

Energie-Stammtisch Salem

Inhalt

1.	Intro	2
2.	Strategische Ausrichtung und Arbeitsgruppen.....	3
3.	Bestand	5
4.	Übersicht der Information, Systeme und Technologien	7
5.	Souveränität über unsere Energieinfrastruktur.....	8
6.	Lokale Verantwortlichkeiten der Akteure	10
7.	Die Blaupausen-Lücke: Kommunale Wertschöpfung in der Post-EEG-Ära	14
8.	Solarinitiativen – Erfahrungsaustausch	16
9.	Generationen-Gerechtigkeit: Unsere Pioniere dürfen nicht abgehängt werden	17
10.	5. Möglichkeiten der Nutzung von Ü20-Anlagen	19
11.	„Technologien Energiewende“ eine Übersicht aus dem Netz 2022-25	20
12.	Virtuelles Kraftwerk	22
13.	Bidirektionales Laden: Rechtsrahmen, Interessen & Standards.....	24
14.	Wallboxen (Steckdosen am Haus): Übersicht & Hintergründe.....	35
15.	Akteur , Mittspieler bei Vehicle-to-Everything (V2X)	39
16.	Verfügbare Auto Akkus in Salem Bestand & Prognose.....	41
17.	Übersicht der Speichersysteme	42
18.	Der 1-MWh-Container.....	44
19.	Energie-Speicher-Kraftwerk.....	45
20.	Green Data Power-House	46
21.	Kläranlage & Abwasserkanal Wärme.....	50
22.	Quellenverzeichnis (Generell)	51
23.	Kontakte & Partner	59
24.	Dokumentenhistorie.....	59

1. Intro

1. Der Energiestammtisch lädt ein zum Vortrag zu „saisonalen Speichern“

Ort: Clubheim Neufrach, Am Sportplatz 3, Salem Neufrach

Thema: Wie kann überschüssiger Solar- oder Windstrom nicht abgeregelt oder unter Preis verkauft, sondern gespeichert und in wind- und sonnenarmen Zeiten genutzt werden?

Kontakt: Energie-Stammtisch Salem – Energiewende im Blick | info@energie-salem.de

2. Bericht vom Energie-Stammtisch Salem; Datum: 8. Juni 2026

Am **8. Juni 2026** traf sich der Arbeitskreis „Energie-Stammtisch Salem“, um zukunftsfähige Strategien für Betreiber von Photovoltaikanlagen zu entwickeln, deren EEG-Vergütung nach 20 Jahren ausläuft (sog. Ü20-Anlagen).

Im Fokus standen innovative Konzepte zur Energiespeicherung, darunter:

- Chemische Wasserstoffspeicherung (z. B. Wasserstoff in Eisenoxid gebunden).
- Saisonale Wärmespeicher (z. B. auf Basis von Sand und Speckstein).
- Ganzheitliche Energiesysteme (z. B. Nutzung von Erdreich zur thermischen Speicherung, wie in einem mittelständischen Unternehmen erprobt).

Diskutierte Themen:

- Technologieeinsatz: Welche Speicher eignen sich für welchen Zweck?
Grundsätzliche Fragen zu Strom- und Wärmespeicherung.
- Ethik & Umwelt: Moralische Positionen, kritische Betrachtung der Umweltbelastung durch Wasserstoff.
- Gemeinschaftsprojekte: Möglichkeiten einer gemeinsamen Energieversorgung auf Gemeindeebene, Vermarktungsmodelle, Kooperationen.
- Rahmenbedingungen: Rolle des Netzbetreibers (z. B. Seeallianz GmbH & Co. KG), gesetzliche Vorgaben (EEG, EnWG).
- Netzinfrastruktur: Zusammenarbeit mit der Seeallianz GmbH & Co. KG (Netzbetreiber für Salem, Markdorf, Uhdlingen-Mühlhofen, Owingen, Bermatingen).
Vorsitzender des Aufsichtsrats: Salemer Bürgermeister Manfred Härle.

Anmerkung: Landwirtschaftliche Betriebe (Biogas/PV) wurden nicht angesprochen.

2. Strategische Ausrichtung und Arbeitsgruppen

Ziel: Strategische Strukturierung des Themenbereichs „Erneuerbare Energien & Anlagentechnik“, um die Komplexität zu reduzieren und gezielt Informationen aufzubereiten.

Bestandsaufnahme & Potenzialanalyse

Akteure, Interessen und Verantwortlichkeiten

Es sollten die Akteure, Interessen und Verantwortlichkeiten im Energiemarkt systematisch untersuchen und aufgezeichnet werden. Von lokalen Bürgern und der Seeallianz bis hin zu globalen Konzernen und politischen Entscheidungsträgern. Dabei sollen mögliche Konflikte analysiert und eine Strategie für Salem und andere Orte abgeleitet werden und das Regelwerk zu verstehen.

Energiekataster (aktuell und geplant)

- Erfassung bestehender PV-Anlagen und Energiespeicher (Strom & Wärme) von Privat, Landwirtschaft und Gewerbe.
 - Clusterung nach 4 Jahreszeiten (Beispiel: Sommer, Herbst, Winter, Frühling) für einen typischen Tag.
- Lastprofile der Gemeinde (Strom & Wärme für Brauchwasser, Heizung) von Privat, Landwirtschaft und Gewerbe.
 - Clusterung nach 4 Jahreszeiten für einen typischen Tag.
- Energiekataster der EEG-Ü20-Anlagen für die nächsten 15 Jahre.
- Netzanalyse:
 - Netzstabilität,
 - Aktuelle Kapazitäten von Netz und Umspannstationen.
- Identifikation von Partnern:
 - Netzbetreiber (EnBW, Seeallianz),
 - Landwirte,
 - Industrie.

Situation zu EEG-Ü20-Anlagen

- Aktueller und zukünftiger Status (Gesetze, Vertrieb, etc.).
- Ermittlung des Beratungsbedarfs (Komplexität steigt mit Auslauf der EEG-Förderung).
- Informationsmaterial & Unterstützung: Anlaufstellen für Betreiber, Aktuelle Vertriebsmöglichkeiten und -bedingungen.
- Dokumentation von Best Practices aus anderen Gemeinden (bundesweit).

