



„Dezentrale Stromversorgung und zeitsynchroner Verbrauch im Landkreis Cochem-Zell“

Innovatives Klimaschutzteilkonzept

Bericht - Kurzfassung

Eine Studie der:



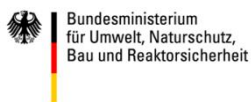
In Kooperation mit:



Mit freundlicher und finanzieller Unterstützung:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



„Dezentrale Stromversorgung und zeitsynchrone Verbrauch im Landkreis Cochem-Zell“

Auftraggeber/Herausgeber:

Kreisverwaltung Cochem-Zell	Ansprechpartner:
Endertplatz 2	Hr. Barbye
56812 Cochem	Hr. Ehl

Konzepterstellung:

Transferstelle Bingen (TSB)	Telefon: 06721 / 98 424 0
Berlinstraße 107a	tsb@tsb-energie.de
55411 Bingen	

TSB-Projektnummer: 307805	Datum: 28.02.2018
----------------------------------	--------------------------

Projektleitung:

Prof. Dr. Ralf Simon (PL)	Telefon: 06721 / 98 424 259 simon@tsb-energie.de
Michael Münch (stellvertretender PL)	Telefon: 06721 / 98 424 264 muench@tsb-energie.de

Projektbearbeitung:

Leonie Herold	Telefon: 06721 / 98 424 275 herold@tsb-energie.de
unterstützt durch Markus Bastek, Marie-Isabel Hoheisel, Kerstin Kriebs	



Transferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung • Berlinstr. 107a • 55411 Bingen
im

Institut für Innovation, Transfer und Beratung gGmbH

GEFÖRDERT DURCH:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 03K01811 für das innovative Klimaschutzteilkonzept gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Förderkennzeichen: 03K01811

Auftraggeber: Landkreis Cochem-Zell

Projektnummer: 307805

Datum: 01.03.2017 bis 28.02.2018



Transferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung • Berlinstr. 107a • 55411 Bingen

im

Institut für Innovation, Transfer und Beratung gGmbH

Zusammenfassung und Fazit

Motivation

Für das erfolgreiche Umsetzen der Energiewende müssen große Herausforderungen bewältigt werden – besonders im Sektor Strom. Diese Herausforderungen ergeben sich v.a. durch den zunehmenden Anteil an Erneuerbaren Energien in der Erzeugungsstruktur. Weitere Herausforderung ist die Zunahme elektrischer Verbraucher in neuen Anwendungen, wie Elektromobilität und Power-to-Heat (also Umwandlung von Strom in Wärme - insbesondere Wärmepumpe). Die Energieversorgung in Deutschland weist seit 2016 einen Anteil von Erneuerbaren von etwa 30 % aus. [1] Abbildung 0-1 stellt die Verteilung der Erzeugungsstruktur mit Details zu den Erneuerbaren Energien dar. Hierbei handelt es sich um die Bruttostromerzeugung in Deutschland.

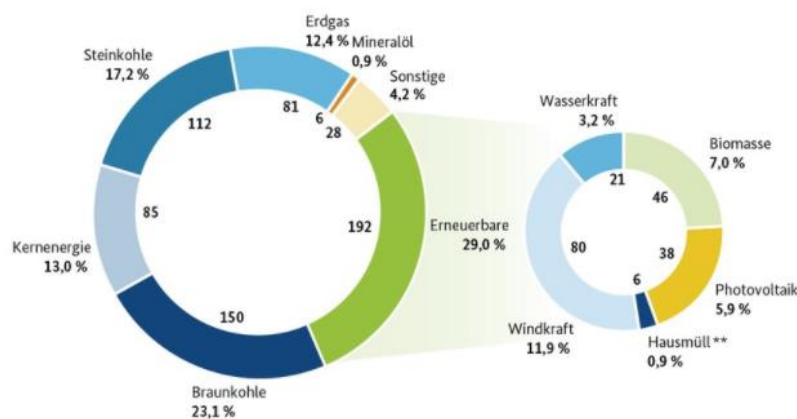


Abbildung 0-1 Entwicklung der Erzeugungsstruktur; Anteil Erneuerbare 2016 [1]

Für die Stabilität der Versorgungssicherheit im Stromversorgungsnetz ist es zukünftig wichtig, Erzeugung und Nachfrage flexibel aufeinander abstimmen zu können. Es wird immer wichtiger Lösungen zu finden, die die fluktuierenden Erneuerbaren in die bestehenden Strukturen einbinden, um die ebenso individuelle und schwankende Nachfrageseite ausreichend bedienen zu können.

Die zukünftige Versorgungssicherheit lässt sich insbesondere durch das intelligente Verschalten von **Last-Flexibilität und Speicherlösungen** erreichen. Innerhalb des Weges von Erzeugung und Speicherung über Verteilung bis hin zum Verbrauch, gibt es verschiedenste Ansätze, Flexibilität in die schwankende Erzeugungs- und Verbrauchsstruktur einzubringen. Es bedarf also zusätzlich zur Hebung von Flexibilität eine **moderne Informations- und Kommunikationsstruktur**, welche die Flexibilitäten (Erzeuger, Speicher und Verbraucher) verschaltet und gebündelt Wirkung erzielen lässt.

Durch die dezentrale Verteilung der Erzeugungseinheiten (PV, KWK, Wind, ...) sollten diese Lösungen nicht nur auf übergeordneter Ebene (Übertragungsnetz, zentral), sondern ganzheitlich, über alle Ebenen und über dortige Akteure, betrachtet werden. Hier setzt die Initiative des Landkreises Cochem-Zell an, die Zielsetzung, Erzeugung und Verbrauch aufeinander abzustim-

men, lokal zu lösen. Die im Landkreis Cochem-Zell installierten Leistungen, ob fluktuierende wie auch grundlastfähige Quellen, sollen die Vor-Ort anfallende Nachfrage zu großen Teilen bzw. vollständig decken. Ein Ansatz der den **lastganggerechten Gedanken** innerhalb des Landkreises verfolgt und die Motivation zu nachfolgend bearbeiteten Klimaschutzteilkonzept gegeben hat.

Hier gilt es, die dynamischen, komplexen und herausfordernden Aspekte der Energiewende zu meistern. Dabei spielen die verschiedenen Transformationsprozesse, die bei der Sektorenkoppelung (Wärme, Verkehr, ...) beginnen und über die Digitalisierung der Energiewirtschaft im „Smart Grid“ münden, eine Rolle. Es werden auch die Weiterentwicklungen und Veränderungen der bisherigen Regelmechanismen betrachtet, sowie auf die Generation von Wertschöpfung durch systemdienliche Maßnahmen in der Region hingewiesen. Dies wird in Maßnahmen des Teilkonzeptes berücksichtigt.

