

## Potenziale und Handlungsbedarf für die Nutzung von erneuerbaren Ressourcen zur klimafreundlichen Elektrizitäts- und Wärmeversorgung im Kanton Thurgau

Grundlagen für eine resiliente und nachhaltige Thurgauer Energieversorgung, Version vom 2.02.2023

### Inhalt

1	Ausgangssituation .....	1
2	Erneuerbare Energien Kanton Thurgau.....	2
2.1	Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Ressourcen .....	3
2.1.1	Wasser.....	3
2.1.2	Sonne.....	3
2.1.3	Wind .....	3
2.1.4	Erdwärme .....	3
2.1.5	Biomasse.....	4
2.1.6	Fazit erneuerbare Elektrizität.....	4
2.2	Produktion von Wärme aus erneuerbaren Ressourcen.....	5
2.2.1	Umweltwärme.....	5
2.2.2	Solarthermie.....	6
2.2.3	Holz.....	7
2.2.4	Biomasse (ohne Holz).....	7
2.2.5	Fazit erneuerbare Wärme .....	7
3	Ausgleich von Stromproduktion und Strombedarf im Thurgau.....	7
3.1	Ausbau des Stromnetzes.....	7
3.2	Einsatz von dezentralen Energiespeichern.....	8
3.2.1	Hausbatterien.....	8
3.2.2	Fahrzeuga Batterien .....	9
3.2.3	Energiemanagement im Internet of Things .....	14
3.2.4	Fazit Ausbau Stromnetze und dezentrale Energiespeicher.....	14
4	Schlussfolgerungen in Form von 12 Thesen.....	15
5	Politischer Handlungsbedarf .....	16
6	Dafür setzt sich «Die Mitte Thurgau» ein.....	17
7	Quellenverzeichnis .....	18

### 1 Ausgangssituation

Die schweizerische Energieversorgung steht im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung und dem Ukrainekrieg vor grossen Herausforderungen. Die Klimaziele sind in der gegebenen Frist nur erreichbar, wenn die fossilen Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzt sowie Gebäude und Produktionsprozesse energieeffizienter werden. Neue Atomkraftwerke sind zumindest kurz- bis mittelfristig keine Option, da weiterhin radioaktiver Abfall entsteht und die Auslandabhängigkeit (v.a.

Russland) beim Uran weiter besteht. Als Konsequenz dieser Entwicklungen sind fossile Brenn- und Treibstoffe zu ersetzen. Der zusätzliche Bedarf an Elektrizität und Wärme ist aus erneuerbaren Ressourcen zu decken. Die neusten Entwicklungen zeigen, dass der Ausstieg aus der Atomenergie und aus den fossilen Energieträgern richtig und konsequent weiterzuverfolgen ist. Der Neubau von Anlagen für die Gewinnung von Elektrizität und Wärme aus erneuerbarer Energie soll möglichst so erfolgen, dass Biodiversität und Fruchtfolgefleichen (Eigenversorgung mit Nahrungsmitteln) erhalten bleiben. Die grosse Herausforderung besteht darin, eine möglichst hohe Eigenversorgung zu erreichen und die Schwankungen bei der Energieproduktion aus erneuerbaren Ressourcen auszugleichen (7). Durch die Umstellung auf Wärmepumpen und E-Mobilität nimmt der Verbrauch an elektrischer Energie zu, aber insgesamt wird weniger Energie verbraucht.

## 2 Erneuerbare Energien Kanton Thurgau

Bei den erneuerbaren Energien sind das Potenzial und die Zeitperiode, innerhalb welcher dieses Potenzial realisierbar ist, unterschiedlich. Für den Kanton Thurgau ergibt sich folgendes Bild:

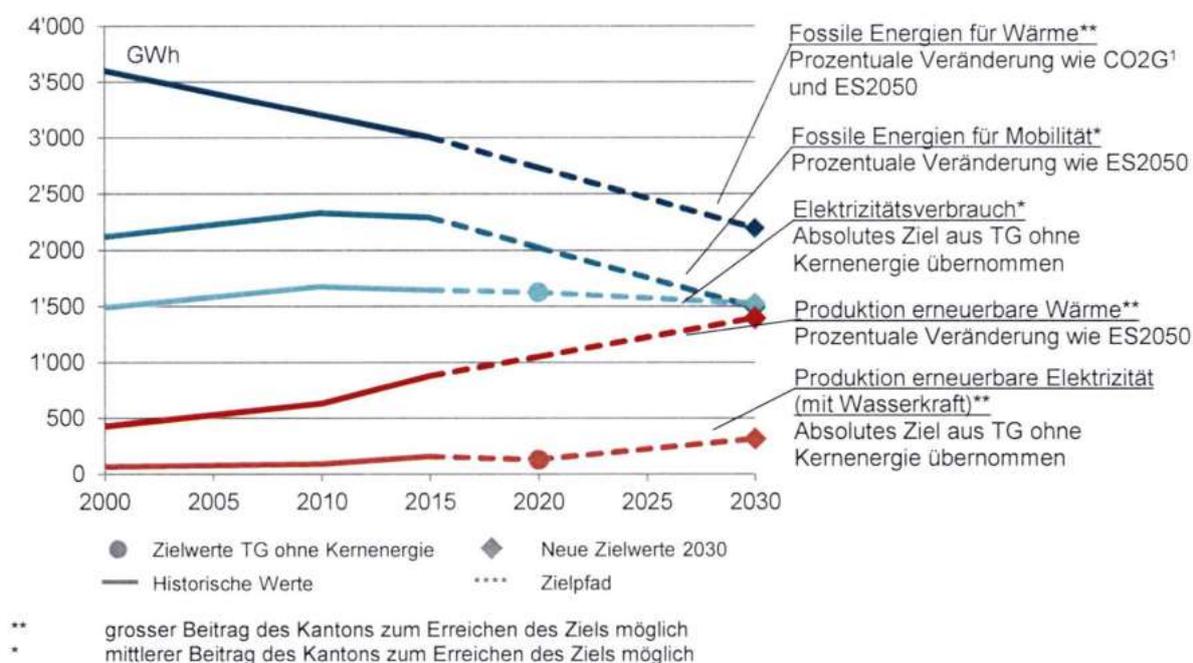


Abbildung 1: Ziele Erneuerbare Energie Kanton Thurgau (1)

Im Grossen Rat hat der Regierungsrat zugesichert, die Ziele bei den fossilen Energien von 2200 auf 1600 GWh und bei der Produktion erneuerbarer Elektrizität von 320 auf 495 GWh anzupassen (in der obigen Grafik noch nicht berücksichtigt). Diese 495 GWh Strom 2030 aus erneuerbarer Energie setzen sich wie folgt zusammen: Wasserkraft: 40 GWh; Sonne: 300 GWh; Windkraft: 95 GWh, Geothermie: 15 GWh; Biomasse: 45 GWh. Der Anteil des im Kanton Thurgau produzierten Stroms aus erneuerbaren Ressourcen würde damit 30 % des Stromverbrauchs ausmachen.

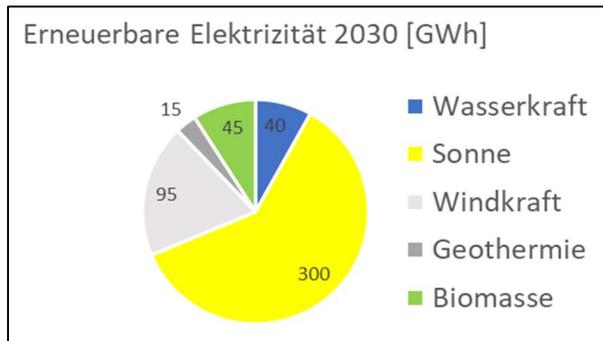


Abbildung 2: Ziele 2030 der Energiestrategie Thurgau für erneuerbare Elektrizität

## 2.1 Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Ressourcen

### 2.1.1 Wasser

Die Produktionserwartung pro Jahr 2020 für den Kanton Thurgau wird mit 62 GWh angegeben (9). Für 2030 rechnet der Kanton Thurgau mit 40 GWh (1). Wie diese Differenz zustande kommt, ist nicht klar. Das Ziel müsste sein, in Zukunft mindestens gleichviel Strom aus Wasser zu produzieren wie 2020. Jeweils nach Hochwassern taucht die Frage auf, ob der Bodensee nicht reguliert und damit auch zur Stromgewinnung genutzt werden könnte. 1933 gab es ein Projekt, das aber wegen des Kriegs nicht weiterverfolgt wurde. 1968 wurden erneut Verhandlungen zwischen den Anliegerstaaten geführt, was schließlich 1973 zu einem weiteren Bericht des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft über eine mögliche technische Durchführung des Projekts führte. Ein Volksabstimmung 1973 im Kanton Thurgau ergab einen Ja-Anteil von 87 % für einen neuen Verfassungsartikel (aktuell Paragraf 76, Abs. 3) gegen die Regulierung (11).

### 2.1.2 Sonne

Solarenergie kann direkt zur Wärmeerzeugung (Solarthermie) und zur Stromproduktion (Photovoltaik, Solarstrom) genutzt werden. Das Potenzial für Solarstrom im Kanton Thurgau beträgt 2370 GWh, davon werden erst 5 % genutzt (2). Bei den für 2030 angestrebten 300 GWh würden knapp 13% des Potenzials ausgeschöpft.