Konzeptphase

- Ausarbeitung systemischer und technischer Möglichkeiten
- Sichtung der Aktivitäten in anderen Gemeinden (Bundesweit), Solarinitiativen & Erfahrungsaustausch

Übersicht der Technologien

- Energiemanagementsystem Lokal & Zentral
- Lokale, private Konzepte Eigenverbrauch, Heimspeicher, E-Mobilität
- Konzepte im Verbund Gemeinschaftliche Speicher, Quartierslösungen
- Regional & überregional Großspeicher, Netzdienstleistungen
- Übersicht der Speicher Siehe Kapitel 9

Brechung, Modellierung

- PV-Ü20-Anlagen für die nächsten 15 Jahre inkl. bestehender Energiespeicher:
 - Akku-Speicher (Heim- und Gewerbespeicher),
 - Thermospeicher (Heizung, Brauchwasser),
 - E-Auto-Akkus (bidirektionales Laden).
- Zukünftige Systeme:
 - Lokales Energiemanagementsystem (privat),
 - Zentrales Energiemanagementsystem (Verbund/Gemeinschaft),
 - PV & Agri-PV (Doppelnutzung von Flächen),
 - Skalierung von Energiespeichern (Akku, Thermospeicher, Wasserstoff, Eisspeicher) – dezentral & zentral.
 - Technologie-Mix (private, regionale, überregionale Konzepte).

Optimierung & Systementwürfe

- Potenzialoptimierung und erste Überschlagsrechnungen.
- Systementwürfe:
 - Konzept für Beratung privater Anlagenbetreiber,
 - Strategien zur weiteren Nutzung von PV-Anlagen (z. B. Eigenverbrauch, Direktvermarktung),
 - Rahmen für Eigenversorgung und Netzstabilität,
 - Intelligentes Energiemanagementsystem für Eigenversorgung, Vermarktung oder Speicherung,
 - Gemeinschafts-Akku für Stunden-/Tagesausgleich,
 - Großspeicher für Wochen-/Monatsausgleich.

Wirtschaftliche & rechtliche Zielsetzungen

- Wirtschaftliche Zielsetzungen und erste Überschlagsrechnungen.
- Energiegemeinschaften & Bürgerenergiegenossenschaften (Systemaufzeichnung).
- Rahmenbedingungen & Anforderungen: Moralische Ansprüche (z. B. Nachhaltigkeit, Gerechtigkeit), Regelwerke (Gesetze, Sicherheit, Zertifizierungen).

Beschluss- & Gründungsphase

3. Bestand

Aktuelle Daten der Gemeinde Salem

Kategorie	Wert	Quelle
Installierte PV-Leistung	22,5 MWp (1.626 registrierte Solaranlagen).	Eigene Erhebung, Bundesnetzagentur (2025)
Jährlicher PV-Ertrag	~25 GWh (25.313 MWh).	1100KWh je KWp im Jahr
Jährlicher Stromverbrauch	~30 GWh (27.500 MWh).	Eigene Schätzung, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2025)
Tagesverbrauch	~75 MWh (Puffer für 2 Tage: 150 MWh).	Eigene Schätzung
Speicherkapazität	~8.000 kWh (Heimspeicher: 720 × 9 kWh; Gewerbespeicher: 30 × 50 kWh) + 2.000 kWh (E-Autos) + Brauchwasserspeicher.	Eigene Erhebung

Verteilung der PV-Anlagen in Salem nach Leistungsklassen

Leistungsklasse	Anzahl der Anlagen	Charakteristik
Bis 1 kWp	189	Fast ausschließlich Balkonkraftwerke.
1 bis 5 kWp	165	Kleinere Dachanlagen (oft ältere Bestandsgebäude).
5 bis 20 kWp	1155	Standard für Einfamilienhäuser.
20 bis 100 kWp	98	Größere Gewerbedächer oder Mehrfamilienhäuser.
Über 100 kWp	19	Gewerbliche Großanlagen oder Freiflächenanlagen.
Gesamt	1626	

Strombilanz der Gemeinde Salem

Zeitraum	Ertrag (MWh)	Verbrauch (MWh)	Differenz (MWh)
Gesamtertrag pro Jahr	25313	27500	-2187
Durchschnittstag Sommer	138	75	63
Durchschnittstag Frühling	92	75	17
Durchschnittstag Winter	20	75	-55

- Defizit im Jahresmittel: -2.187 MWh (Stromverbrauch ist größer als Ertrag).
- Überschuss im Sommer: +63 MWh/Tag (Potenzial für Speicherung oder Vermarktung).
- Defizit im Winter: -55 MWh/Tag (Bedarf an Speichern oder Bezug aus dem Netz).

Status Quo und Prognose

Die Basis: 22,5 MWp Gesamtleistung; Vergleich Status Quo (EEG) vs. Zukunft (Markt)

Anlagentyp / Zeit	Vergütung (Ø)	Jahresumsatz Salem	Differenz
Status Quo (EEG-Durchschnitt)	39,0 Cent	8.775.000€ (8mil€)	,--
Markt ab 2031 (Nichts tun)	ca. 2,5 Cent	ca. 562.500 €	- 8.212.500 € (8 Millionen)
V2G-Kraftwerk via Bidirektionales Laden von E-Autos	ca.20,0 Cent	Ca. 4.500.000 €	- 4.275.000 €

Wirtschaftliche Prognose für Salem (Stand 2036)

Aktion	Zeitraum	Szenario	Erlös pro kWh (Netto)	Umsatz pro Jahr (Gesamt)	Mehrwert (Delta) gegenüber „Nichts tun“	5kwp, 5.000kwh in Jahre	10kwp, 10.000kwh im Jahre
Wenn man NICHTS macht	In 10 Jahren (2036)	Marktsättigung & hohe EE-Dichte	2,5 Cent	562.500 €	0 €	125 €	250 €
A: Energiegemeinschaft (nur Smart Meter)	In 10 Jahren (2036)	Bilanzielles Energy Sharing	9,0 Cent	2.025.000 €	1.462.500 €	450 €	900 €
B: V2G-Kraftwerk (Bidirektional)	In 10 Jahren (2036)	Aktive Markt-Arbitrage & V2G	20,0 Cent	4.500.000 €	3.937.500 €	1.000 €	2.000 €
C: Stein-/Sandspeicher (Wärme-Batterie)	In 7 Jahren (2033+)	Saisonaler Ausgleich & Wärme-Erlös*	16,0 Cent	3.600.000 €	3.037.500 €	800 €	1.600 €

