen Anwendungen interessant sein. Die Agri-Photovoltaik stellt eine interessante Ergänzung der anderen Photovoltaikanlagen dar. Hier konnten wir nur grobe Potentiale abschätzen, genauere Werte werden aktuell vom Fraunhofer ISE erarbeitet. Diese liegen aktuell noch nicht vor. Insgesamt ergibt sich ein Potential von etwa 175 MW gegenüber ca. 500 bis 700 MW auf Dächern und bis zu 2000 MW Freiflächen-Photovoltaik auf gut geeigneten Flächen. Über die Nutzung der Fassaden könnte nochmal maximal knapp 400 MW an Leistung bereitgestellt werden. Auch wenn das errechnete Potential für Agri-Photovoltaik zunächst nur gering zu sein scheint, ist dieses interessant zu betrachten, da dafür nur ein kleiner Teil der landwirtschaftlich genutzten Fläche genutzt wird, während die anderen Abschätzungen Maximalpotentiale und damit die Nutzung jeder geeigneten Fläche darstellen.

Referenzen

- Bauer, D.; Heidemann, W.; Marx, R.; Nußbicker-Lux, J.; Ochs, F.; Panthalookaran, V.; Raab, S. (2008) Solar unterstützte Nahwärme und Landzeit-Wärmespeicher, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart, Stuttgart
- Corradini, R.; Sutter, M.; Leukefeld, T.; Prutti, C.; Wagner, H.-J.; Eickelkamp, T.; Rosner, V. (2014) Solarthermie. Technik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz für solarthermische Systeme in Einfamilienhäusern. Wüstenrot Stiftung, Ludwigsburg
- Dehner, U. (2024) Themenhefte vorsorgender Bodenschutz. Thermische Eigenschaften von Böden. Eine Auswertung von Messdaten aus Rheinland-Pfalz, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB), Mainz Kreisverwaltung Ahrweiler; wertsicht GmbH; Infrastruktur und Umwelt (2022) Integriertes Klimaschutzkonzept für die eigenen Zuständigkeiten des Landkreises Ahrweiler, Bad Neuenahr-Ahrweiler, 30.9.2022
- Meyer, W. (2013) Geologie der Eifel. 4. Auflage, Schweizerbart, Stuttgart
- Sass, I. (2022) Vortrag zur möglichen Nutzung mitteltiefer Geothermie als Option im Wiederaufbau der Wärmeversorgung an der Mittelahr. GFZ Potsdam, 24.3.2022
- Welsch, B., Rühaak, W., Schulte, D.O., Bär, K., Sass, I., 2016. Characteristics of medium deep borehole thermal energy storage. Int. J. Energy Res. 13 (40), 1855 – 1868. <https://doi.org/10.1002/er.3570>.
- Welsch, B.; Göllner-Völker, L.; Schulte, D.O.; Bär, K.; Sass, I.; Schebek, L. (2018) Environmental and economic assessment of borehole thermal energy storage in district heating systems. Appl. Energy 216, 73 – 90. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.011>.

Wirth, H. (2024) Aktuelle Fakten zu Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>