Insbesondere die grossen Flächen auf öffentlichen Bauten, Gewerbe- und Industriegebäuden sowie landwirtschaftlichen Gebäuden sind zu nutzen. Infrastrukturbauten (Autobahnen, überdachte Parkplätze, ...) bieten ebenso wie überdachte Beeren- und allenfalls weitere Kulturen zusätzliches Potenzial.

Bei der Förderung ist der Fokus auf die Verbesserung der Rahmenbedingungen für eine unbürokratische Realisierung (Planungsgrundlagen, Raumplanung, Netzverstärkung, ...) und einen wirtschaftlichen Betrieb (Einspeisung, Speicherung, ...) zu legen.

### 2.1.3 Wind

Auf Kantonsgebiet lassen sich mit Grosswindanlagen 146 Gigawattstunden Strom wirtschaftlich produzieren (3). Das Ziel für 2030 liegt bei 95 GWh (1). Windenergie ist weitgehend komplementär zur Sonnenenergie. Zwei Drittel der Windenergie fällt im Winter an und sie entsteht auch in der Nacht. Ein weiterer Vorteil von Grosswindanlagen ist, dass sie sich relativ einfach zurückbauen lassen, wenn sie nicht mehr gebraucht werden.

### 2.1.4 Erdwärme

Im Gegensatz zur oberflächennahen Geothermie, die zur Wärmegewinnung genutzt werden kann, eignet sich die Wärme der tiefen Geothermie auch zur Stromerzeugung. Die Hoffnung des

Regierungsrates, bis spätestens 2022 ein Erdwärmekraftwerk den Betrieb zu nehmen, haben sich zerschlagen (12), u.a. wegen des Misserfolgs der Bohrungen in St. Gallen. Aus heutiger Sicht sind die für 2030 angestrebten 15 GWh Strom aus Geothermie sportlich. Umso wichtiger ist, dass das Projekt des Vereins Geothermie «Thurgauer Energienutzung aus dem Untergrund 2030» im Rahmen der TKB-Millionen umgesetzt werden kann (13). Dieses möchte im Kanton Thurgau die Grundlagen für eine Nutzung des Untergrundes für die Gewinnung von erneuerbarer Energie (Geothermie) schaffen, indem Daten zum tieferen Untergrund des Kantonsgebietes erhoben werden, um diese künftigen Projekten zur Verfügung zu stellen, zum Beispiel zur Erstellung eines Geothermiekraftwerks (13). Für eine hydrothermale Stromproduktion ist das Kantonsgebiet östlich der Linie Aadorf-Kreuzlingen interessant. Hier können in den tiefliegenden Aquiferen die notwendigen Temperaturen von über 100 °C erreicht werden und eine wirtschaftlich lohnende thermische Entnahmeleistung von rund 5 MW scheint möglich (14). In Sauerlach südlich von München beträgt die Temperatur des Thermalwassers mehr als 140 °C in ca. 4.200 Metern Tiefe. Das dortige geothermische Heizkraftwerk gewinnt Strom für 16.000 Haushalte und stellt gleichzeitig Wärme für Sauerlacher Haushalte bereit (15). Bei einem Stromverbrauch pro Haushalt und Jahr von 5 MWh ergibt das 80 GWh Strom von einem Werk.

### 2.1.5 Biomasse

Die für die Vergärung geeigneten Bioabfälle im Kanton Thurgau haben ein Energiegehalt von 674 GWh bzw. 302 GWh bei beschränkten politischen Anreizen (16). Im Kanton Thurgau wird das mittlere Potenzial an nutzbarer Energie aus biogenen Abfällen auf jährlich total 113 GWh geschätzt. Für Dritte stehen dabei rund 33 GWh Elektrizität, rund 32 GWh Wärme und rund 48 GWh Biogas (zur Einspeisung ins Erdgasnetz) zur Verfügung (16). Der Energiegehalt der Bioabfälle beträgt rund das 6 fache des geschätzten mittleren Potenzials. Dies dürfte v.a. damit zusammenhängen, dass von 674 GWh 500 GWh aus Hofdünger stammen. Der Bau von Biogasanlagen dürfte sich nur für Betriebe mit grossen Tierbeständen oder überbetrieblich für nahe zusammenliegende Tierhaltungsbetriebe lohnen.

### 2.1.6 Fazit erneuerbare Elektrizität

Eine Zusammenstellung der Daten und Schätzungen aus unterschiedlichen Quellen zeigt, dass das theoretische Potenzial für die Produktion von Strom aus erneuerbaren Ressourcen rund doppelt so hoch ist wie der geschätzte Stromverbrauch für 2030. Das grösste Potenzial besteht beim Solarstrom, die grösste Unsicherheit beim Strom aus Geothermie. Solar- und Windstrom sind stark von den Witterungsbedingungen und von der Jahreszeit abhängig. Das Potenzial für Strom aus Bioabfällen und Wasser ist im Kanton Thurgau beschränkt. Umso wichtiger wäre deshalb die Stromproduktion aus Geothermie. Bis diese aber allenfalls realisiert werden kann, braucht es noch mindestens 10 Jahre.

Tabelle 1: Aktuelle Produktion, Ziele 2030 und Potenzial erneuerbare Energie Kanton Thurgau

Ressource	Aktuell [GWh]	Ziel 2030 [GWh]	Potenzial [GWh]
Wasser	62	40	60
Sonne	80?	300	2370
Wind	0	95	146
Erdwärme	0	15	0 bis ?
Biomasse	18?	45	302
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>495</b>	<b>&gt; 3000</b>
Stromverbrauch	1650	1650	---

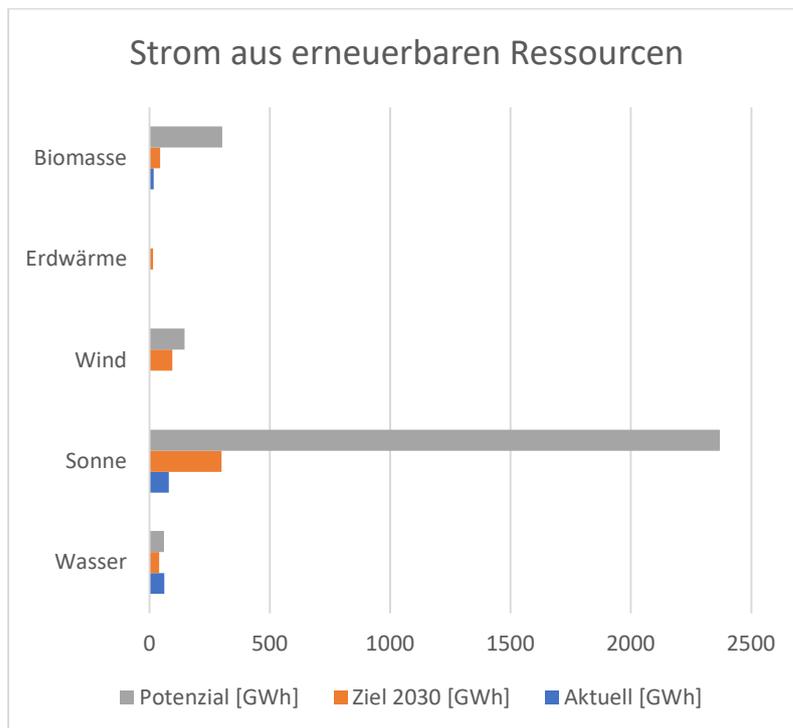


Abbildung 3: Aktuelle Produktion, Ziele 2030 und Potenzial erneuerbare Energie Kanton Thurgau

## 2.2 Produktion von Wärme aus erneuerbaren Ressourcen

### 2.2.1 Umweltwärme

Die in der Luft, in Gewässern und in der Erde gespeicherte Wärme lässt sich mittels Wärmepumpen effizient als Wärmequelle zur Gebäudebeheizung nutzen (4). Die Produktion erneuerbarer Wärme soll von 2015 880 GWh auf 2030 1400 GWh gesteigert werden (1).

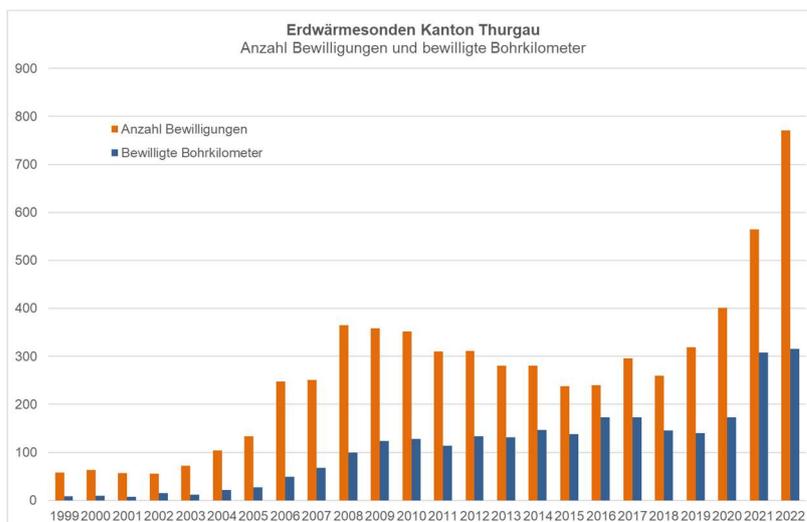
#### 2.2.1.1 Erdwärme

Um das Grundwasser nicht zu gefährden, darf nicht überall gebohrt werden. ThurGIS zeigt die Bohrverbotszonen (v.a. im Thurtal, Raum Diessenhofen, Seebachtal) (19).