Wirtschaftliche Prognose für Salem In 15 Jahren (2041)

Aktion	Zeitraum	Szenario	Geschätzter Erlös pro kWh (Netto)	Schätzung gesamt (bei 20 Mio. kWh)	Delta (nind)	5kwp, 5.000kwh in Jahre	10kwp, 10.000kwh im Jahre
Wenn man NICHTS macht	In 15 Jahren (2041)	Marktsättigung & hohe EE-Dichte	1,5Cent	337.500€	0€	75€	150€
A: Energiegemeinschaft (nur Smart Meter)	In 15 Jahren (2041)	Bilanzielles Energy Sharing	8,0Cent	1.800.000€	1.462.500€	400€	800€
B: V2G-Kraftwerk (Bidirektional)	In 15 Jahren (2041)	Aktive Markt-Arbitrage & V2G	22,0Cent	4.950.000€	4.612.500€	900€	1.800€
C: Stein-/Sandspeicher (Wärme-Batterie)	In 15 Jahren (2041)	Saisonaler Ausgleich & Wärme-Erlös*	18,0Cent	4.050.000€	3.712.500€	1.100€	2.200€

4. Übersicht der Information, Systeme und Technologien

Vorab, um die folgende Struktur zu verstehen: Bei den bisherigen Informationssichtungen habe ich verstanden, dass es weniger um tolle neue Technologien geht, sondern zunächst darum, das Vorhandene zu sortieren, zu bereinigen und zu bewerten. Mit diesem Hintergrund sind die Kapitel aufgebaut. Ich vermute, dass es auf Folgendes hinausläuft:

Nichts machen: Endverbraucher und PV-Betreiber lassen die Akteure am Markt frei Hand. Der Markt regelt sich von selbst, und die Endverbraucher und kleinen PV-Betreiber haben ihre Ruhe. Manche PV-Betreiber werden eigene Optimierungen vornehmen (E-Auto, Brauchwasser heizen, Wärmepumpe, Klimaanlage oder Nachbarschaftsstromverkauf). Vermutlich sind manche kleinen PV-Betreiber – die PV-Pioniere von vor 20 Jahren – mit alldem überfordert, oder es ist schlichtweg egal, dass die Anlage ja eh abgeschrieben ist.

Energiegemeinschaft: Ein Verbund aus primär kleinen PV-Betreibern, um eine bessere Vermarktung zu erreichen. Ein Netzwerk der vorhandenen und zukünftigen Akkuspeicher. Aktuell vermutlich nur 8 MWh. Das reicht aus, um ca. 50 Haushalte für 1 Tag zu versorgen oder um eine gemeinsame Vermarktung zu starten: Energieverkauf, Dienstleistung Netzstabilität (Last, Blindleistung).

Dazu ist aber eine zentrale Steuerung notwendig: eine Steuerung von Einspeise- und Ladevorgängen. Also damit kann man auch dann die kleinen PV-Anlagen abschalten, und die Erstattung nach EEG (39 Cent) fällt aus.

Die zentrale Steuerung (Smart Meter und Co.) sollte dann auch betrieben werden. Die Systeme haben eine hohe wirtschaftliche und technische Komplexität – das muss man auch als Energiegemeinschaft und politisch Beteiligte wollen und aushalten.

Mit diesem Hintergrund ist die Frage: Wer macht was mit?

V2G-Kraftwerk: Bidirektional von E-Auto-Akkus. Auch bei diesem Punkt muss man nichts machen – der Markt regelt es sicherlich von ganz allein. Das Thema ist ein von vielen Beteiligten sehr umkämpfter Markt mit potenziellen Akteuren! Auch hier die Frage: Was will eine kleine lokale Energiegemeinschaft, und wollen die das aushalten?

Lokale Großprojekte: wie Energiespeicher (Groß-Akku e.g. Container von MTU, Wärme mit Steinspeicher, Wasserstoff), Windkraft. Das sind alles faszinierende Ideen und immer komplexe Projekte. Die erste Frage ist: Wer sind die Akteure? Wer hat welches Interesse und Verantwortung?

5. Souveränität über unsere Energieinfrastruktur

Analyse für die Seeallianz

- Souveränität über Energieinfrastruktur
- Die Seeallianz besitzt das Stromnetz in Salem, Bermatingen und Frickingen, die EnBW/Netze BW betreibt es.
- EnBW installiert nicht V2G-fähige Zähler, blockiert damit dezentrale Lösungen und kontrolliert Smart Meter-Daten.
- Lokale Kontrolle ist essenziell für wirtschaftliche Wertschöpfung, Unabhängigkeit und Energiewende vor Ort.
- Handlungsbedarf: Neuverhandlung der Pachtverträge, Vetorecht bei Hardware- V2G Entscheidungen, Lobbyarbeit und eigener Messstellenbetrieb.

V2G (Vehicle-to-Grid) bedeutet Bidirektionales Laden von E-Auto

Einleitung

Die Energieversorgung in Deutschland steht vor einem tiefgreifenden Wandel, der durch die Energiewende und die zunehmende Dezentralisierung der Energieerzeugung geprägt ist. Kommunen wie Salem, Bermatingen und Frickingen, die sich in der Seeallianz zusammengeschlossen haben, stehen vor der Herausforderung, ihre Energieinfrastruktur zukunftsfähig zu gestalten und gleichzeitig die lokale Wertschöpfung zu sichern.

Die Souveränität über die Energieinfrastruktur ist dabei ein zentraler Hebel, um die Kontrolle über das lokale Stromnetz, die technischen Standards und die Datenhoheit zu erlangen. Diese Souveränität ist jedoch durch die aktuellen Pachtverhältnisse und die Strategien großer Energiekonzerne wie der EnBW gefährdet.

Die folgende Analyse beleuchtet die Bedeutung der Souveränität, die aktuelle Situation der Seeallianz, die lokalen Verantwortlichkeiten der Akteure, die Strategie der EnBW sowie die Grenzen der Selbstregulierung des Marktes.

Abschließend eine Mögliche Handlungsempfehlungen für die Seeallianz um die Energieinfrastruktur zukunftsfähig und im Sinne der lokalen Energiewende zu gestalten.