Vorgehen und Ergebnisse

Zu Beginn des Projektes wurde eine Strom- und CO₂e-Bilanzierung für das Jahr 2015, auf Basis von Viertelstunden-Werten im Landkreis, vorgenommen. Diese Bestandsaufnahme ließ eine Aussage zur lastganggerechten Deckung im Landkreis Cochem-Zell zu. Bereits **66 %** des Verbrauchs können lastganggerecht, also Deckung des Verbrauchs pro 15-Minuten, durch lokale erneuerbare Energie und somit **CO₂e-ärmer** als durch den derzeitigen bundesdeutschen Strommix gedeckt werden. In der jahresbilanziellen Gegenüberstellung wird ein Wert von etwa **165 %**, also Überdeckung¹ ausgewiesen. Die CO₂e-Emissionen belaufen sich daher im Vergleich lediglich auf rund **19.000 t/a CO₂e**, statt auf etwa **157.000 t/a CO₂e**, bei 100 %-Deckung, durch den bundesdeutschen Strommix. Weiterhin kann der Landkreis durch die Erzeugung aus den erneuerbaren Energieanlagen, aufgrund des Verdrängungseffekts von bspw. Kohlekraftwerken, der sich nach dem Grundsatz des EEG „Einspeisevorrang“ und der Merit-Order-Liste² ergibt, eine Gutschrift von rund **190.000 t CO₂/a** verzeichnen.

Die Energiewende, explizit der bundesweite Ausbau der erneuerbaren Energien, lässt den bundesdeutschen Strommix (= Graustrom) sinnbildlich immer „grüner“ werden und hat den **positiven Effekt**, dass die spezifischen CO₂e-Äquivalente (Treibhausgas (THG) -Emissionen) pro genutzter Energieeinheit (kWh_{el}) aus dem Netz stetig abnehmen. Der **negative Effekt** wird jedoch auch immer öfter thematisiert: es bedarf einer Integration der „neuen“ Energieerzeuger. Das Versorgungsnetz wird in Zukunft vermehrt Schwierigkeiten bekommen, wenn die „grüne“, meist fluktuierende Erzeugung zunimmt und fossile, „graue“, stetige Erzeuger, wie Braun- und Steinkohlekraftwerke sukzessive vom Netz gehen. Die **Herausforderung** liegt in der Sicher-

¹ 65% an Verbrauch könnten mehr gedeckt werden (in Export ausgedrückt: 40 % der EE-Erzeugung fließen aus dem Landkreis)

² Einsatzreihenfolge der erzeugenden Kraftwerke an der Börse (orientiert entlang der Grenzkosten)

stellung der Systemstabilität im Netz, die v.a. durch die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts zwischen Stromerzeugung und -verbrauch realisiert wird.

Für eine erfolgreiche Energiewende, die **bundesweit die THG-Emissionen reduziert**, bedarf es im großen wie auch kleinen Verbund Akteure, die für einen Ausgleich zwischen Stromerzeugung und -verbrauch geeignet sind. Das Stichwort hierfür lautet **Flexibilität**: steuerbare Anlagen wie Erzeuger, Verbraucher und Speicher, stellen sich auf eine zeitlich variable Steuerung ein und fangen Lasten entsprechend der Situation ab. Die Flexibilisierung kann dabei einen Schwerpunkt auf die Erhöhung der Eigenverbrauchsdeckung, die Reaktion auf Preissignale am Markt sowie das Beheben von Netzproblemen legen und/oder diese kombinieren.

Daher wurden für den Landkreis Grundlagen einer **möglichen Flexibilisierung**, wie bspw. die Ermittlung von potenziellen Akteuren und flexibilisierbaren Prozessen (Demand Side Management), die Entwicklung und die Einbindung von Erzeugern sowie der Identifizierung eines geeigneten Speichereinsatzes, erörtert. Nach dieser Potenzialermittlung wurde der **Fokus** auf eine mögliche Realisierung einer intelligenten Vernetzung und Steuerung der Anlagen (virtuelles Kraftwerk) auf kommunaler Ebene gelegt.

Dem **Stromverbrauch** in Cochem-Zell in Höhe von **295.000 MWh/a (2015)** steht eine **Erzeugungsmenge** von in Summe **489.000 MWh/a (2015)** gegenüber. Die Erzeugung wird zu großen Teilen durch drei Wasserkraftwerke sowie installierter Wind- und PV-Leistung gespeist. Vor allem die erzeugten Energiemengen der **fluktuierenden Energieträger**, wie Wind und PV (in geringen Maßen auch die Wasserkraft) benötigen für einen vermehrt primären lokalen und wirtschaftlichen Einsatz Flexibilität. Für den Landkreis ergeben sich hierbei zum einen Anwendungsfelder zur **Speicherung** der Überschüsse in Batterien (für einen späteren Einsatz bei unterdeckten Situationen) und zum anderen die Schaffung von Verbänden, die bspw. auch **Sektorenkopplung** zulassen. Hierbei ist im Zusammenhang von Windenergieanlagen der Einsatz von Elektrolyseeinheiten zu nennen (Stichwort: Power to Gas, Wasserstoff-Erzeugung). Auch von Bedeutung ist die Betrachtung der Flexibilisierung und Wärmenutzung der bereits ansässigen **Biogasanlagen** im Landkreis. Biogasanlagen mit dem Einsatz von **Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen** (KWK) bieten in Zusammenhang mit den Gasspeichern geeignete Regler im Verbund sonst fluktuierender Erzeuger.

Weiterhin und zusätzlich zur erzeugerseitigen Betrachtung wird zunehmend das **Flexibilisieren von Verbrauchern** wichtig. Die Abstimmung zwischen Erzeugung und Verbrauch, bspw. durch Optimierung der Eigenverbrauchsdeckung, wird nicht nur wirtschaftlich sondern auch aufgrund der Ziele der Energiewende und damit dem zunehmenden Ausbau der Erneuerbaren relevant.

In Cochem-Zell bietet sich bereits eine **aktive Kulisse**, die durch PV-Ausbau-Kampagnen, PV-Batteriespeicher-Einsätze sowie Heizungserneuerung, mit dem Aspekt des Power-to-Heat-Einsatzes dafür Sorge trägt, der Energiewende zu folgen und diese mittels innovativer Ansätze unterstützt.

Ziel des vorliegenden Teilkonzepts ist es, Wege aufzuzeigen, welche die vorliegende Ausgangssituation im Landkreis mit einer möglichen Steuerungsinfrastruktur ausstattet und bspw. in einem lokal verankerten, virtuellen Kraftwerk bündelt. Konkret wurde dabei untersucht, welche

Maßnahmen (Projekte) den Deckungsanteil des genutzten erneuerbaren Energieanteils bezogen auf den Verbrauch, zeitsynchron steigern lassen.