Bis Ende 2016 wurden im Kanton Thurgau 3800 Bewilligungen für Erdwärmesonden erteilt (17). Ende 2022 waren dies rund 6400 Bewilligungen (20). Seit 2020 haben die Bewilligungen stark zugenommen (Abbildung 4).

Auf dem ThurGIS ist eine Karte zu finden, auf der Bohrungen im ganzen Kanton eingetragen sind (18). Dort ist u.a. für jede Bohrung der Zweck (z.B. EWS Geothermie) und die Bohrtiefe eingetragen.

Zurzeit gibt es im Kanton Thurgau zwei Nutzungen von tiefer Geothermie für die Wärmeproduktion: Thermalbad Egelsee in Kreuzlingen und Gemüsebaubetrieb Grob in Schlattingen. Falls die tiefe Geothermie zur Stromproduktion genutzt werden kann, fällt dort neben der Stromproduktion auch Wärme an. Deshalb sollte Geothermiekraftwerke dort realisiert werden, wo auch die Wärme verwendet werden kann (14).



Quelle: (20)

Abbildung 4: Erdwärmesonden im Kanton Thurgau – Bewilligte Bohrungen und Bohrkilometer

### 2.2.1.2 Wärme aus Gewässern

Neben der Wärmegewinnung aus dem Grundwasser drängt sich im Thurgau auch die Wärmegewinnung aus Seewasser auf. Entlang des Bodensees besteht diesbezüglich ein grosses Potenzial.

### 2.2.1.3 Luftwärme

Luftwärme kann grundsätzlich überall genutzt werden. Luftwärmepumpen sind insbesondere bei gut isolierten Gebäuden eine Option, da bei diesen der Wärmebedarf geringer ist.

### 2.2.1.4 Wirkungsgrad von Wärmepumpen

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) ist das Verhältnis von gewonnener zu benötigter Energie. Je höher die JAZ, desto besser ist der Wirkungsgrad.

Tabelle 2: Wirkungsgrad von Wärmepumpen

Anlage	Jahresarbeitszahl (SCOP) Neuste Werte Wärmepumpenprüfzentrum
Luftwärmepumpe	3.5 - 5
Erdwärmepumpe	4.5 - 7.5
Grundwasserwärmepumpe	5.5 - 6.0

Quelle: (6, angepasst)

### 2.2.2 Solarthermie

Wärmeenergie kann auch aus Solarenergie (Solarthermie) gewonnen werden. Dafür kommt ein Teil der Dachflächen in Frage. Dabei stellt sich die Frage, was wirtschaftlicher ist: Nur Photovoltaik oder Photovoltaik und Solarthermie.

### 2.2.3 Holz

Der Thurgauer Wald produziert pro Jahr rund 175'000 m<sup>3</sup> Holz. 2020 wurden 180'000 Festmeter geerntet, davon rund 75'000 m<sup>3</sup> Energieholz (21). Wird die Energieholzmenge dem Zuwachs angepasst und der unterschiedliche Brennwert von Nadel- und Laubholz berücksichtigt, es entspricht dies einem jährlichen Heizwert von rund 165 GWh. Das ist rund 1/6 der Produktion von Wärme aus erneuerbarer Energie im Jahr 2020. Zum Vergleich: 2020 wurden im Kanton Thurgau 2750 GWh Wärme aus fossiler Energie gewonnen. Holz leistet einen Beitrag zur Versorgung mit Wärmeenergie, aber dieser kann nicht weiter gesteigert werden, weil die Nutzung bereits in etwa dem Zuwachs entspricht.

### 2.2.4 Biomasse (ohne Holz)

Strom, Wärme und Biogas fallen bei Biogasanlagen als Koppelprodukt an. Im Kanton Thurgau wird das mittlere Potenzial an nutzbarer Energie aus biogenen Abfällen auf jährlich total 113 GWh geschätzt. Für Dritte stehen dabei rund 33 GWh Elektrizität, rund 32 GWh Wärme und rund 48 GWh Biogas (zur Einspeisung ins Erdgasnetz) zur Verfügung (16).

### 2.2.5 Fazit erneuerbare Wärme

Der Ersatz der fossilen Brennstoffe zur Wärmeerzeugung muss im Kanton Thurgau zum überwiegenden Teil aus der Nutzung der Umweltwärme mit Hilfe von Wärmepumpen erfolgen. Je nach Region (Seenähe, Erdsondenverbot), Wärmebedarf (Isolierungsgrad des Gebäudes) und Wirtschaftlichkeit (Wirkungsgrad Wärmepumpe, Anlagekosten, Strompreis) eignen sich eher Wärmepumpen, die die Wärme der Erde, des Wassers oder der Luft nutzen. Eine offene Frage ist, wieweit die tiefe Geothermie in Zukunft zur Wärmeversorgung herangezogen werden kann.

## 3 Ausgleich von Stromproduktion und Strombedarf im Thurgau

### 3.1 Ausbau des Stromnetzes

Die nachfolgenden Ausführungen stützen sich weitgehend auf den Grundlagenbericht Stromnetze Thurgau von 2014 (24). Die Frage stellt sich, wieweit die Empfehlungen in diesem Bericht umgesetzt wurden und ob die damaligen Erkenntnisse unter den heutigen Rahmenbedingungen noch gültig sind. Die Problemstellung ist sicher noch aktuell: «Die Energiestrategie von Bund und Kanton wirkt sich auch auf die Stromverteilnetze aus. Mit zunehmender Anzahl von dezentralen Stromerzeugungsanlagen werden die Koordination der Kraftwerke untereinander sowie die Netzregelung anspruchsvoller. Durch die Netzeinspeisung von Erzeugungsanlagen mit unbeeinflussbarer, unflexibler Stromproduktion, wie dies z.B. bei Wind- und Photovoltaik-Anlagen der Fall ist, kann es im Versorgungsnetz innert Sekunden zu Lastflussrichtungsänderungen, Spannungsanhebungen und -senkungen kommen. Herausforderung der Zukunft wird es somit sein, die stark fluktuierende Stromproduktion einerseits und den schwer beeinflussbaren Stromkonsum andererseits zu jedem Zeitpunkt im Gleichgewicht halten zu können. Die Stromversorgung muss somit flexibler und "intelligenter" werden.» (24, S. 1). Lösungsansätze dazu sind gemäss (24, S. 3):

1. Netzverstärkung. Teuer, nur wenn alternative Massnahmen ausgeschöpft sind.
2. Optimierter Einsatz der bestehenden Netzinfrastrukturen.
3. Spannungsregelung im Niederspannungsnetz (dezentrale, thyristorbasierende Spannungsregler; regelbare Verteilnetztransformatoren)
4. Einbindung der Netznutzer in die Spannungsregelung und in die Lastflusssteuerung durch Blindleistungssteuerung und Einsatz von dezentralen, elektrischen Energiespeichern (Batterien, auch von E-Autos, vgl. 3.2.2).

5. Dynamische Tarife. Voraussetzung für die marktabhängige Differenzierung der Stromtarife ist Smart Metering.

### 3.2 Einsatz von dezentralen Energiespeichern

Aufgrund eines Antrags im Grossen Rat hat der Regierungsrat 2016 eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben, wie im Kanton Thurgau die Technologien zur Umwandlung von Ökostrom zu Wasserstoff oder Methan zwecks Einspeisung in das Erdgasnetz bzw. die Umwandlung von Ökostrom zu Benzin- oder Dieselerersatz unterstützt werden können (23). Der 2018 erschienene Grundlagenbericht untersuchte die folgenden Speichermöglichkeiten:

- Power-to-Gas (Wasserstoff und Methan)
- Power-to-Liquid (Methanol)
- Batterien
- Power-to-Heat (Wärmespeicherung)

Die Idee wäre, überschüssigen Ökostrom aus Photovoltaik und Windturbinen in Wasserstoff oder Methan umzuwandeln und als Diesel- bzw. Benzinersatz zu verwenden oder ins Erdgasnetz einzuspeisen. Diese Verfahren weisen jedoch eine geringe Energieeffizienz auf und dürften nur unter ganz spezifischen Rahmenbedingungen wirtschaftlich sein.

Der Bericht kommt zum Schluss, dass Power-to-Gas und Power-to-Liquid von der Effizienz und den Kosten her betrachtet unter den damaligen Rahmenbedingungen im Kanton Thurgau kein Anwendungspotential aufweisen (23).