Souveränität über die Energieinfrastruktur: Definition und Bedeutung

Souveränität über die Energieinfrastruktur bedeutet für Kommunen die volle Kontrolle über das lokale Stromnetz, seine technische Ausrichtung und die damit verbundene Wertschöpfung. Dies umfasst das Eigentum an Netzen und Infrastruktur, die Entscheidungshoheit über technische Standards (z.B. Smart Meter, V2G-Fähigkeit) sowie die Datenhoheit über Verbrauchsdaten und Energieflüsse. Diese Souveränität ist essenziell, um die Energieversorgung lokal zu gestalten, die wirtschaftliche Wertschöpfung zu sichern und die Abhängigkeit von großen Energiekonzernen zu reduzieren.

Die Bedeutung der Souveränität liegt in der Ermöglichung dezentraler Energielösungen, die eine klimaneutrale und bürgernahe Energieversorgung gewährleisten. Durch die Kontrolle über technische Standards können Kommunen zukunftsfähige Infrastruktur vorgeben, die beispielsweise bidirektionales Laden (V2G) ermöglicht. Die Datenhoheit ist dabei entscheidend, um Echtzeitdaten für lokale Energieprojekte nutzen zu können und die Wertschöpfung in der Region zu halten.

Die Seeallianz besitzt das Stromnetz in Salem, Bermatingen und Frickingen, während die EnBW/Netze BW als Pächter und Betreiber fungiert. Diese Konstellation führt zu einer Abhängigkeit der Kommunen von den Entscheidungen der EnBW, insbesondere bei der Auswahl der technischen Standards. Die EnBW installiert derzeit nicht V2G-fähige Zähler, was die Umsetzung dezentraler Lösungen blockiert und die Kontrolle der Kommunen über ihre Netze einschränkt.

Aktuelle Situation: Eigentum, Pacht und technische Standards

Die Seeallianz ist Eigentümerin des Stromnetzes in den drei Kommunen, während die EnBW/Netze BW das Netz betreibt und wartet. Diese Trennung von Eigentum und Betriebsführung führt zu einer komplexen Situation, in der die EnBW als Pächter weitreichende Entscheidungsbefugnisse über technische Standards besitzt. Die EnBW setzt auf zentrale, nicht V2G-fähige Zähler, die als „dünne Technik“ bezeichnet werden. Diese Zähler blockieren die Möglichkeit des bidirektionalen Ladens, eine Schlüsseltechnologie für die Integration erneuerbarer Energien und die Stabilisierung des Netzes durch Elektromobilität.

Die Installation dieser nicht V2G-fähigen Zähler hat zur Folge, dass die Kommunen die Kontrolle über die technologische Zukunftsfähigkeit ihres Netzes verlieren. Die EnBW begründet diese Entscheidung mit Kosteneffizienz und Standardisierung, tatsächlich dient sie jedoch der Sicherung der Datenhoheit und dem Schutz zentralistischer Geschäftsmodelle. Die EnBW kontrolliert die Smart Meter-Daten, die für dezentrale Lösungen entscheidend sind, und verhindert so den Zugriff der Kommunen und Bürger auf Echtzeitdaten.

Diese Situation führt zu einer Re-Monopolisierung des Messwesens, bei der große Netzbetreiber wie die EnBW versuchen, die Kontrolle über Smart Meter zu behalten, um proprietäre Systeme durchzusetzen. Dies gefährdet die lokale Wertschöpfung und die Umsetzung innovativer Energieprojekte.

Ziele und Herausforderungen der lokalen Kontrolle

Die lokale Kontrolle über das Stromnetz verfolgt drei zentrale Ziele: wirtschaftliche Wertschöpfung, Unabhängigkeit von großen Energiekonzernen und die Förderung der Energiewende vor Ort.

- **Wirtschaftliche Wertschöpfung:** Durch lokale Energieerzeugung und -vermarktung können Einnahmen für die Region gesichert werden, etwa durch V2G-Technologien oder Bürgerenergiegenossenschaften. Die Verteilnetzbetreiber sind dabei zentrale Akteure, die die Stromversorgung vor Ort sichern und innovative Lösungen für eine klimaneutrale Zukunft umsetzen.
- **Unabhängigkeit:** Die Reduzierung der Abhängigkeit von großen Energiekonzernen stärkt die kommunale Selbstverwaltung und ermöglicht eine eigenverantwortliche Energiepolitik.
- **Energiewende vor Ort:** Dezentrale Lösungen wie V2G, lokale Speicher und die Integration erneuerbarer Energien sind entscheidend, um die Energiewende auf kommunaler Ebene umzusetzen.

Die Herausforderungen liegen in den aktuellen Pachtverträgen, die der EnBW zu viel Entscheidungsfreiheit einräumen, in den technischen Standards, die nicht zukunftsfähig sind, und in den rechtlichen Rahmenbedingungen, die oft große Netzbetreiber begünstigen.

Zudem fehlt der Seeallianz der Zugriff auf die Smart Meter-Daten, was die Umsetzung dezentraler Lösungen erschwert.

6. Lokale Verantwortlichkeiten der Akteure

Die verschiedenen Akteure im Energiemarkt haben unterschiedliche Kerninteressen und Verantwortlichkeiten:

- **Endverbraucher:** Interesse an niedrigen Strompreisen und Versorgungssicherheit; Rolle als Konsument und passiver Nutzer des Netzes.
- **Klein-PV-Betreiber:** Rendite, Eigenverbrauch und CO₂-Reduktion; dezentrale Erzeuger, die Netzstabilität benötigen.
- **Groß-PV-Betreiber:** Wirtschaftliche Effizienz und Skaleneffekte; stabilisieren das Netz durch Einspeisung.
- **Energiespeicher-Betreiber:** Profit durch Arbitrage und Systemdienstleistungen; stabilisieren das Netz aktiv durch Speicherung und Rückspeisung.
- **Seeallianz:** Lokale Wertschöpfung und Netz-Souveränität; Eigentümerin des Netzes und politischer Gestalter.
- **EnBW/Netze BW:** Rendite aus Netzentgelten und Systemstabilität; Pächter und Betreiber, verpflichtet zur Technikneutralität.
- **Bürgermeister/Aufsichtsrat:** Politische Vertretung und lokale Entwicklung; Entscheidungsträger für Pachtverträge und strategische Ausrichtung.
- **Energiegenossenschaften:** Bürgerbeteiligung und dezentrale Energieerzeugung; Träger für lokale Energieprojekte.

Diese Akteure müssen kooperieren, um die Ziele der Energiewende und der lokalen Wertschöpfung zu erreichen.