Ergänzend zur Wärmewende, dem Ausbau und Zusammenschluss von steuerbaren Batteriespeichern im Landkreis sowie weiteren, bereits aktiven Handlungsfeldern wurde ein **mögliches Konzept zur Umsetzung eines virtuellen Kraftwerks** erarbeitet und dokumentiert. Dabei wurden viele Einflussfaktoren benannt, die es bei einer Umsetzung zu beachten gilt. Ein möglicher Weg ist die Schaffung von Umsetzungsstrukturen über eine Energiegenossenschaft, die über diverse Partner, wie bspw. einen Vermarktungsdienstleister, eine lokale Lösung aufbaut, die das Bündeln der Erzeuger, Verbraucher und Speicher im Landkreis ermöglicht. Das Marktumfeld gestaltet sich aktuell sehr volatil und stetig ändernd, sodass eine klare Aussage zur Wirtschaftlichkeit im Detail nicht möglich ist. Der **Regelenergiemarkt** hat in den letzten Jahren erlösseitig stetig abgenommen, in Verbindung mit anderen Märkten, wie bspw. dem kurzfristigen **Börsenhandel** (Day-Ahead und Intraday) sowie **interner Kosteneinsparprojekte** der einzelnen Akteure (Anlagenbetreiber, (Industrie-) Betriebe) lassen jedoch auch heute und in Zukunft wirtschaftlich tragbare Konzepte zu.

Das frühzeitige Aufstellen einer intelligenten Steuerungsinfrastruktur sowie dessen Bündlungsmanagement schafft die Möglichkeit der **Erfahrungssammlung**. Weiterhin wird berücksichtigt wie ein Abregeln von Einspeisern (bspw. Windkraftanlagen oder PV-Anlagen) umgangen werden kann sowie die Integration zusätzlicher Verbraucher, wie bspw. Elektromobilität ermöglicht wird. Es bleibt derzeit offen, ob es **regulatorisch oder marktlich organisierte Ansätze** geben wird, die eine ausreichende Basis an Flexibilität zur Integration der Erneuerbaren sowie der zusätzlichen Verbraucher zulässt. Aktuell wird über das BDEW- Ampelphasenkonzept beschrieben, wie in der gelben Phase eine freiwillige, auf vertraglicher Basis festgelegte Anforderung von Flexibilität durch den Netzbetreiber an den Anbieter erfolgen kann. Auf diese **kommandierten Märkte**, ob gesetzlich über Kostenerstattung oder wettbewerblich über den Markt organisiert, bereitet sich der Landkreis Cochem-Zell durch den Aufbau eines virtuellen Kraftwerks vor.

Die wichtigsten Erkenntnisse und Ergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst:

Strom- und CO₂-Bilanz

- Das Bilanzjahr für die lastganggerechte Strom- und CO₂e-Bilanz war das Jahr 2015
- Die Bilanzierung wurde für jede dem Landkreis angehörige Verbandsgemeinde (Σ vier: VG Cochem, VG Zell, VG Kaisersesch, VG Ulmen) vorgenommen
- Der Endenergieverbrauch (Strom) im Landkreis beträgt für das Jahr 2015 etwa 295.015 MWh_{el}/a. Die CO₂e-Emissionen, berechnet über den bundesdeutschen Strommix, ergeben hierzu einen Wert in Höhe von 156.948 t/a. Werden die Erneuerbaren Energien aus dem Landkreis hinzugerechnet, ergibt sich eine Emission von etwa 19.14 t/a (THG-Emissionen durch Erzeugung und THG-Emissionen durch Netzbezug).

- Bei der Berechnung eines lokalen THG-Emissionsfaktors, der sich anhand eines $\bar{\emptyset}$ - Wertes über alle Viertelstunden des Jahres 2015 (Erzeugungsmix EE + Reststrombezug aus dem Netz) bildet, ergab sich ein Emissionsfaktor von 49,3 g/kWh. Im Vergleich dazu hat der bundesdeutsche Strommix einen Wert von 532 g/kWh (Stromnetz-lokal 2015 – GEMIS - Version 4.94).
- Die Stromerzeugung im Landkreis, mittels Erneuerbarer Energien und effizienter Kraft-Wärme-Kopplung, betrug 491.550 MWh_{el}/a, was eine Überdeckung des Verbrauchs von 65 % entspricht. Dazu tragen bislang vor allem die drei Mosel-Wasserkraftwerke, Windenergie, Solarenergie und Biomasse sowie KWK bei.
- Die Gegenüberstellung des Verbrauchs und der Erzeugung über den Jahresverlauf (2015) in Viertelstundenwerten lässt eine Aussage zum Deckungsanteil zu, der sich auf 66 % beläuft (Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch). Das zeigt, dass Flexibilität für einen zeitlichen Ausgleich je 15 Minuten-Einheit notwendig wird, da Viertelstunden mit Über- bzw. Unterdeckung auftreten [10 % näherungsweise Deckung (Spanne zwischen 90 – 110 %), 14 % Unterdeckung (< 90 %), 76 % Starke Überdeckung].
- In den Sommermonaten kommt es oft zu erhöhtem Strombezug aus dem vorgelagerten Netz (aufkommende Lasten). Dieser resultiert v.a. aus dem Erzeugungsverhalten der Wasserkraft im Landkreis (installiert 49,2 MW_{el}). An sonnenreichen und warmen Tagen stellen sich tendenziell eher Erzeugungsreduktionen u.a. aufgrund des Wasserpegels der Mosel ein.
- Weiterhin lassen sich hohe Überschüsse durch die im Landkreis installierte fluktuierende Windkraft erklären. Es ist zu erkennen, dass der Stromverbrauch in den Sommermonaten dezent abnimmt.
- Die Struktur im Landkreis kann diese Defizite bzw. Überschüsse heute noch nicht ausgleichen und abfangen. Nachfolgende Abbildung stellt diese Deckungssituation auf andere Weise nochmals grafisch dar.

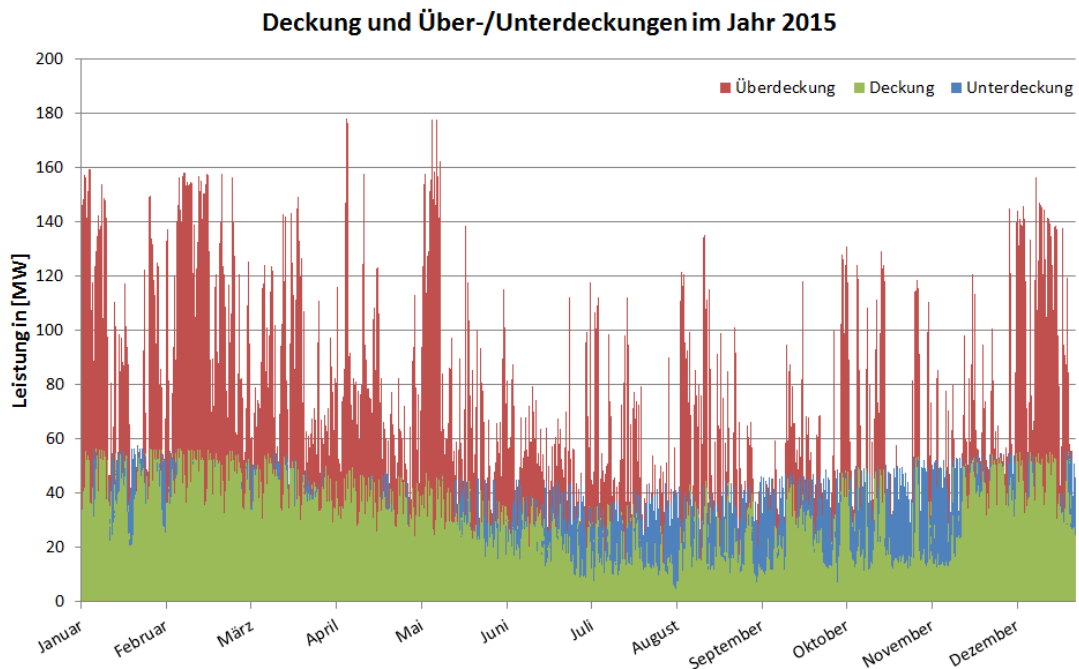


Abbildung 0-2 Darstellung der Deckungssituationen über das Bilanzierungsjahr 2015