Tabelle 3: Potenzial (GWh/Jahr) und Bedeutung der Speichermöglichkeiten im Thurgau

	Potenzial	WG	Entspricht im TG	Bemerkungen
Power to Gas	55	20-30 %	3.1 % Strombedarf	Stromspeicherung
Power to Gas	104	40-60%	3.5 % Brennstoffbed.	Substitutionsspeicherung
Pow. to Liquid	13	40-60%	0.7 % Brennstoffbed.	Substitutionsspeicherung
Power to Heat	200	bis 500%	12 % Strombedarf	Wärmespeicherung
Batterien	150	95 %	9.1 % Strombedarf	Ohne Fahrzeuge

Quelle: Eigene Darstellung, Zahlen von (23)

Im Vordergrund stehen deshalb für die Speicherung von elektrischer Energie Batterien (Hausbatterien, Fahrzeugbatterien) und die Wärmespeicherung (Warmwasserspeicher, Wärmespeicher Gebäude, Wärmespeicher, Kältespeicher), vgl. auch 2.2.1.

#### 3.2.1 Hausbatterien

Der Vorteil der stationären Batterien liegt darin, dass sie nicht primär zu Energiespeicherungszwecken, sondern für die Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils von Gebäuden mit Photovoltaikanlagen installiert werden. Damit kann das Speicherpotential dieser Batterien grundsätzlich auch für Stromspeicherungszwecke und für die Netzentlastungsspeicherung verwendet werden (23). Voraussetzung für den Gebrauch zur Netzentlastung ist der Zugriff auf diese Batterien durch das Energieversorgungsunternehmen (EVU).

### 3.2.2 Fahrzeugbatterien

In der Zwischenzeit ist klar, dass sich die E-Mobilität durchsetzen wird (40, 41). Verschiedene Pilotprojekte und Pioniere (25, 28, 30, 34) haben gezeigt, dass die Autobatterien auch zur Erhöhung des Eigenverbrauchs des von der eigenen Photovoltaikanlage produzierten Stroms, aber im Verbund auch zur Stabilität des Stromnetzes beitragen können.

Renault arbeitet [...] an einem bidirektionalen, V2G-tauglichen «Ladegerät mit sehr hohem Wirkungsgrad für Elektrofahrzeuge. Mit diesem soll es möglich sein Energieverluste beim Laden um 30 Prozent reduzieren und damit die Fahrzeugbatterie deutlich schneller mit Strom zu versorgen.» (26).

Ab 2023 will Hager Energy mit E3/DC eine bidirektionale Wallbox anbieten. 2024 soll das Angebot um eine neue Lösung zur Einbindung eines Stationärspeichers sowie einer Photovoltaik-Anlage folgen. (27). «Das E-Auto könne dann einen Teil der Energie aus seinem Akku ins Hausnetz einspeisen. [...] Mit der bidirektionalen Ladetechnologie sei es zum Beispiel möglich, die Kapazität eines Heimspeichers nur halb so groß auszulegen, womit sich die Investition in eine Wallbox bereits ausgleiche, so der Manager. Außerdem sei es möglich, „eine Notstromversorgung aus dem Fahrzeug zu realisieren und den Eigenverbrauch der selbst erzeugten Solarenergie zu erhöhen“. Man könne einen Energietransfer zwischen Fahrzeug und Heimspeicher einrichten und stufenlos solar laden. „Und Sie können auch Spitzenlasten aus dem Auto abdecken. Sie haben tatsächlich einen zweiten Heimspeicher“, erklärt Piepenbrink die Vorteile eines solchen Systems.» (27). «In Pilotprojekten haben E-Autos aufs Jahr gerechnet so bereits knapp über 1000 Euro an Erlösen erzielen können. Allerdings hinken Politik und Regulatorik noch hinterher: „Die Grundfrage, wie das Haus oder das Auto mit dem Netz Geld verdienen und wie Autos die Energiewende netzdienlich voranbringen können, ist noch nicht beantwortet“, räumt der CEO ein.» (27).

Volkswagen Group Components testet eine innovative DC-Wallbox fürs Laden mit bis zu 22 kW (29). Die DC-Wallbox ist «für bidirektionales Laden und somit für Vehicle-to-Grid-Technologien (V2G) vorbereitet. So kann über die Wallbox Strom in zwei Richtungen fließen: Der in der Antriebsbatterie des Fahrzeugs gespeicherte Strom kann dank eines intelligenten Lademanagements bei Bedarf auch wieder an das Netz abgegeben werden. Sofern ein Elektroauto künftig über diese Funktion verfügt, kann es beispielsweise als Energiespeicher für das eigene Haus oder als Puffer für das Stromnetz dienen.» (29) «Das DC-Laden per CCS für Daheim gilt in der Branche zudem als eine wichtige Grundvoraussetzung für die Einführung von V2G.» Ein weiterer Baustein in dieser Hinsicht ist der überarbeitete Ladestandard ISO 15118-20, der im April 2022 veröffentlichte wurde (37). «Brancheninsider rechnen damit, dass DC-Wallboxen für Privatkunden in den kommenden drei, vier Jahren für Endkunden zu einem Preis um 1500 bis 2000 Euro erhältlich sein könnten. Dank finanziellen Erlösmöglichkeiten durch V2G würde sich der Aufpreis im Vergleich zu einer herkömmlichen AC-Wallbox innerhalb weniger Jahre amortisiert haben, heißt es.» (29)

«Das Projekt „Bidirektionales Lademanagement – BDL“ hat zum Ziel, ein ganzheitliches, nutzerorientiertes Angebot für die Integration von E-Autos in das Energiesystem in Deutschland zu entwickeln und zu erproben. Denn rückspeisefähige Stromfahrzeuge können netzdienlich eingesetzt werden, indem sie die Aufnahme von Energie aus erneuerbaren Quellen ins öffentliche Stromnetz optimieren und es gleichzeitig stabil halten. Dafür ist vor allem auch ein intelligentes Zusammenspiel von Fahrzeugen, Ladeinfrastruktur und Stromnetzen notwendig.» (30) Das BDL-Projekt nutzt den EEBUS-Standard als Schnittstelle, um neue Netz- und Kunden-Dienstleistungen zu realisieren (39).

Standards für bidirektionales Laden: ISO 15118 und EEBUS(31). Die Technik für bidirektionales Laden ist vorbereitet, die Überwindung des bürokratischen Umfeldes ist die grösste Hürde. (31).

Ein Hindernis für die Freigabe des bidirektionalen Ladens ist die Freigabe durch die Automobilhersteller, weil noch nicht abschliessend geklärt ist, wie sich die zusätzlichen Lade- und Endladevorgänge auf die Lebensdauer der Batterie auswirken und was das für die gewährte Lebensdauer von Batterien bedeutet.

«Die Voraussetzung für intelligentes Laden zu Hause bildet ein Heim-Energie-Management-System (HEMS). Es kennt alle Anforderungen der Verbraucher, sodass es deren Stromversorgung intelligent staffeln und managen kann. Damit ist vor allem das Laden mit selbst erzeugtem Sonnenstrom für Besitzer einer Photovoltaik-Anlage noch einfacher. Noch größer wird das Potenzial aber in Kombination mit bidirektionalem Laden – eine wegweisende Technologie, die bei Volkswagen vor der Markteinführung steht: Die E- Autos können Strom, den sie nicht benötigen, ins Hausnetz des Kunden einspeisen (Vehicle-to-Home) und zukünftig auch zur Stabilisierung des Stromnetzes bereitstellen. Alle ID. Modelle mit der 77-kWh-Batterie werden künftig für diese Technologie befähigt. Für bereits ausgelieferte Fahrzeuge wird sie sukzessive auch per Over-the-Air Update verfügbar sein. Der Stromtransfer und die Kommunikation erfolgen über eine spezielle DC-BiDi-Wallbox.» (32).

«VW verbaut die Komponenten für die bidirektionale Nutzung zwar seit Monaten in den Autos, die Infrastruktur dafür gibt es aber noch nicht: Die passenden Wallboxen, die den Strom per Gleichstrom austauschen, werden noch nicht angeboten. VW veröffentlicht auch keine technischen Daten oder gar Preise dazu.

Ein VW-Testwagen (ID.5 GTX mit Software 3.1.0) hat im EFAHRER-Test jetzt aber einen unverhofften Einblick in die geplanten Daten gegeben. Im Menüpunkt „bidirektionales Laden“ im Infotainment erscheint ein Hinweistext. Laut diesem Hinweistext gibt es zwei Zähler im Auto, die die eingespeisten (also ins Haus oder Netz zurückgegebenen) Kilowattstunden und die Betriebsstunden im Einspeise-Betrieb zählen. Für die Kilowattstunden gibt es ein Limit von 10.000, für die Betriebsstunden sind es 4.000. Wenn diese Zähler abgelaufen sind, wird der bidirektionale Ladebetrieb laut diesem Hinweistext deaktiviert. Er steht dann einfach nicht mehr zur Verfügung.

Dass VW diese Zähler einbaut, ist logisch: Theoretisch könnte ein Autobesitzer jeden Tag 50 bis 60 Kilowattstunden in den ID.5-Akku laden und wieder entnehmen und damit täglich fast einen vollständigen Ladezyklus für den Akku verbrauchen. Nach gut drei Jahren könnte ein Akku so die Schwelle von 1.000 Vollzyklen (also 77.000 kWh) erreicht haben, ohne dass der Kilometerzähler im Auto auch nur einen Kilometer anzeigt. Der Restwert des Autos wäre ohne einen Kilowattstunden-Zähler schwer zu bewerten.