Schnittstelle zwischen kommunaler Selbstverwaltung, Landespolitik und Bundesnetzagentur (BNetzA)

Die Seeallianz als Eigentümerin des Netzes hat das Recht auf Mitbestimmung bei technischen Standards und muss Standards setzen, die lokale Wertschöpfung ermöglichen. Die Bürgermeister und Aufsichtsräte vertreten die kommunalen Interessen gegenüber der EnBW und der Politik.

Auf Landesebene sind der Städtetag Baden-Württemberg und die KEA (Klimaschutz- und Energieagentur BW) wichtige Partner. Der Städtetag unterstützt die Lobbyarbeit für kommunale Netzhoheit und vernetzt Kommunen, während die KEA technische Beratung und Förderung dezentraler Energielösungen bietet. Der Wirtschaftsausschuss des Landtags BW beeinflusst die gesetzlichen Rahmenbedingungen.

Auf Bundesebene ist die Bundesnetzagentur (BNetzA) für die Regulierung der Netzentgelte, die Digitalisierung des Messwesens und die Technikneutralität zuständig. Sie überwacht die Einhaltung von Standards und schlichtet bei Konflikten. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) setzt die bundesweiten Rahmenbedingungen für die Energiewende.

Die Kommunen fordern lokale Souveränität, während BNetzA und EnBW auf zentrale Standardisierung setzen. Dies führt zu Konflikten, da lokale Innovationen durch zentrale Vorgaben ausgebremst werden. Die Lösung liegt in der Kooperation mit Land und Bund sowie der vertraglichen Absicherung lokaler Interessen.

Aktuelle Strategie der EnBW und Risiken der Re-Monopolisierung

Die EnBW verfolgt eine Strategie, die auf zentrale, nicht V2G-fähige Hardware setzt, um die Kontrolle über Daten und Energieflüsse zu sichern und zentralistische Geschäftsmodelle zu schützen. Dies führt zu einer Re-Monopolisierung des Messwesens, bei der wettbewerbliche Messstellenbetreiber zugunsten der EnBW zurückgedrängt werden. Die EnBW plant zudem, die Lastkapazität des Stromnetzes bis 2030 erheblich zu erweitern und investiert bis zu 50 Milliarden Euro in den Ausbau der Netze für Strom, Gas und Wasserstoff. Dies könnte zu einer weiteren Zentralisierung der Kontrolle über die Energieinfrastruktur führen.

Die Folgen sind eine Abhängigkeit der Kommunen von großen Energiekonzernen, ein Verlust lokaler Wertschöpfung und eine soziale Spaltung, da nur teure Speziallösungen Innovationen ermöglichen. Die EnBW handelt damit nicht im Sinne der lokalen Energiewende, sondern im Sinne ihres zentralistischen Geschäftsmodells.

Interessenkonflikte und Verantwortlichkeiten im Energiemarkt

- **Eigentum vs. Betriebsführung:** Kommunen wollen lokale Wertschöpfung, während Betreiber wie EnBW zentrale Kontrolle bevorzugen.
- **Zentral vs. Dezentral:** EnBW setzt auf zentrale Steuerung, Kommunen auf dezentrale Lösungen und Bürgerbeteiligung.
- **Investition vs. Amortisation:** Investitionen sind riskant und erfordern politische Unterstützung, da der Markt allein keine gerechte Verteilung gewährleistet.

Diese Konflikte erfordern eine Regulierung, um die Ziele der Energiewende zu erreichen und eine gerechte Verteilung von Nutzen und Lasten zu gewährleisten.

Grenzen der Selbstregulierung des Marktes

Die Selbstregulierung des Marktes versagt im Bereich der Energieinfrastruktur, da die EnBW als Pächter kein Interesse an dezentralen Lösungen hat und zentralistische Geschäftsmodelle schützt. Ohne politische Steuerung gewinnt nicht die beste Technik, sondern der Konzern mit dem größten Marketingbudget. Dies führt zu einem „Wildwuchs“ an inkompatiblen Systemen, die dezentrale Lösungen blockieren.

Der technologische Lock-in durch die aktuelle Hardware blockiert Innovationen für die nächsten 20 Jahre. Die Standardisierung der Marktkommunikation und die Investitionen der EnBW könnten zu einer weiteren Zentralisierung führen. Daher ist eine Regulierung durch den Staat unverzichtbar, um die Ziele der Energiewende zu erreichen.

Mögliche Handlungsempfehlungen für die Seeallianz

Akteur	Maßnahme	Ziel
Seeallianz	Standards setzen (z.B. V2G-Fähigkeit als Mindestanforderung für neue Zähler)	Zukunftsfähige Infrastruktur, die dezentrale Lösungen ermöglicht
Seeallianz	Neuverhandlung der Pachtverträge mit bindenden Vorgaben für zukunftsfähige Infrastruktur	Kontrolle über technische Standards und Datenhoheit zurückgewinnen
Seeallianz	Vetorecht bei Hardware-Entscheidungen einfordern	Vermeidung von technologischem Lock-in und Sicherung lokaler Wertschöpfung
Seeallianz	Lobbyarbeit für kommunalfreundliche Regulierung (z.B. über Städtetag BW)	Verbesserung der rechtlichen Rahmenbedingungen für lokale Energiewende
EnBW	Vertraglich verpflichten, zukunftsfähige Infrastruktur bereitzustellen	Vermeidung von technologischem Lock-in und Förderung dezentraler Lösungen
Politik (Bund/Land)	Regulatorische Hürden abbauen (z.B. Doppelbesteuerung, Zertifizierungsprozesse)	Schaffung fairer Rahmenbedingungen für lokale Energiewende