- Die Struktur im Landkreis setzt sich hinsichtlich der Verbrauchsmengen und erzeugten Jahresstrommengen prozentual wie folgt zusammen und beeinflusst die dargestellten Situationen.

Verbrauch³: 46 % Gewerbe groß (G0), 29 % Haushalt (H0), 12 % Gewerbe klein/mittel (G0), 7 % Wärmespeicher (TB1), 3 % Wärmepumpen (WB1), 3 % Landwirtschaft (L0) [$\Sigma = 295.015.193$ kWh]

Erzeugung: 43 % Wasser (Mosel), 37 % Wind, 12 % Solar (PV), 7 % Biomasse, 1 % KWK [$\Sigma = 492.012.663$ kWh]

³ In Klammern wird das hinter liegende Standardlastprofil mitgeführt: H0 = Haushalt, G0 = Gewerbe, L0 = Landwirtschaft, TB1 = Wärmespeicher, WB1 = Wärmepumpe mit Unterbrechung

Bedeutung im Jahr 2030 – Was passiert?

- Die Situation im Jahr 2030 zeigt, dass der Deckungsanteil durch erneuerbare Energien nicht durch reinen Zubau der erneuerbaren Energien steigt. Es bedarf flexibler Maßnahmen die die Erzeugung und den Verbrauch überein bringen. Es braucht also der Maßnahmenfindung, Stromüberschüsse für Zeiten des Strommangels vorzuhalten (Erzeuger- und Speicherseite), oder verbrauchsseitig Verbraucher der Erzeugung entsprechend anzupassen.
- Neben der Schaffung von Flexibilität in den einzelnen Bereichen wird es in der Stromversorgung auch immer wichtiger sektorenübergreifende Ausgleichsoptionen einzusetzen.
- Für den Landkreis Cochem-Zell bedeutet Sektorenkopplung zukünftig, Strom, Gas (vor allem Wärme) und Verkehr (Elektromobilität, wie auch gasbetriebene Autos) zusammenzuführen. Für die Zukunft und eine erfolgreiche Umsetzung der lastganggerechten 100 % Deckung aus EE sowie der Verknüpfung der einzelnen Sektoren bedarf es der Hebung und Erweiterung bereits vorhandener Flexibilitäten, wie bspw. durch KWK-Anlagen sowie wärmeseitig installierter Power-to-Heat-Anlagen (bspw. Wärmepumpen und -speicher). Mit fortschreitender Zeit im Wandel der Energiewende werden weitere intelligente und bereits auf eine gesteuerte Fahrweise vorbereitete Anlagen hinzukommen.
- KWK-Anlagen mit Wärmespeichernetzen und integrierten PtH-Anlagen (bspw. Wärmespeicher-gekoppelte elektrische Heizstäbe oder Erhitzer im Durchlaufverfahren), reine stromgeführte und auch bivalente Wärmepumpen als auch stationäre Batteriespeicher in Haushalten, Gewerbe und öffentlichen Einrichtungen sowie die alternative Mobilität mit gesteuertem Be- und auch Entladen werden in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.
- Power-to-Gas Anlagen, zur Umwandlung des Stroms in Wasserstoff und ggf. sich anschließendem Methanisierungsverfahren, sind weiterhin eine wichtige Option für die Sektorenkopplung und die Reduzierung der Stromüberschüsse. Sie stellen einen geeigneten Weg dar, einen zeitlich entkoppelnden Einsatz von Energie zu ermöglichen.

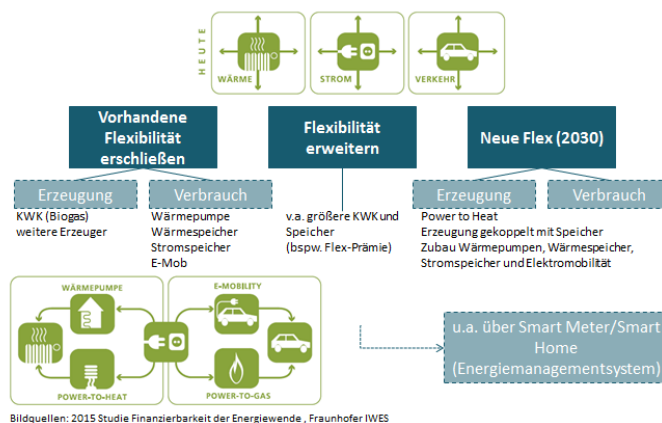


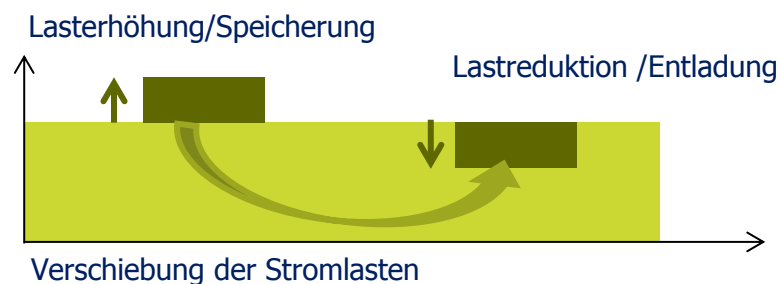
Abbildung 0-3 Schema der zukünftigen Entwicklung (Flexibilität, Sektorenkopplung)

Potenziale zur Flexibilisierung und Sektorenkopplung

Die Potenzialanalyse gliedert sich in drei Bereiche:

- Demand Side Management (DSM)
- Erzeugung
- Speicherung

Jeder Bereich für sich enthält allgemein mögliche Potenziale sowie die Diskussion der Übertragbarkeit auf den Landkreis und einen Ausblick auf die Struktur des Landkreises. Die Potenzialanalyse beschäftigt sich in allen drei Schwerpunkten v.a. mit der Bewertung des **Flexibilitätspotenzials**. Flexibilität bekommt, wie eingangs beschrieben, eine immer bedeutendere Rolle und beschreibt im energiewirtschaftlichen Sinn die **Anpassungsfähigkeit der (Strom-) Einspeisung und der (Strom-)Entnahme**. Diese Anpassungsfähigkeit kann durch interne und externe Signale ausgelöst werden. Dabei wurden interne Signale als Maßnahmen gesehen, die durch eine Aktivierung direkt vom Anlagenbetreiber erfolgt (bspw. im Unternehmen Energiemanagement-Maßnahmen: Kappen von Spitzenlasten). Externe Signale hingegen sind eine Reaktion auf Preissignale oder Aktivierungen, die von außen ausgelöst werden.