Dass das Zurückspeisen nach 10.000 kWh oder 4.000 Stunden einfach deaktiviert werden soll, hängt vermutlich mit den Garantiebedingungen zusammen: VW garantiert für acht Jahre und 160.000 Kilometer mindestens 70 Prozent der nominellen Kapazität des Akkus. Nach Untersuchungen der TU München sind diese Zahlen für die Akkus der aktuellen VW-ID-Modelle überhaupt keine Herausforderung. 160.000 Kilometer sind weniger als 500 Ladezyklen für die großen VW-Akkus, die Ergebnisse der TU München lassen auf ein Vielfaches dieser Lebensdauer hoffen. Zusätzliche 10.000 Kilowattstunden, die im bidirektionalen Betrieb geladen und wieder eingespeist werden, machen in dieser Hinsicht kaum einen Unterschied – sie stehen für 130 Vollzyklen des Akkus unter kontrollierten und Akku-schonenden Bedingungen und sind damit ein kleiner Bruchteil der Gesamtlebensdauer.

Für den Endkunden ist die Beschränkung des bidirektionalen Betriebs eine bittere Pille: Aus wirtschaftlicher Sicht bekommt der ID.3, -4- oder -5-Fahrer die Puffer-Funktion seines Auto-Akkus nämlich nicht nebenbei geschenkt. Um sie nutzen zu können, muss das Auto an einer geeigneten bidirektionalen Wallbox hängen, die per CCS-Schnellladeanschluss mit dem Auto verbunden ist. Einfache CCS-Wallboxen mit 22 kW Ladeleistung für private oder gewerbliche Garagen kosten fünfstelligen Beträge. Bidirektionale Chademo-Wallboxen (Gleichstrom-Lader für Nissan und Mitsubishi) mit 7,4 kW Ladeleistung kosten mindestens 6.000 Euro. Vermutlich wird Volkswagen mit den geplanten Stückzahlen den Preis für die eigene Wallbox nochmals drücken können, aber selbst bei 4.000 Euro für Hardware und Installation ergibt sich eine erschreckende Kostenrechnung: Allein die Kosten für die Wallbox bedeuten umgelegt auf die 10.000 kWh 40 Cent pro Kilowattstunde. Es ist auf die lange Sicht wirtschaftlicher, einen 20-kWh-Hausspeicher in Lithium-Eisenphosphat-Technik im Haus zu installieren. Der kostet zwar rund 15.000 Euro, hält aber 15 Jahre und wenigstens 3.000 bis 4.000 Vollzyklen lang durch, also 60.000 bis 80.000 Kilowattstunden.» (33)

2019 wurde im niederländischen Utrecht die erste von 2021 fast 500 bidirektionalen Stationen in Betrieb genommen. «Die Stationen, die Teil eines Carsharing-Netzwerks sind, erlauben, Fahrzeuge mit Solarstrom zu laden und diesen wieder ins Netz einzuspeisen. Die viertgrösste Stadt der Niederlande wird damit zur Pionierregion, die eine der grossen Herausforderungen der Energiewende löst: Strom aus erneuerbaren Quellen nicht nur herzustellen und zu nutzen, sondern auch zu speichern.

Weder im realen noch im übertragenen Sinn gibt es in der Schweiz ein Utrecht. Bidirektionales Laden ist hierzulande noch nicht angekommen. Dies liegt zum einen an der «Hardware». Noch unterstützen nur wenige Fahrzeuge bidirektionales Laden. Bislang waren es vor allem asiatische Hersteller, da der CHAdeMO-Ladeanschluss aus Japan standardmässig bidirektional ausgelegt ist und dort die Funktion in Fahrzeugen sogar Pflicht ist. Der Nissan Leaf kann deshalb schon seit 2010 Strom an die Ladestation abgeben. Nun wollen aber auch andere Hersteller nachziehen, etwa der VW-Konzern, dessen Fahrzeuge ab 2023 bidirektional funktionieren sollen. Das Ziel ist, das CCS-Protokoll, das westliche Pendant von CHAdeMO, um diese Funktionalität zu erweitern. Im Carsharing-System von Utrecht sind unter anderem Fahrzeuge von Hyundai im Einsatz, die über ein modifiziertes CCS-System bidirektional geladen werden. Später sollen auch Fahrzeuge von Sono Motors zur Flotte stossen, die sich selbst über in die Karosserie integrierte Solarzellen aufladen.

Ein weiterer Grund dafür, dass noch fast niemand hierzulande bidirektional lädt, liegt in der bislang noch wenig attraktiven Anwendung. Also der Antwort auf die Frage, ob es sich lohnt, Strom aus seiner E-Auto-Batterie abzugeben. Grundsätzlich sind mehrere Szenarien denkbar, alle sind für die Energiewende relevant:

- vehicle-to-home (V2H), indem der Batteriestrom als Heimspeicher oder zur Notstromversorgung dient.
- vehicle-to-building (V2B), bei dem mehrere Fahrzeuge oder ganze Flotten grosse Gebäude mit mehreren Parteien mit Strom versorgen oder Lastspitzen abdecken – sogenanntes «peak shaving».
- Bei vehicle-to-grid (V2G) schliesslich wird die Batteriekapazität einer grossen Zahl Autos ins Stromnetz eingebunden und hilft, dieses zu stabilisieren, etwa, wenn gerade besonders viel oder zu wenig Strom aus Sonne oder Wind produziert wird.

Schon länger mit den Möglichkeiten des bidirektionalen Ladens beschäftigt sich das PV-Labor der Berner Fachhochschule BFH, welches auch im Rahmen des Hybrid and Electric Vehicle Technology Collaboration Programme der Internationalen Energieagentur IEA forscht. Am Campus Burgdorf untersucht das Labor mögliche «business cases» aus der Kombination von Elektroauto und Solarstrom. So wurde ein modifizierter Nissan Leaf an einer bidirektionalen Ladestation betrieben. Zudem wurde koordiniertes Laden über Photovoltaikanlagen getestet – sogenanntes «PV preferred charging», bei dem die E-Auto-Batterie nicht einspeist, sondern lediglich den Eigenverbrauch optimiert.

Für Professor Urs Muntwyler, Leiter des PV-Labs, macht bidirektionales Laden gerade private Photovoltaikanlagen attraktiv. «Die Batterien der heutigen Elektroautos haben im Vergleich mit den meisten verkauften Heimspeichern eine sehr grosse Kapazität. Zumal sie im reinen Fahrbetrieb ihre Lebensdauer von bis zu 500'000 Kilometern selten erreichen dürften.» Und mit nur etwa 30 Prozent Effizienzverlust zwischen Auflade- und Entladeenergie sei im Test sehr viel Batteriestrom nutzbar gewesen – ein Wert, so Muntwyler, der in Zukunft auf 10 bis 20 Prozent sinken könne.

Doch auch im grösseren Umfang könnte der Technik eine wichtige Rolle zukommen, so Muntwyler. «Für die Energieperspektiven 2050+ des BFE braucht es etwa 40 Terawattstunden Solarstrom, weitere 40 aus der Wasserkraft. Diese Energie ins Netz zu integrieren, benötigt lokale Batterien.» Wie dies funktionieren kann, hat Muntwylers Team am Beispiel der Stadt Burgdorf untersucht, für die ein Energieversorgungszenario im Jahr 2050 simuliert wurde. Darin wurde zusätzlich zu einem maximalen Solarausbau ein Ersatz aller Fahrzeuge durch Elektroautos angenommen sowie ein Zuwachs an Wärmepumpenheizungen und Klimaanlage. Auch wenn in diesem Szenario der Stromverbrauch steigt und tägliche Lastspitzen entstehen, gelingt es doch, diese Effekte zu entschärfen – dank bidirektionalen, intelligent betriebenen Ladestationen.

Werden Elektroautos am Schluss sogar zur neuen Wasserkraft, die die Schweiz über den dunklen Winter bringt? Prof. Muntwyler relativiert: «Für die Winterstromlücke bringt das wenig, da wir nicht über Monate Strom in Fahrzeugen speichern wollen.» Zudem speichere die Wasserkraft zirka 8,8 Terawattstunden Strom. Selbst wenn alle der aktuell rund 4,7 Millionen Personenwagen in der Schweiz Elektrofahrzeuge wären und je 40 Kilowattstunden Energiereserve für bidirektionales Laden hätten – aktuelle Batterien liefern zwischen 60 und 100 Kilowattstunden –, läge die gesamte Kapazität bei unter 0,2 Terawattstunden. «Im Winter müssen weiter die Wasserkraftwerke arbeiten und die Photovoltaik, die allerdings in der Schweiz aktuell zu langsam ausgebaut wird.»

Anders sieht die Bilanz aus, wenn man die Batteriekapazität einer hypothetischen Elektroauto-Schweiz mit dem täglichen Stromverbrauch im Land vergleicht. Dieser lag 2020 bei durchschnittlich 155 Gigawattstunden, also 0,15 Terawattstunden. Wären alle Schweizer Autos batteriebetrieben, könnten sie die Schweiz aktuell länger als einen Tag mit Strom versorgen – es würde dann allerdings niemand mit ihnen fahren. Das Zahlenspiel mag unrealistisch oder nicht erstrebenswert sein, doch es zeigt das Potenzial des bidirektionalen Ladens hierzulande.