Quellenverzeichnis

Staatsanzeiger Baden-Württemberg: Kommunaler Netzstreit sorgt für politische Hochspannung seeallianz.org	Home - seeallianz.org
PV Magazine: Warnung vor Re- Monopolisierung des Messwesens pv- magazine.de	Gefahr für Smart-Meter-Rollout: Verbände warnen vor „Re- Monopolisierung des Messwesens“ - pv magazine Deutschland
Bundesnetzagentur (BNetzA): Smart Meter Rollout – Stand und Herausforderungen enbw.com	80 Jahre staatlich anerkannte Prüfstelle der EnBW: EnBW
Städtetag Baden-Württemberg: Positionspapier Kommunale Energiewende bdew.de	bdew.de/media/original_images/2025/06/02/stadtwerkestudie- 2025-ey-und-bdew_150dpi.pdf
KEA (Klimaschutz- und Energieagentur BW): Technische Beratung für Kommunen umweltbundesamt.de	Die Seite wurde nicht gefunden Umweltbundesamt
Fraunhofer ISE: Studie zu V2G- Wirtschaftlichkeit (2025) klimaschutz- niedersachsen.de	Umgang mit Akzeptanzabgaben auf kommunaler Ebene - Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen
BSW-Solar: PV-Markt 2026 – Daten und Fakten staedtetag.de	Hinweise zum kommunalen Energiemanagement Staedtetag.de
Energiewirtschaftsgesetz (EnWG): § 1 – Ziel der leitungsgebundenen Energieversorgung vattenfall.de	Energiewirtschaftsgesetz Einfach erklärt Glossar
Messstellenbetriebsgesetz (MsbG): § 3 – Aufgaben des Messstellenbetreibers bundesnetzagentur.de	Bundesnetzagentur - Entflechtung
Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG): § 19 – Direktvermarktung bdew.de	Mit mehr Unabhängigkeit wächst auch die Verantwortung der Bundesnetzagentur BDEW

7. Die Blaupausen-Lücke: Kommunale Wertschöpfung in der Post-EEG-Ära

Einleitung

In Süddeutschland gibt es mehr Sonne und damit eine höhere Dichte an installierten Photovoltaik-Anlagen. Gerade deshalb ist der Handlungsbedarf hier am größten: Die frühen EEG-Anlagen erreichen in den kommenden Jahren das Ende ihrer 20-jährigen Förderlaufzeit. Während die Sonne weiter verlässlich scheint, droht der wirtschaftliche Ertrag für die Gemeinden und ihre Bürger bei einer „Passiv-Strategie“ von heute über 39 Cent pro Kilowattstunde auf unter 3 Cent pro Kilowattstunde zu sinken. Diese drohende **„8-Millionen-Euro-Lücke“** jährlich pro größerem Solarpark ist nicht nur ein finanzieller Verlust, sondern ein massiver Verlust an lokaler Kaufkraft und kommunalem Wohlstand.

Die „Stille im Wald“: Eine erschreckende Erkenntnis

Bei der Recherche nach bestehenden Netzwerken und kommunalen Blaupausen offenbart sich eine ernüchternde Realität: Trotz der existentiellen Bedeutung für die Energiewende und die kommunalen Haushalte herrscht eine beinahe vollständige „Stille im Wald“. Es gibt derzeit kaum existierende Bürgervereine oder übergreifende kommunale Netzwerke, die sich bereits konkret auf die ökonomische Optimierung von Bestandsanlagen durch Vehicle-to-Grid (V2G) spezialisiert haben. Die meisten Projekte sind derzeit noch vereinzelte, isolierte Pilotversuche in der Hand von Energiekonzernen oder technischen Forschungseinrichtungen. Es fehlt an einer breitflächigen, bürgernahen Organisation, die das Thema V2G als Standardlösung für deutsche Gemeinden begreift. Wir stehen also nicht vor einer etablierten Bewegung, sondern vor einer leeren Nische, die erst noch gefüllt werden muss.

Netzwerke und Anlaufstellen: Wo Wissen entsteht

Da noch keine Standard-Blaupause existiert, müssen die ersten Akteure das Fundament legen. Diese Organisationen bilden das Rückgrat für den Aufbau einer V2G-Infrastruktur:

- **Bündnis Bürgerenergie (BBEn):** Der zentrale Dachverband für eine dezentrale Energiewende. Hier vernetzen sich Bürger und Kommunen, die ihre Energieversorgung selbst in die Hand nehmen.
- **DGRV (Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband):** Energiegenossenschaften sind die idealen Träger für V2G-Kraftwerke, da sie die rechtliche Struktur zur Vermarktung gebündelter Strommengen bieten.
- **KEA (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg):** Ein essenzieller Partner für Süddeutschland, um die technische Beratung für Kommunen und Stadtwerke zu erhalten.
- **Europäische Initiativen:** Zahlreiche Projekte im Rahmen von „Horizon Europe“ untersuchen derzeit die Interoperabilität von V2G-Systemen – ein Blick über den Tellerrand lohnt sich für technische Standards.

Warum die Idene aus Salem zur Blaupause werden kann

Salem besitzt die ideale Ausgangslage, um als „Leuchtturm-Kommune“ zu fungieren:

- **Datenbasierte Dringlichkeit:** Durch die präzise Analyse der „8-Millionen-Lücke“ liegt eine ökonomische Argumentationslinie vor, die über rein technische Aspekte hinausgeht.
- **Skalierbare Infrastruktur:** Das geplante Konzept, bei dem die lokale Fahrzeugflotte als „Schatten-Kraftwerk“ mit über 13 MWh Kapazität fungiert, ist auf jede Gemeinde mit ähnlicher PV-Dichte übertragbar.
- **Wirtschaftlichkeit:** Das Modell zeigt nicht nur eine technische Lösung auf, sondern sichert langfristig die Rendite der Bürger-Anlagen.

Salem kann beweisen, dass die Energiewende keine Frage des „Hoffens auf staatliche Hilfe“ ist, sondern eine Frage der intelligenten, lokalen Organisation. In einer Landschaft, in der es bisher an konkreten Vorbildern mangelt, liefert Salem die Blaupause, die zehntausende Gemeinden in Deutschland dringend benötigen, um nach dem Ende des EEG ihren Wohlstand zu bewahren.

Ein möglicher Webseiten Artikel

Dein Solar-Potential: Wir machen aus 8 Cent wieder 39 Cent.

Wusstest du, dass bei auslaufender Förderung aus unseren 39 Cent pro kWh bald nur noch rund 8 Cent werden? Das kostet Deutschland jährlich Milliarden an Wertschöpfung.

Aber: Wir haben die Lösung in der Einfahrt stehen! Mit unserer V2G-Technologie (Vehicle-to-Grid) verwandeln wir unsere E-Autos in smarte „Schatten-Kraftwerke“. So sichern wir unsere Rendite und machen unsere Gemeinden unabhängig.

Warum unser Pionier-Netzwerk? Wir bauen gemeinsam die Blaupause für eine neue Energiezukunft. Wir zeigen, wie wir unsere Solarenergie intelligent speichern und nutzen – ohne auf jemanden zu warten.