Für den Projektraum Cochem-Zell wurden bundeslandspezifische sowie deutschlandweite Studien auf die Struktur und Akteuren übertragen und Gespräche mit einzelnen Gruppen gesucht. Im Bereich Demand-Side-Management in den Industrie- und Gewerbebranchen konnten z. B. Lebensmittel-Verpackungsbetriebe sowie Weinkellereien angesprochen werden. Der öffentliche Bereich sowie die Flexibilisierungschancen in priv. Haushalten beschränkten sich auf die Trink- und Abwasserbehandlung (bspw. Pumpleistungen) sowie den Zubau von PV-Heimspeichern und PtH-Anwendungen (bspw. Wärmepumpen). Weiterhin wird die Verkehrswende eine große Rolle als zusätzliche Verbrauchseite spielen. Die sektor koppelnden Techniken bilden eine gute Möglichkeit ab, die Stromüberschüsse gezielt abzufangen und Strommangel zu umgehen.

THG-Minderungspotenzial

Im vorliegenden Klimaschutzteilkonzept ist eine quantitative Bewertung der Treibhausgaseinsparpotenziale nicht eindeutig möglich, bzw. nicht sinnvoll durchführbar. Durch die über den Landkreis gehende Wirkung wird eine genaue Bezifferung der Einsparpotenziale schwierig. Jedoch lassen sich einzelne Einsparpotenziale qualitativ benennen:

- Die dezentrale Erzeugung und das Abstimmen mit dem Verbrauch ermöglicht eine Erhöhung der Eigenstromnutzung vor Ort und reduziert Transformations- und Transportverluste. Zusätzlich kommt es zu positiven Einzeleffekten. Beispielsweise ermöglicht der Einsatz von Power-to-Heat Anlagen eine Vermeidung von Emissionen durch brennstoffbefeuerte Wärmeerzeuger (v.a. Verdrängung durch Einsatz von Heizöl) sowie die Einbindung der entstehenden Stromüberschüsse aus erneuerbaren Energien. Weiterhin lassen sich durch gebündelte, flexible Anlagen Abregelungen von CO₂armen erneuerbaren Einspeisern umgehen sowie die Integration zusätzlicher Verbraucher, wie bspw. Elektromobilität durch „grünen“ Überschussstrom realisieren.
- Flexibilisierung, gebündelt in einem virtuellen Kraftwerk, ist eine gute und notwendige Möglichkeit, um die fluktuierenden Erneuerbaren Energien in das lokale, aber auch bundesweite Stromnetz zu integrieren und einen Beitrag zur Netzstabilität zu leisten. Dadurch wird der Bundesstrommix und somit der Einsatz von Strom bundesweit grüner und emissionsärmer.
- Anlehnend an die durchgeführte lastganggerechte Bilanzierung kann durch eine gezielte Flexibilisierung und 100-% Deckung des Verbrauchs im Landkreis über die Nutzung der erneuerbaren Energien ein Substitutionseffekt des Netzbezugs (Graustrom) beziffert werden, der sich auf etwas unter 11.400 t/a einordnen lässt.

Akteursarbeit/-beteiligung

Die Akteursbeteiligung hatte zur Aufgabe, die wesentlichen Akteure, Experten und Entscheidungsträger in den Prozess des Klimaschutzteilkonzeptes einzubinden.

- **Steuerungsgruppe:** In der laufenden Konzepterstellung traf sich die Steuerungsgruppe vier Mal um (Zwischen-) Ergebnisse zu besprechen und das weitere Vorgehen zu diskutieren. Aufgaben der Steuerungsgruppe waren die Vorbereitung von Terminen (Arbeitsgespräche/Workshops) und die kontinuierliche Abstimmung des weiteren Projektverlaufs. Die Steuerungsgruppe entschied u.a. über Schwerpunkte des Konzeptes. Die Steuerungsgruppe soll auch nach der Erstellung des Teilkonzeptes aktiv bleiben und die mögliche Umsetzung eines virtuellen Kraftwerks begleiten. In der Steuerungsgruppe saßen neben dem Auftraggeber „Landkreis-Cochem-Zell“ (Klimaschutzbereich), kommunal-

le Vertreter der Kreiswerke (Trinkwasserversorgung), die zwei im Landkreis tätigen Energieversorgungsunternehmen (Netz) sowie die TSB als Bearbeiter des Konzepts.

- **Abstimmungsgespräche und Informationsfluss** wurden zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer sowie Steuerungsgruppe nach Bedarf und themenorientiert geführt.
- **Auftaktveranstaltung:**
- **Akteursgespräche und Workshops**
- **Sonstiges**

Maßnahmen

Soweit im Einzelfall machbar, umfassen die Steckbriefe u. a. folgende Inhalte:

- Beschreibung der Maßnahme
- Erwartete Gesamtkosten mit Finanzierungsmöglichkeiten
- Quantitative Angaben zur erwarteten Energie- und Kosteneinsparung
- Minderung an CO₂e-Emissionen
- Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung durch die vorgeschlagenen Maßnahmen
- Zeitraum für die Durchführung (kurz-, mittel- oder langfristige Maßnahme; Dauer; Kontinuität)
- Akteure, Verantwortliche und Zielgruppe
- Priorität der Maßnahme, Handlungsschritte und Erfolgsindikatoren

Neben der **Pilotmaßnahme „Virtuelles Kraftwerk“**, die den Landkreis frühzeitig auf zukünftig kommende Entwicklungen im Versorgungssystem und dessen Märkten vorbereitet, wurden **weitere Maßnahmen**, welche die Realisierung eines lokalen Verbundes fördern, begleiten und ergänzen, identifiziert:

- Begleitung der Digitalisierung in der Energiewirtschaft – Intelligenz im Versorgungsnetz nutzen (bspw. Smart Meter, ...)
- Flexibilisierung in der Trink- und Abwasserversorgung
- Eigenversorgung der Straßenbeleuchtung (Einbindung von Überschüssen für die nächtliche Beleuchtung)
- PV- und Batteriespeicherausbau sowie Community-Lösungen (ähnlich dem Ansatz des derzeit laufenden Schwarmspeicher)
- Lokale Marke für das Virtuelle Kraftwerk (Identifikation für den Landkreis schaffen)