Damit die Schweiz zumindest ihr «Utrecht» bekommt, muss noch einiges passieren. «Es braucht Initianten, die eine entsprechende Anzahl Stationen installieren», kommentiert BFH-

Forscher Muntwyler, «und Angebote, die die Möglichkeiten des bidirektionalen Ladens nutzen, insbesondere Netzdienstleistungen aller Art, die vergütet werden.»

Immerhin: Die Fahrzeuge sind in Aussicht. Und mit Sun2Wheel ist seit diesem Jahr ein Schweizer Unternehmen auf dem Markt, das bidirektionale Ladestationen im ganzen Land anbietet. Bald dürften die vierrädrigen Speicher also auch bei uns ankommen. Und es wird spannend, zu sehen, wer sie wie nutzt.» (34)

«Normierung ISO/IEC 15118 Standard für höherwertige Funktionen EV / EVSE

- V2H Roadmap ist ca. 2022/23, & regelt die Rückspeisung im eigenen Objekt
- V2G gerade von 2024 > auf 2025 geschoben, regelt die vereinbarte Fremdeinwirkung durch Netzbetreiber

Wenn die Bezeichnung von V2H (V2B ist techn. gleich) oder V2G fehlt, kann keine Aussage gemacht werden.» (35)

Sun2wheel erwartet 2023 die Freigabe weiterer Fahrzeuge für das bidirektionale Laden (36). «Die Elektromobilität ist auf den ersten Blick ein großer Stromverbraucher, der eine zusätzliche Belastung für das Stromnetz darstellt. Gleichzeitig liefert sie in Verbindung mit Smart Charging einen Mehrwert für das künftige intelligente Stromnetz (Smart Grid). [...] Kann das Gleichgewicht zwischen erzeugter und verbrauchter Energie nicht aufrechterhalten werden, droht ein Netzkollaps. Millionen von Elektrofahrzeugen, die in so einem Moment mit dem Netz verbunden sind, können dazu beitragen dies zu verhindern. Zusammen bilden sie einen dezentralen Energiespeicher, der in der Lage ist, den Ladebetrieb zu stoppen und sogar auf Rückspeisebetrieb umzuschalten, um das Netz zu stabilisieren. Dabei geht es keineswegs darum, das ganze Land durch Fahrzeuge mit Strom zu versorgen, sondern die Anlaufzeit der Kraftwerke für die Primärregelung zu überbrücken. Voraussetzung dafür ist Smart Charging mit einer Ladekommunikation nach ISO 15118-20 zwischen Fahrzeug und Ladesäule. [...] Die ISO-Norm 15118 definiert die Grundlagen der Ladekommunikation für das in Europa und den USA vorherrschende Ladesystem CCS (Combined-Charging-System). CCS nutzt dieselbe Steckverbindung (CCS-Type-2) sowohl zum Laden mit Wechselstrom (AC-Laden) als auch zum Schnell-Laden mit Gleichstrom (DC-Laden). Aktuell produzierte und zugelassene Elektrofahrzeuge unterstützen idealerweise ISO 15118-2 in der sogenannten ersten Generation, welche fünf Teildokumente umfasst.

Das im April 2022 veröffentlichte Teildokument ISO 15118-20, "Network Protocol and Application Protocol Requirements", gehört zur zweiten Generation. [...] Es ersetzt das Teildokument ISO 15118-2 und beschreibt die Anforderungen an das Netzwerkprotokoll sowie das Anwendungsprotokoll. Die Neuerungen finden sich in den Bereichen Energy-Transfer-Modes, Physical-Layer sowie Security. Als neue Energy-Transfer-Modes kommen neben dem bereits beschriebenen Bidirectional-Power-Transfer (BPT) zusätzlich Wireless-Power-Transfer (WPT) sowie Automatic-Connecting-Device-Pantograph (ACD-P) hinzu. Beim Thema BPT ist hinzuzufügen, dass künftige Elektrofahrzeuge auch Haushalte notversorgen beziehungsweise umgekehrt als Energiespeicher für die von Solarzellen selbst erzeugte Energie fungieren können. Eine wichtige Voraussetzung für BPT ist der Dynamic Mode, bei dem das Fahrzeug die Ladesteuerung an die Infrastrukturseite abgibt. Vom Smart Grid können Fahrzeuge so den Befehl erhalten, den Ladevorgang zu drosseln, zu pausieren oder sogar Energie zurückzuspeisen. [...] Bei ISO 15118-20 sind gegenseitige Authentifizierungen

Anzeige von Fahrzeug und Infrastruktur erforderlich. Während bei ISO 15118-2 Ladestationen nicht erkennen können, ob es sich bei der Gegenstelle tatsächlich um ein Fahrzeug handelt, ist dies bei ISO 15118-20 nun standardmäßig möglich. Dazu sind Zertifikate erforderlich, sodass die volle Funktionalität der Ladestation nur Fahrzeugen zur Verfügung steht. [...] Beim bisherigen AC-Laden an Wallboxen oder öffentlichen Ladepunkten bezieht das Fahrzeug die Energie in der Regel mit der maximal möglichen Leistung, selbst wenn das gar nicht notwendig wäre. Neuere Systeme und Wallboxen verteilen die Energie intelligenter oder erlauben dem Netzbetreiber auch die Einflussnahme auf die Ladeprozesse. Diese können Leistungen drosseln, eine Zeit lang ganz anhalten oder erlauben sogar das Rückspeisen, wie bereits beschrieben. Während die Ladeleistungen beim Laden mit Wechselstrom klein sind, ist beim Schnell-Laden mit Gleichstrom und hohen Ladeleistungen das Energiemanagement noch viel dringlicher.» (37)

### 3.2.3 Energiemanagement im Internet of Things

«EEBUS (gesprochen: „E-Ebus“) steht für eine auf Standards und Normen basierte Kommunikationsschnittstelle, die jedes Gerät und jede technische Plattform unabhängig von Hersteller und Technologie frei nutzen kann. EEBUS verfolgt dabei das Ziel, Energieversorgern und Haushalten den Austausch von Anwendungen und Diensten zur Erhöhung der Energieeffizienz zu ermöglichen. Konkret steht EEBUS für eine gemeinsame und herstellerübergreifende Sprache für Energiemanagement im Internet of Things. Hersteller können die EEBUS-Spezifikationen frei nutzen.

Das Ziel ist, dass Energieversorger, Haushalte und energierelevante Geräte miteinander Daten austauschen können, um die gesamte Energieeffizienz zu erhöhen. Nur damit kann das Potenzial intelligenter Haushalte und Stromnetze wirklich realisiert werden. Für Unternehmen bietet die branchenübergreifende Kommunikation die Möglichkeit, neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle zu entwickeln.

Die Entwicklung von EEBUS wird von der EEBUS Initiative vorangetrieben. Die Mitglieder des Vereins definieren zusammen, basierend auf identifizierten Marktbedürfnissen, konkrete branchenübergreifende Anwendungsszenarien für energierelevante Geräte, die dann im Rahmen des EEBUS als Anwendungsfälle standardisiert werden. Um die Implementierung und Entwicklung von interoperablen Produkten und Dienstleistungen zu ermöglichen, standardisiert EEBUS auch die dafür notwendigen technischen Spezifikationen.» (38)

### 3.2.4 Fazit Ausbau Stromnetze und dezentrale Energiespeicher

- Bidirektionale V2G- und V2H-taugliche Gleichstrom (DC)-Ladegeräte (Wallboxen) sind in Entwicklung. Sobald die die grossen Autohersteller diese auf den Markt bringen, dürften die Preise sinken (2000 bis 4000 Euro inklusive Installation).
- Die Freigabe des bidirektionalen Ladens, u.a. des VW-Konzerns, wird 2023 erwartet.
- Die Autobatterie kann Teile des Heimspeichers ersetzen und dient
  - der Erhöhung des Eigenverbrauchs von selbstproduziertem Solarstrom;
  - der Notstromversorgung;
  - als Puffer für das Stromnetz
- Mit ISO 15118-20 und EEBUS sind die notwendigen Standards vorhanden.