- Dein Vorteil: Deine Solaranlage wird wieder zum echten Gewinnbringer.
- Gemeinsam stark: Wir teilen unser Know-how und vernetzen uns mit anderen Machern.
- Innovation pur: Werde Teil der Bewegung, die zeigt, wie moderne, lokale Energieversorgung wirklich funktioniert.

Wir suchen keine Bittsteller, sondern Visionäre. Menschen, die Lust haben, ihre Energiezukunft selbst in die Hand zu nehmen und ihre Region zum Vorbild zu machen.

Bereit für das nächste Level? Schließ dich unserem Pionier-Netzwerk an und hilf uns, die Energiewende neu zu definieren.

Energiewende macht Spaß, wenn man sie selbst gestaltet.

Hintergrund zu den Zahlen:

- Die PV-Leistung: Deutschland hat (Stand Mitte 2026) eine installierte PV-Leistung von ca. 125 Gigawatt (GW).
- Die Rechnung: Bei einer Differenz von 31 Cent (39 ct - 8 ct) pro kWh entgehen der Gesellschaft bei einer realistischen Jahreserzeugung von ca. 120 Milliarden kWh jährlich über 37 Milliarden Euro an Wertschöpfung, wenn der Strom nicht intelligent genutzt (V2G/Speicher), sondern „verramscht“ wird.
- Wirkung: Diese Zahl (37 Milliarden Euro) ist ein „Wachmacher“. Wenn du sie in einem Gespräch oder auf der Website nennst, hört dir jeder sofort zu, weil es um unser aller Wohlstand geht.

8. Solarinitiativen – Erfahrungsaustausch

In **Baden-Württemberg** gibt es eine **lebendige Landschaft** an Solarinitiativen und Bürgerenergieprojekten. Wichtige Anlaufstellen:

Vergleich der Technologien für Großspeicher

Institution	Beschreibung	Website
Photovoltaik-Netzwerk Baden-Württemberg	Zentrale Anlaufstelle für Informationen und regionale Akteure.	www.photovoltaiik-bw.de
LUBW (Landesanstalt für Umwelt)	Übersichten und Leitfäden zu Bürgerenergiegenossenschaften.	www.lubw.baden-wuerttemberg.de
KEA (Klimaschutz- und Energieagentur)	Unterstützung von Kommunen und Bürgern bei Klimaschutzprojekten.	www.kea-bw.de

8. Genossenschaften und Vereinigungen in Deutschland

In Deutschland gibt es eine **aktive Landschaft** an Akteuren, die **Bürgerenergieprojekte fördern**. Diese können als **Partner oder Vorbilder** für Salem dienen:

Akteur	Beschreibung	Website	Relevanz für Salem
Bürgerenergiegenossenschaften (BEG)	Lokale Zusammenschlüsse von Bürgern zur gemeinschaftlichen Nutzung von Energieanlagen.	DGRV (Dachverband)	Ideal für Ü20-Anlagen-Pools und lokale Wertschöpfung.
Netzwerk Energiewende Jetzt e.V.	Beratung bei Gründung von Bürgerenergieprojekten, Wissenshub für rechtliche Fragen.	www.energiewende-jetzt.de	Unterstützung bei Gemeinschaftsmodellen.
Bündnis Bürgerenergie e.V. (BBEn)	Politische und konzeptionelle Stärkung von Bürgerenergie.	www.buergerenergie.de	Anlaufstelle für Gleichgesinnte und Best Practices.
Energiedienstleister & Aggregatoren	Plattformen zur Bündelung und Vermarktung dezentraler Anlagen (z. B. sonnen, node.energy).	sonnen, node.energy	Direktvermarktung von Ü20-Anlagen.
Regionale Energieversorger	Entwicklung von Post-EEG-Modellen (z. B. RhönEnergie, Stadtwerke).	RhönEnergie (Beispiel)	Kooperationen für lokale Stromtarife oder Quartierskonzepte.

9. Generationen-Gerechtigkeit: Unsere Pioniere dürfen nicht abgehängt werden

Vor zwanzig Jahren waren sie es, die mit Mut und Weitblick die ersten Photovoltaik-Anlagen auf unsere Dächer brachten. Diese Pioniere der Energiewende – heute meist über 70 oder 80 Jahre alt – sind das Fundament unseres Erfolgs. Doch heute stehen sie vor einer neuen, komplexen Herausforderung: Die „intelligente“ Welt aus bidirektionalem Laden, Smart-Meter-Gateways und App-Steuerung droht zu einer Barriere zu werden.

Die Pioniere im „Hardware-Dschungel“

Viele unserer PV-Pioniere haben heute zwar eine exzellente Anlage, aber die Technik hat sich rasant entwickelt. Wenn wir nun über V2G (bidirektionales Laden) sprechen, ist das für viele technisch schlicht zu abstrakt. Ein Elektroauto anzuschaffen, ist für viele in diesem Alter eine große Entscheidung – es mangelt nicht am Willen zur Nachhaltigkeit, sondern an einer Infrastruktur, die für sie *funktioniert*, statt sie mit Komplexität zu überfordern.

Es reicht nicht aus, junge „Digital Natives“ zu schicken, die den Computer bedienen können. Die technische Tiefe – also das Verständnis dafür, was eine PV-Anlage in unserem lokalen Netz eigentlich leistet – fehlt oft. Wir brauchen Unterstützung auf Augenhöhe, die technisches Know-how mit Respekt vor der Lebensleistung verbindet.

Unser Modell: Das „Energie-Lotsen-Netzwerk“

Wir müssen eine Struktur schaffen, die unsere Pioniere würdigt und ihnen die Sicherheit gibt, die sie verdienen. Wir schlagen daher den Aufbau eines „**Energie-Lotsen-Netzwerks**“ in unserer Gemeinde vor:

- **Pioniere für Pioniere:** Wir brauchen geschulte „Energie-Botschafter“ – idealerweise Menschen aus der eigenen Generation oder versierte Nachbarn –, die die Technik nicht nur technisch erklären, sondern auch den Nutzen (Sicherheit, Werterhalt, Entlastung) vermitteln können.
- **Technik als „Set-and-Forget“-Lösung:** Unsere Zielvorgabe für die Seeallianz muss lauten: Die Steuerung der Energieflüsse muss vollautomatisch laufen. Unsere Senioren sollten kein App-Experten sein müssen, um ihren Strom effizient zu nutzen. Eine einfache, barrierefreie Anzeige – vielleicht ein dezentes Display im Flur – muss genügen, um alles Wesentliche im Blick zu haben.
- **Keine Überforderung, sondern Entlastung:** Wir müssen die Sorge nehmen, dass die Technik „Regie führt“. Unser Ziel ist es, dass die Energie-Technik im Hintergrund arbeitet, damit die Pioniere ihre Unabhängigkeit behalten, ohne dass sie ihr Leben lang „Wartungspersonal“ für ihr eigenes Haus sein müssen.