- Flexibilisierung von Wind- und Biogasanlagenbetreibern sowie (Industrie-) Betrieben (Eröffnung neuer, erweiterter Wertschöpfungspotenziale durch Flexibilisierung und evtl. Teilnahme am virtuellen Kraftwerk)

Durch die laufende Akteursarbeit während der Konzepterstellung haben sich erste zu verfolgende Pläne und angehende Projekte ergeben:

- **Trinkwasserversorgung:** Berücksichtigung der Integration einer Kommunikationstechnik zur Teilhabe an einem virtuellen Kraftwerk bei Erneuerung der Fernwirktechnik
Status: in Planung
- **PV-Ausbau und Speichercommunity:** weiterer PV-Ausbau sowie Verfolgung des Schwarm-speicherprojektes zur möglichen Multiplizierbarkeit im Landkreis
Status: Forschungsprojekt der Innogy
- **Straßenbeleuchtung:** Untersuchung der möglichen Übertragbarkeit des „Horner Modells“, welches die Eigenerzeugung bei der Straßenbeleuchtung verfolgt
- **Flexibilisierung in (Industrie-) Betrieben:** Implementierung eines Batteriespeichers zur internen Lastspitzenkappung sowie der Bereitstellung für das Netz zur Unterstützung der Energiewende

In Abstimmung mit der Kreisverwaltung und der Steuerungsgruppe wurden folgende Maßnahmen priorisiert sowie die Maßnahme der möglichen Umsetzung eines virtuellen Kraftwerks als „**Pilotmaßnahme**“ benannt (Dokumentation der Priorisierung über 4. Steuerungsgruppentreffen am 06.02.2018).

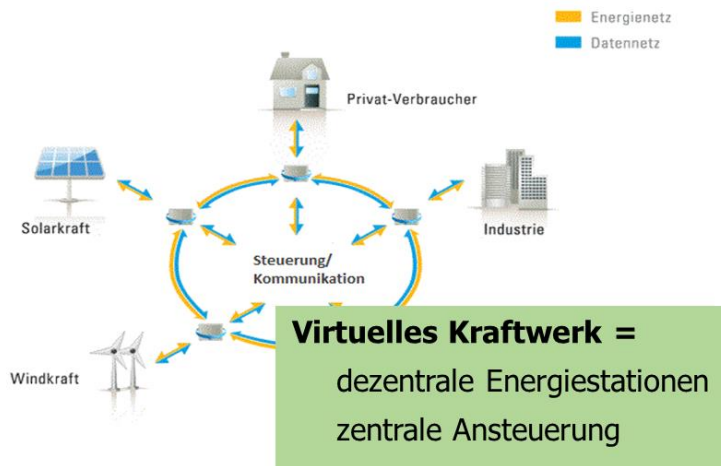
- ÖFF 1: Flexibilisierung der Trinkwasserversorgung
- ÖFF 3: Eigenversorgung Straßenbeleuchtung (bspw. anhand Horner Modell)
- HH 1: Potenzial im Landkreis zum Ausbau von PV (+ Speicher)
- HH 2: Speichercommunity – Regionale Lösungen
- vK 2: Flexibilisierung und energiewirtschaftliche Optimierung in (Industrie-) Betrieben – informieren und motivieren
- **vK 4:** Umsetzungskonzept und Realisierung eines virtuellen Kraftwerks als kommunales Gemeinschaftsprojekt

Weitere Maßnahmen die als begleitend wichtig angesehen werden:

- Ü 1: Öffentlichkeitsarbeit für die Aktivierung von Flexibilitätspotenzialen
- Ü 2: Fortführung und Erweiterung der Steuerungsgruppe als Kompetenznetzwerk regionaler und lokaler Akteure und Unterstützung von bestehenden Akteursstrukturen
- Ü 5: Austausch mit Projekten zur Realisierung eines virtuellen Kraftwerks (Verbund kleiner Anlagen) auf kommunaler Ebene
- vK 1: Lokale Marke „virtuelles Kraftwerk“ schaffen – Identifikation des Landkreises in einem intelligenten, zentralen System

Pilotmaßnahme: Umsetzung virtuelles Kraftwerk

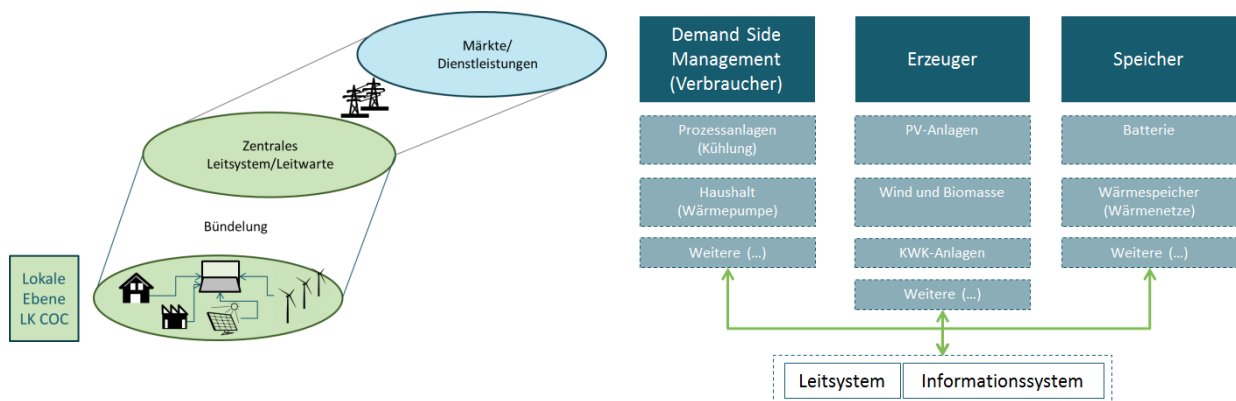
Ein **virtuelles Kraftwerk** ermöglicht die markt- und netzorientierte Zusammenschaltung dezentraler Erzeuger und Verbraucherlasten. Kurz und knapp: dezentrale Energiestationen – zentrale Ansteuerung. [2]



Der Nutzen eines virtuellen Kraftwerks ergibt sich durch die Regelbarkeit sowie die Ausnutzung der verschiedenen Anlagen- und Energieträgereigenschaften. Ein Verbund aus verschiedenen Anlagen ergänzt Schwächen, wie schlechte Prognostizierbarkeit, mit Stärken die sich bspw. in Regelbarkeit und Grundlastfähigkeit äußern können.

Im Landkreis Cochem-Zell stellt sich in den verschiedenen Verbandsgemeinden sowie in deren Verbund ein solcher, gut kombinierbarer, Mix zusammen.

Nach einer Identifizierung von Last- und Speicherflexibilitäten bedarf es **Akteuren** und einer **geeigneten Informations- und Kommunikationsinfrastruktur**, welche die Flexibilitäten (Erzeuger, Speicher und Verbraucher) verschaltet und gebündelt Wirkung erzielen lässt. Dabei spielen neben der reinen Technologie und der handelnden Akteure auch das Vertragskonstrukt zwischen den Partnern eine wichtige Rolle.