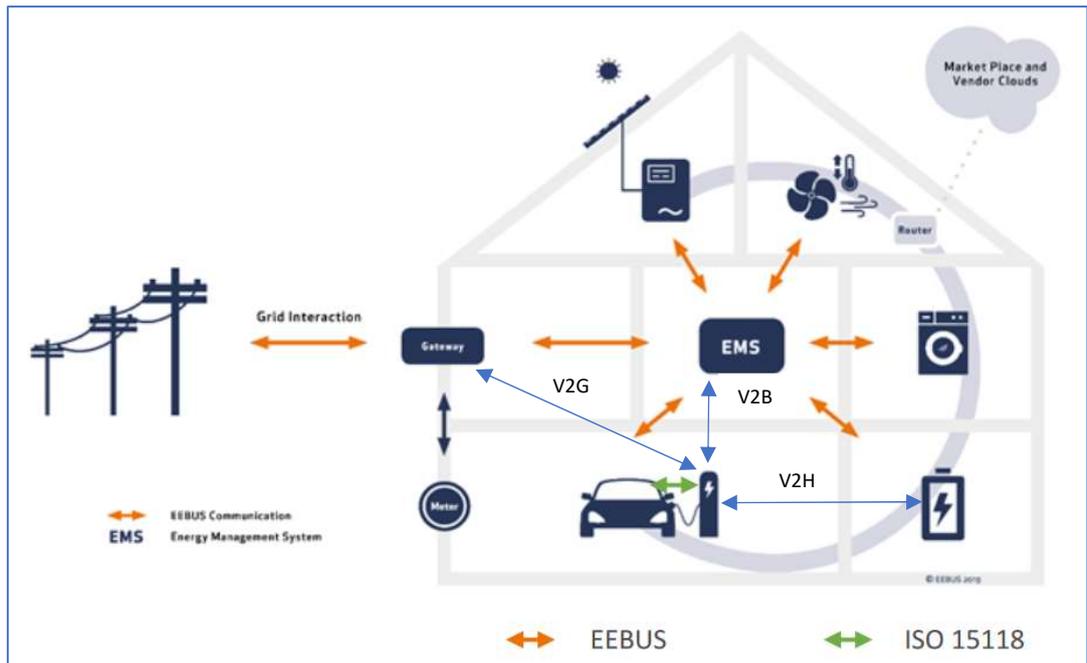


Abbildung 5: EEBUS und ISO 15118 in einem Energiemanagementsystem (EMS; 41, angepasst)

- Projekte wie BDL und der Region Utrecht loten die Möglichkeiten des Lastmanagements mittels intelligenter Verbindungen zwischen Autobatterie und Stromnetz aus.
- Offen ist, wieweit die Autohersteller die Möglichkeiten des bidirektionalen Ladens aus Garantiegründen für die Autobatterie und im Zusammenhang mit der Ermittlung des Occasionswerts einschränken und wie sich diese Einschränkungen auf die Wirtschaftlichkeit des bidirektionalen Ladens im Vergleich zur Anschaffung einer Heimbatterie auswirken.
- Das bidirektionale Laden kann zur Stabilisierung des Netzes bei vielen dezentralen Stromerzeugern innerhalb einer Periode von einem bis wenigen Tagen beitragen. Den mehrtägigen oder saisonalen Ausgleich der schwankenden Solarstromproduktion kann es aber nicht leisten.
- Die Technik des bilateralen Ladens ist in den Startlöchern, aber die regulatorische Umsetzung fehlt noch weitgehend (smart metering, smart grid, dynamische Preise für Netzdienstleistungen).

#### 4 Schlussfolgerungen in Form von 12 Thesen

- a) Die Klimaziele sind innert nützlicher Frist nur erreichbar, wenn die fossilen Energieträger (Benzin, Diesel, Heizöl, Erdgas) durch erneuerbare Energien ersetzt sowie Gebäude und Produktionsprozesse energieeffizienter werden.
- b) Durch die Umstellung auf Wärmepumpen und E-Mobilität nimmt der Stromverbrauch zu, aber insgesamt wird weniger Energie verbraucht, weil das elektrizitätsbasierte System effizienter ist als das auf fossilen Energieträgern basierte System.
- c) Das Ziel der Thurgauer Regierung bis 2030 30 % des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien aus dem Kanton zu ersetzen ist nicht besonders ambitioniert, muss aber unbedingt erreicht werden.

- d) Bei der Förderung der erneuerbaren Energien ist der Fokus auf die Verbesserung der Rahmenbedingungen für eine unbürokratische Realisierung und einen wirtschaftlichen Betrieb zu legen.
- e) Grosswindanlagen sind ein wichtiger Pfeiler der erneuerbaren Stromproduktion, weil sie v.a. im Winter und auch in der Nacht Strom produzieren.
- f) Die tiefe Geothermie ist weiter zu verfolgen, da sie in der Lage ist, konstant Energie und Wärme zu liefern. Sie beeinträchtigt das Landschaftsbild weniger als Grosswindanlagen. Die Entsorgung von radioaktivem Abfall und die Gefahr einer radioaktiven Verseuchung von AKWs bei einem Zwischenfall entfällt.
- g) Die Vergärung von Bioabfällen ist ein weiterer Pfeiler der Energie- und Wärmeversorgung. Ein Potenzial besteht insbesondere beim Neubau von grösseren Ställen und in Verbindung mit Kompostieranlagen.
- h) Das grösste Potenzial für den Ausbau der Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Ressourcen besteht bei der Solarenergie. Vielversprechend ist die Geothermie, aber die geologischen Grundlagen fehlen noch, um die Machbarkeit und das Potenzial abzuschätzen.
- i) Der Kanton Thurgau hat ein grosses Potenzial für die Gewinnung von erneuerbarer Wärme aus der Umwelt (Erdwärme, Seethermie) und aus Holz.
- j) Der Ausbau des wetterabhängigen Wind- und Solarstroms bedingt dynamische Massnahmen zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage. Im Fokus stehen intelligente Energiemanagementsysteme (EMS), die Steuerung und der Einsatz von mobilen (Autobatterien) und stationären (Heimbatterien) Speichern, die Steuerung von Wärmepumpen und anderen energieintensiven, nicht zeitkritischen Hausgeräten.
- k) Die Freigabe des bidirektionalen Ladens von E-Autos mit CCS-Anschluss steht unmittelbar bevor. Wieweit die Autohersteller wegen Batteriegarantie und Ermittlung des Wiederverkaufswerts das bidirektionale Laden einschränken, wird sich zeigen.
- l) Das heutige Preissystem für den Strombezug mit Hoch-(Werktag) und Niedertarifen (Nacht und Wochenende) ist durch die permanente Stromproduktion der AKWs bedingt. Wenn die AKW wegfallen, ist diese Voraussetzung nicht mehr gegeben, es sei den, der Atomstrom könnte durch Geothermie-Strom ersetzt werden.

## 5 Politischer Handlungsbedarf

- Bekämpfung Referendum Klimaschutzgesetz. Eidg. Volksabstimmung am xx.xx.xxxx
- Bestätigung der Streichung der gesetzlichen Obergrenze von 22 Millionen Franken beim Energiefonds. Kantonale Volksabstimmung, voraussichtlich am 18.06.2023.
- Geothermie: Realisierung des Projektes Thurgauer Energienutzung aus dem Untergrund 2030 (TEnU). Voraussetzung ist die Annahme der vorgeschlagenen Verteilung der 127 TKB-Millionen auf die 7 Gross- (darunter TEnU) und 13 Kleinprojekte an der kantonalen Volksabstimmung vom 18.06.2023.
- Ausbau des intelligenten Stromnetzes (Smart Grid) unter Einbezug der dezentralen Energieproduktions- und Speicheranlagen fördern. 2-3 Pilotprojekte im Kanton Thurgau, um die intelligente Integration von Haus- und Autobatterien sowie Wärmepumpen ins Stromnetz zu testen und zu optimieren.
- Anreize schaffen für den Zusammenschluss von Energieversorgungsunternehmen (EVU) zu wirtschaftlichen und dynamischen Einheiten.
- Lösungen finden zur wirtschaftlichen Nutzung von Überschussstrom statt die erneuerbare Stromproduktion abzuriegeln.

**6 Dafür setzt sich «Die Mitte Thurgau» ein**

- Die Deckung des Energiebedarfs (Wärme und Strom) mit selbst produzierter erneuerbarer Energie und einem komplementären nationalen und internationalen Austausch von erneuerbarer Energie zum Ausgleich von Mangel- und Überschusssituationen.
- Die Annahme und Umsetzung des von den Eidgenössischen Räten verabschiedeten Klimaschutzgesetzes.
- Die Aufhebung der gesetzlichen Obergrenze von 22 Mio. Fr. beim kantonalen Energiefonds und die Umsetzung der Thurgauer Energiestrategie 2030.
- Die Realisierung des Projektes Thurgauer Energienutzung aus dem Untergrund 2030.
- Den Ausbau des Stromnetzes für die Aufnahme von dezentralen Stromproduktionsanlagen und die intelligente Steuerung des Ausgleichs.
- Die Schaffung der regulatorischen Voraussetzungen für die Steuerung des Stromnetzes mit dezentralen Produktionsanlagen für erneuerbaren Strom und dezentralen Stromspeichern.
- Die Optimierung der Energieversorgungsstruktur durch leistungsfähige, dynamische und zukunftsgerichtete Energieversorgungsunternehmen.