Um einen Verbund mehrerer dezentraler technischer Einheiten, wie bspw. PV-Anlagen, BHKWs, Batterie-Speicher und Verbraucher zu realisieren bedarf es einer Bündelung, die innerhalb eines zentralen Leitsystems organisiert und gesteuert wird. Die vorangestellte Abbildung stellt dies dar. Über diese zentrale Organisation wird ein Anbieten auf Märkten sowie das Schaffen von Dienstleistungsangeboten möglich.

Der Akteur der sich der Rolle der Bündelung annimmt wird als **Poolbetreiber** bezeichnet und bildet die zentrale Funktion der Bündelung ab. Er muss sich Partner suchen, die das Konstrukt „Virtuelles Kraftwerk“ möglich machen.

Hierbei handelt es sich um das Einbinden von Anlageneigentümern, Softwarepartnern, Vermarktungspartnern (Händler), Rechenleistung (Rechenzentrum) sowie einer Kommunikationsstruktur.

Nachfolgend wird der Ablauf innerhalb der möglichen Verbindung von dezentral verteilten Anlagen, Poolbetreiber und Vermarkter (Händler) skizziert. Je nach Ausführung und Realisierung können hier Abweichungen der Aufgaben und Verantwortlichkeiten entstehen. Die fettgedruckten Wörter beschreiben dabei zentrale Bestandteile der Gestaltung eines virtuellen Kraftwerks.

Ein Poolbetreiber macht es sich zur Aufgabe, die anlagentypischen Rahmenparameter, also Betriebsdaten, Freigaben der Anlage (Fahrpläne) sowie technische Restriktionen der Anlagen auf einem Leitsystem kontinuierlich auflaufen zu lassen (= Kommunikation dezentrale Anlage zu zentralem System). Der **Fahrplan** stellt die Verfügbarkeit der aufgeschalteten Anlagen dar und berücksichtigt Zeiten, Leistung, Kapazität sowie weitere Vorgaben, die der Anlagenbetreiber weitergeben muss (notwendige Stillstandzeiten, max. zeitliche Verfügbarkeit, bis bspw. Speicher voll ist). Die **Meldung der Anlagenverfügbarkeiten** sowie Nichtverfügbarkeiten, z. B. aufgrund einer anstehenden Wartung werden über den Poolbetreiber verwaltet und in der Fahrplanmeldung an den Vermarkter übermittelt. Diese zentralen Informationen werden vom **Anlagenbetreiber** durch Leistungs- und Lastprognosen bereitgestellt. Diese Kommunikation wird mit Hilfe geeigneter **Fernwirktechnik** realisiert. Diese kann alternativ zu einer zusätzlichen Kommunikationsbox in Zukunft u.a. über die Smart-Meter (Smart Meter Rollout, Messstellenbetriebsgesetz, August 2016) geschehen.

Der Poolbetreiber verwaltet in einem **Leitsystem (Software, Energiemanagementsystem)** alle aufkommenden Informationen der Anlagenbetreiber, um durch Weitergabe dieser Informationen, bspw. in Form eines Summenfahrplans, über den **Händler** eine Vermarktung zu ermöglichen. Dieses Leitsystem eröffnet als **Steuer- und Kommunikationszentrale** die Betriebsführung der angeschlossenen Anlagen und dient der Weiterleitung der Einsatzplanung des Händlers zur entsprechenden Ansteuerung (bspw. über ein Remote-System). Eine Einhaltung der Fahrpläne verteilt auf die Einzelanlagen sollte gewährleistet werden, um Unkosten aufgrund Nichterfüllens zu umgehen. Ziel ist einen ausgeglichenen **Bilanzkreis** zu realisieren.

Der **Vermarktungsdienstleister (Händler)** stellt aus dem Summenfahrplan eine optimale **Einsatzplanung** entsprechend der verschiedenen Handelsplätze wie Stromhandel (Börse, OTC) oder Regelernergie zusammen. Durch den kurzfristigen Intraday-Handel lassen sich hier im

Pool gute Ausgleichswirkungen zwischen fluktuierenden und regelbar-grundlastfähigen Erzeugern erzielen.

Die **Handelsanbindung** des virtuellen Kraftwerks an Märkte, bspw. Börsenzugang und Bilanzkreismanagement, erfolgt über den Händler. Dieser besitzt eine Schnittstelle, um Fahrpläne und Anlagen als Gebot auf den Märkten zu platzieren. Ein entsprechender Anlagenfahrplan geht als Sollbetriebskurve an die Anlage, in diesem Fall an den Poolbetreiber, zurück.

Ergänzend zur textlichen Beschreibung einer möglichen Ausgestaltung einer Bündelung und Vermarktung von Anlagen werden nachfolgend die notwendigen Verträge aufgelistet:

- Vermarktungsvertrag zw. Poolbetreiber und Anlageneigentümer
- Dienstleistungsvertrag zw. Poolbetreiber und Vermarktungsdienstleister
- Dienstleistungsvertrag zw. Poolbetreiber und Rechenzentrum (Anbieter Rechenleistung)
- Wartungs- und Anpassungsvertrag zw. Poolbetreiber und Softwareanbieter
- Kommunikationsverträge zw. Poolbetreiber und Kommunikationsanbieter (u.a. hier auch Kosten für Fernwirktechnik aufzunehmen)

Auch hier ist darauf hinzuweisen, dass je nach Ausgestaltung Verträge wegfallen oder sich gebündelt von einem Dienstleister realisieren lassen.

Gestaltung eines virtuellen Kraftwerks auf lokaler Ebene - Geschäftsmodell

Das vorherige Kapitel hat einen Einblick in das komplexe Konstrukt eines virtuellen Kraftwerks gegeben. Auf lokaler Ebene ist es wichtig eine Marke zu schaffen, mit der sich die Akteure identifizieren können und ein gemeinsames „Wir-Gefühl“ mit Wirkung erzielen. Dies kann bspw. über den Weg einer Genossenschaft erfolgen. Die VSE und die MEG sowie die REGE eG beschreiten diesen Weg bereits.

Die VSE und die MEG (Mittelbadische Energiegenossenschaft) haben diese lokale Marke bspw. über das „Energienetz Südwest“ geschaffen und bündeln dezentrale Stromerzeugungsanlagen über eine datenbankbasierte Leittechniklösung von Siemens. Durch die Schaffung der „Energie-Allianz“ wird die Erfahrung der beiden energieversierten Akteure verknüpft und eine „Dienstleistung“ für die Energiewende angeboten. [3]

Die REGE eG, Regenerative Energie Ebersberg, hat sich in enger Kooperation mit dem Klimaschutzmanagement des Landkreises Ebersberg (Bayern) auf den Weg gemacht, ein virtuelles Kraftwerk auf genossenschaftlicher Ebene zu verwirklichen. Im Aufsichtsrat der REGE sind mehrheitlich Bürgermeister des Landkreises vertreten. Über eine ehrenamtliche Konzeption und die Abwicklung des operativen Geschäfts über Klimaschutzmanager und einen Vertreter der REGE ist das virtuelle Kraftwerk im Landkreis Ebersberg zum Laufen gekommen. Das energie-wirtschaftliche Knowhow wird über einen Energiedienstleister bezogen. Derzeit werden in diesem virtuellen Kraftwerk sechs Biogasanlagen, eine Windkraftanlage sowie ein BHKW gebündelt. In Summe lässt sich dadurch eine Leistung von $> 10 \text{ MW}_{\text{el}}$ abbilden. [4]

Beide nun genannten Beispielprojekte sind die Umsetzung verschieden angegangen und spiegeln dadurch wieder, dass das ohnehin schon komplexe Wesen, dezentral verteilte Anlagen zu bündeln und zu vermarkten auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen kann.