**Die Mitte: Wir machen die Energiewende!**

## 7 Quellenverzeichnis

- 1) Energiekonzept Kanton TG 2020-2030  
<https://energie.tg.ch/gesetzliche-grundlagen/energiepolitik.html/2538/> 6.01.2023
- 2) Medienmitteilung des Departements für Inneres und Volkswirtschaft vom 3.01.2022
- 3) Windenergie im Thurgau [Windenergie \(tg.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023) /17.01.2023
- 4) [Umweltwärme \(Wärmepumpen\) \(tg.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)
- 5) [Wärmepumpen: Luft, Wasser oder Erde? | Gebäudetechnik | News/Produkte | Baunetz Wissen \(baunetzwissen.de\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)
- 6) <https://hausinfo.ch/de/bauen-renovieren/haustechnik-vernetzung/heizung-lueftung-klima/waermepumpen/vergleich.html> / 18.01.2023
- 7) Grundlagenbericht Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien im Kanton Thurgau  
[Grundlagenbericht Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien im Kt. TG.pdf](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/19.01.2023
- 8) Amt für Umwelt des Kantons Thurgau (Hrsg, 2012): [Wassernutzung-im-Thurgau.pdf \(tg.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/19.1.2023
- 9) [Schweiz - Stromproduktion durch Wasserkraft je Kanton 2020 | Statista](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/19.01.2023
- 10) Die technische Regulierung des Bodensee-Wasserstandes – ein kaum zu rechtfertigender Eingriff. [IGKB - Internationale Gewässerschutzkommission - Regulierung des Bodensees](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/19.1.2023
- 11) Volksinitiative stoppte Seeregulierung: Wie der Hochwasserschutz unterging Thurgauer Zeitung 22.10.2022. [Thurgauer Volksinitiative verhinderte 1969 Bodenseeregulierung \(thurgauerzeitung.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/19.1.2023.
- 12) Geothermie, ein Schritt zur CO<sub>2</sub>-armen Wärme- und Stromversorgung. [Geothermie, ein Schritt zur CO<sub>2</sub>-armen Wärme- und Stromversorgung \(tg.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/19.01.2023.
- 13) 20 Projekte sollen vom Erlös des Börsengangs profitieren.  
<https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023>.
- 14) Geothermie im Kanton Thurgau - Nutzung, Potenziale, Perspektiven. [Broschuere-Geothermie im Kanton Thurgau.pdf \(tg.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/19.01.2023.
- 15) Stadtwerke München. Ökostrom und Ökowärme - Unsere Anlagen für erneuerbare Energie.  
[https://www.swm.de/energiewende/oekostrom-erzeugung/](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023) 19.1.2023.
- 16) Bericht biogene Abfälle Kanton Thurgau.  
[Bericht Biogene Abfaelle Kt TG final 2008 05 20 V1.11382102274298.pdf](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/19.1.2023.
- 17) Geothermie, ein Schritt zur CO<sub>2</sub>-armen Wärme- und Stromversorgung. [Geothermie, ein Schritt zur CO<sub>2</sub>-armen Wärme- und Stromversorgung \(tg.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/20.01.2023.
- 18) ThurGIS, Geologie und Boden, Bohrungen. [ThurGIS - Kartenportal Thurgau \(tg.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/20.01.2023
- 19) ThurGIS Verbotszonen Erdwärmesonden. [ThurGIS - Kartenportal Thurgau \(tg.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/20.01.2023
- 20) Bewilligte Erwärmesonden Kanton Thurgau 1999-2022. Mail von D. Stumm, Amt für Umwelt Kanton Thurgau, 20.01.2023.
- 21) Jahrbuch Wald und Holz 2021. [Jahrbuch Wald und Holz 2021 \(admin.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/21.01.2023
- 22) Bei Heizungen auf Klimakurs. Kanton Thurgau: Immer mehr Hauseigentümer ersetzen ihre fossilen Heizungen. Thurgauer Zeitung, 21.01.2023.
- 23) Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Energie, 2018. Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien im Kanton Thurgau. Grundlagenbericht.  
[Grundlagenbericht Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien im Kt. TG.pdf](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/26.01.2023.
- 24) EcoWatt, 2014. Grundlagenbericht Stromnetze Thurgau mit Blick auf eine verstärkte dezentrale Stromproduktion. [Grundlagenbericht-Stromnetze-Thurgau 29.10.2014.pdf \(tg.ch\)](https://www.tg.ch/news.html/485/l/de/news/60264/19.1.2023)/26.01.2023

- 25) Geben und nehmen. Dank bidirektionalem Laden haben Pioniere wie Reinhard Ketterer Energie für Haus und Auto. TCS touring, Februar 2023, S. 10-17.
- 26) Renault Entwicklung: Bidirektionales Laden mit sehr hohem Wirkungsgrad. Elektroauto-News.net, 16.01.2023. <https://www.elektroauto-news.net/2023/renault-bidirektionales-laden-sehr-hoher-wirkungsgrad/> /28.01.2023.
- 27) Jeder Autohersteller wird bidirektionales Laden anbieten. Elektroauto-News.net, 28.12.2022. <https://www.elektroauto-news.net/2022/jeder-autohersteller-wird-bidirektionales-laden-anbieten/> /28.01.2023.
- 28) Bidirektionales Laden: BMW und Eon starten V2H-Projekt. Elektroauto-News.net, 8.09.2022. <https://www.elektroauto-news.net/2022/bidirektionales-laden-bmw-eon-starten-v2h-projekt/> /28.01.2023.
- 29) VW startet Pilotphase mit DC-Wallbox fürs CCS-Laden daheim. Elektroauto-News.net, 12.12.2020. <https://www.elektroauto-news.net/2020/vw-startet-pilotphase-mit-dc-wallbox-fuers-ccs-laden-daheim/> / 28.01.2022.
- 30) Bidirektionales Laden: TransnetBW macht E-Autos zum Ladebooster. Elektroauto-News.net, 1.2.2022. <https://www.elektroauto-news.net/2022/bidirektionales-laden-transnetbw-macht-e-autos-zum-ladebooster/> /28.1.2023.
- 31) eSYSTEMS: Intelligentes Laden im Smart Home. Elektroauto-News.net, 11.9.2022. <https://www.elektroauto-news.net/2022/esystems-intelligentes-laden-smart-home/> /28.01.2023.
- 32) Volkswagen bietet 2022 bidirektionales Laden und Plug & Charge an. Technikblog, 15.12.2021. [Volkswagen bietet 2022 bidirektionales Laden und Plug & Charge an \(technikblog.ch\)](https://www.technikblog.ch/2021/12/15/volkswagen-bietet-2022-bidirektionales-laden-und-plug-charge-an/) /31.01.2023.
- 33) E-Auto von VW kann nun Strom in Netz speisen: Doch die Technik stößt an Grenzen. EFAHRER.COM, 14. Juli 2022. [E-Auto von VW kann nun Strom in Netz speisen: Doch die Technik stößt an Grenzen - EFAHRER.com \(chip.de\)](https://www.efahrer.com/de/2022/07/14/e-auto-von-vw-kann-nun-strom-in-netz-speisen-doch-die-technik-stoest-an-grenzen/) /31.1.2023.
- 34) Bidirektional laden – wann wird das Potenzial in der Schweiz genutzt? ENERGIEEXPERTEN.com, 7.10.2021. [https://www.energie-experten.ch/de/mobilitaet/detail/bidirektional-laden-wann-wird-das-potenzial-in-der-schweiz-genutzt.html?gclid=EAlaIqOBChMluOGvgKny\\_AlVaRkGAB1trwcsEAAYASAAEglbqvD\\_BwE](https://www.energie-experten.ch/de/mobilitaet/detail/bidirektional-laden-wann-wird-das-potenzial-in-der-schweiz-genutzt.html?gclid=EAlaIqOBChMluOGvgKny_AlVaRkGAB1trwcsEAAYASAAEglbqvD_BwE)
- 35) Kommentar zu (35) von Hansruedi Würsch
- 36) sun2wheel Newsletter Januar 2023
- 37) Intelligentes Laden von E-Autos nach ISO-15118-20-Standard. 24.10.2022. <https://www.all-electronics.de/e-mobility/intelligentes-laden-nach-iso-15118-20-standard-97-83-277.html/1.2.2023>
- 38) EEBUS, Ausgangssituation. <https://de.wikipedia.org/wiki/EEBUS> / 1.2.2023.
- 39) EEBUS for bidirectional charging. 27.7.2021. <https://www.eebus.org/eebus-for-bidirectional-charging/>
- 40) E-Autos ziehen am Diesel vorbei – und weitere Erkenntnisse zum Schweizer Automarkt in sechs Punkten. Tagblatt, 31.01.2023. [Autos nach Beliebtheit in der Schweiz: E-Autos überholen Diesel \(tagblatt.ch\)](https://www.tagblatt.ch/2023/01/31/autos-nach-beliebtheit-in-der-schweiz-e-autos-ueberholen-diesel) / 2.02.2023
- 41) Die Ostschweiz fährt immer elektrischer – trotzdem bestimmen Verbrenner noch das Strassenbild. Tagblatt, 2.02.2023. [E-Autos: Immer mehr Stromer auf Ostschweizer Strassen \(tagblatt.ch\)](https://www.tagblatt.ch/2023/02/02/e-autos-immer-mehr-stromer-auf-ostschweizer-strassen) / 2.02.2023
- 42) EEBus Solutions. Speak Energy. 17.06.2021. EEBus Initiative eV Comments - EEBUS offering ISO 15118 interface solution for standardized communication between energy management relevant devices and DSOs. Internet:

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fefiling.energy.ca.gov%2FGetDocument.aspx%3Ftn%3D238271%26DocumentContentId%3D71564&psig=AOvVaw0fP3ovDDiDjZANS2\\_cvVI0&ust=1675419988789000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKewjtzML7z\\_b8AhUthv0HHU7XCe0Qr4kDegQIARAI](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fefiling.energy.ca.gov%2FGetDocument.aspx%3Ftn%3D238271%26DocumentContentId%3D71564&psig=AOvVaw0fP3ovDDiDjZANS2_cvVI0&ust=1675419988789000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKewjtzML7z_b8AhUthv0HHU7XCe0Qr4kDegQIARAI) / 2.02.2023