Für den Landkreis wird im Nachgang zum Klimaschutzteilkonzept erarbeitet, welche Strukturen, seien es Akteure wie auch Technik und Software, sich als geeignet für den Landkreis zeigen.

Tabelle 0-1 Zusammenfassung der Bilanzierungsergebnisse

Basisjahr 2015	Landkreis Cochem-Zell	VG Cochem	VG Zell	VG Kaiser-sesch	VG Ulmen
Endenergieverbrauch	295.015 MWh_{el}	75.978 MWh _{el}	111.130 MWh _{el}	62.096 MWh _{el}	45.811 MWh _{el}
Erneuerbare Energie Erzeugung (EE)	491.550 MWh_{el}	151.200 MWh _{el}	139.800 MWh _{el}	176.680 MWh _{el}	23.870 MWh _{el}
Lastganggerechte Deckung (Deckung des Verbrauchs je 15 Minuten durch lokale EE-Erzeugung)	66 % (Flexibilität für zeitlichen Ausgleich je 15 Minuten notwendig, da Viertelstunden mit Über- bzw. Unterdeckung auftreten) (≠Jahresbilanz: 165 %, Fazit: Überdeckung)				
	10 % näherungsweise Deckung (Spanne zwischen 90 – 110 %)	14 % Unterdeckung (< 90 %)	76 % Starke Überdeckung		
		PV	Wind	Wasser	Biogas und KWK
THG-Emissionen durch lokale Erzeugung (inkl. Vorkette)	9.613 t/a	3.559 t/a	1.659 t/a	643 t/a	3.752 t/a
Lokaler THG-Emissionsfaktor	49,3 g/kWh (Ø über alle Viertelstunden des Jahres 2015, Erzeugungsmix EE + Reststrombezug aus dem Netz)				
THG-Emissionen unter Berücksichtigung der lastganggerechte EE-Erzeugung	19.148 t/a	THG-Emissionen durch Erzeugung	7.750 t/a	THG-Emissionen durch Netzbezug	11.389 t/a

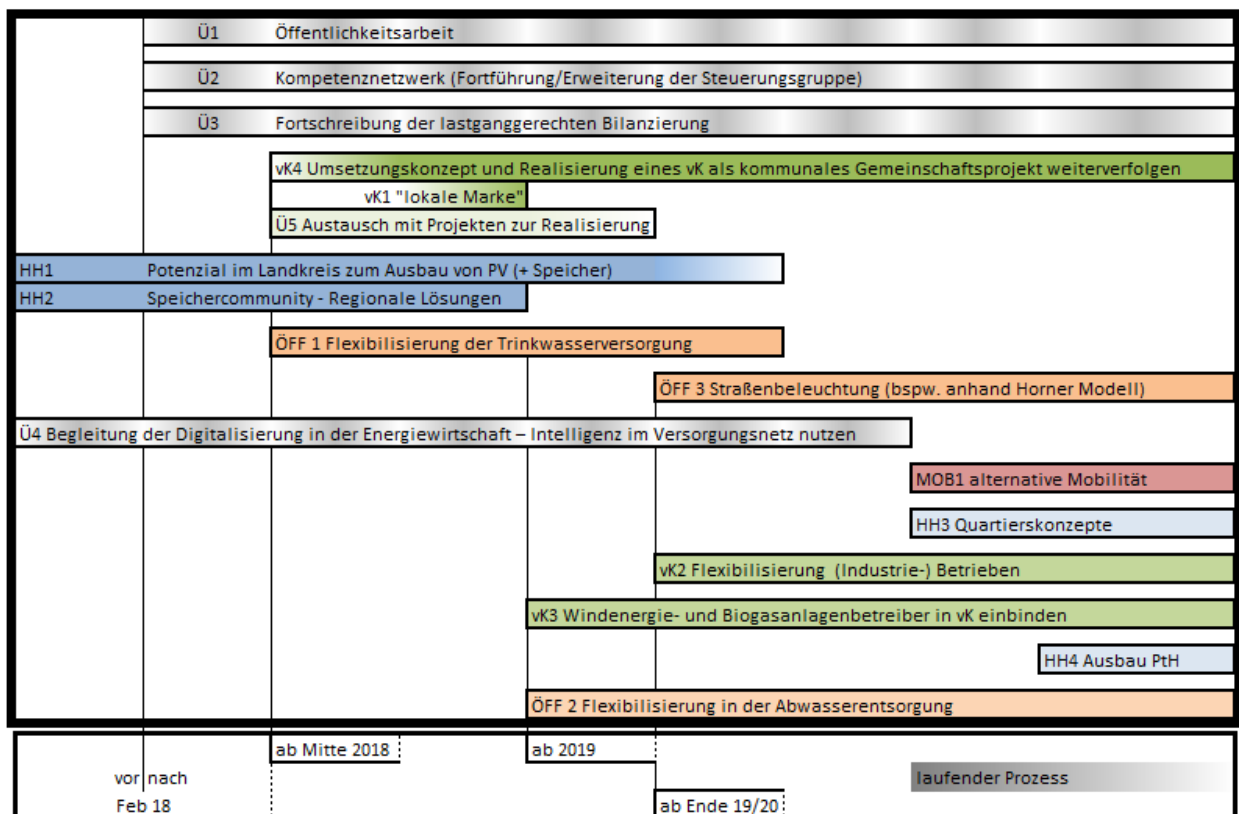


Abbildung 0-1 Überblick Maßnahmen + zeitl. Verlauf

Quellen

- [1] BMWi, „Erneuerbare Energien,“ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, [Online]. Available: <http://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>. [Zugriff am 12 April 2017].
- [2] TSB, Prof. Dr. Ralf Simon, Bildquelle: <http://www.tuev-sued.de/home-de/fokus-themen/embedded-systems/smart-grid>.
- [3] VSE, „Energieallianz: MEG und VSE,“ [Online]. Available: https://www.vse.de/fileadmin/dokumente/News_Presse/pdf_2017/PM_Energieallianz_MEG_VSE.pdf.
- [4] Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), „Ausgezeichnete Praxisbeispiele,“ Klimaaktive Kommune 2016, pp. 20-25, 2017.