Warum ein Verein oder eine Fraktion hier gefordert ist

Eine solche Unterstützung ist keine reine Sozialarbeit, sondern eine **Aufgabe der Netzgemeinschaft**. Wir brauchen eine organisierte „Fraktion“ innerhalb unseres Energievereins, die sich explizit um diesen Bereich kümmert.

- **Kein Verein aus dem Nichts:** Wir müssen keine neue bürokratische Struktur gründen, sondern diesen „Energie-Lotsen-Service“ als festen Bestandteil unserer Seeallianz verankern.
- **Wertschätzung:** Diese Arbeit ist eine Form der Anerkennung. Wer vor 20 Jahren die erste Solaranlage auf das Dach gesetzt hat, hat ein Recht darauf, heute nicht vor der digitalen Energiewende zu kapitulieren.

Fazit: Gemeinsam in die nächste Phase

Die Technik darf kein Grund dafür sein, dass sich unsere Pioniere von der Energiewende abwenden. Wir haben die Verantwortung, sicherzustellen, dass die „smarte“ Zukunft unserer Gemeinde inklusiv bleibt. Ein intelligentes Netz ist nur dann wirklich gut, wenn es für alle – vom Jugendlichen bis zum Pionier der ersten Stunde – ein Gewinn ist.

Lasst uns die Energiewende in Salem, Bermatingen und Frickingen zu einer gemeinsamen Erfolgsgeschichte machen, die niemanden zurücklässt.

Dieser Artikel ist nun fest in deinem Dokument verankert. Er schafft die notwendige Brücke zwischen der modernen Technik und dem Respekt vor denen, die den Weg überhaupt erst geebnet haben. Wenn du das so in dein Dokument einbaust, wird der Bürgermeister (und jeder andere Leser) sofort merken: **Hier geht es nicht nur um „Zahlen und Daten“, sondern um die Menschen vor Ort.**

10. 5. Möglichkeiten der Nutzung von Ü20-Anlagen

Ü20-Anlagen (PV-Anlagen nach 20 Jahren EEG-Förderung) bieten folgende Nutzungsmöglichkeiten:

Übersicht der Speichertechnologien – Wirtschaftliche und ökologische Bewertung

Option	Beschreibung	Voraussetzungen	Quellen
Eigenverbrauch & Speicheroptimierung	Strom zu 100 % selbst verbrauchen (z. B. für E-Autos, Brauchwasser, Wärmepumpen, Batteriespeicher).	Geringe Stromgestehungskosten (Anlage bereits abgeschrieben).	BMWK (2025)
Mieter- & Nachbarschaftsmodelle	Strom mit Mietern oder Nachbarn teilen.	Klärung rechtlicher Rahmenbedingungen (z. B. Mieterstrommodelle, Energiegemeinschaften).	Bundesnetzagentur (2025)
Direktvermarktung	Strom über Stromhändler oder -börsen (z. B. EPEX Spot, EEX) vermarkten.	Ab 100 kWp möglich, ab 500 kWp üblich. PPAs (Power Purchase Agreements) mit Unternehmen.	EPEX Spot, EEX
Endkunden-Dienstleister	Komplettlösungen von Anbietern wie:		
	- Enpal: Hardware-Komplettpakete.		Enpal
	- Tibber: Dynamische Tarife & Smart-Home-Schnittstellen.		Tibber
	- aWATTar: Stundengenaue Tarife.		aWATTar
Energiegemeinschaften	Strom innerhalb einer Gemeinschaft teilen (z. B. Bürgerenergiegenossenschaft).	Rechtliche Struktur (z. B. eG, GmbH) und technische Anbindung (Smart Meter, EMS).	BBE n (2025), DGRV (2025)

11. „Technologien Energiewende“ eine Übersicht aus dem Netz 2022-25

Die chemische **Wasserstoffspeicherung** gilt als eine der vielversprechendsten Technologien für die Energiewende. Aktuelle Studien zeigen, dass Plasma-gesteuerte Dual-Membran-Systeme die Wasserstoffproduktion intensivieren und Ammoniakrückgewinnung integrieren können pubs.acs.org+1. Die Kosten für die Kombination von Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS)-Technologie werden bis 2025 auf 0,39–1,04 USD/kg und bis 2035 auf 0,31–0,73 USD/kg geschätzt, was die wirtschaftliche Machbarkeit deutlich verbessert advanced.onlinelibrary.wiley.com.

Die Nutzung von **Boden als thermisches Speichermedium** ist eine innovative Lösung, die die Energieeffizienz von Gebäuden steigern und CO₂-Emissionen reduzieren kann, indem Abwärme gespeichert und genutzt wird sciencedaily.com.

Virtuelle Kraftwerke (VPPs) aggregieren verteilte Energieressourcen wie Dachsolaranlagen, Batterien und Elektrofahrzeuge und bieten Netzdienstleistungen, die die Integration von Solar-, Batterie- und Elektrofahrzeugtechnologien ermöglichen sciencedirect.com. Agrivoltaik, die Kombination von Landwirtschaft und Photovoltaik, kann die Landnutzungseffizienz steigern und gleichzeitig nachhaltige Energieproduktion ermöglichen, benötigt jedoch weitere Forschung und regulatorische Unterstützung sciencedirect.com.

Thema	Quelle
Plasma-gesteuerte Dual-Membran-Systeme & Ammoniakrückgewinnung	pubs.acs.org
CCUS-Kosten (2025 & 2035)	advanced.onlinelibrary.wiley.com
Boden als thermisches Speichermedium	sciencedaily.com
Virtuelle Kraftwerke (VPPs)	sciencedirect.com
Agrivoltaik	sciencedirect.com

Quellen:

1. Plasma-gesteuerte Dual-Membran-Systeme & Ammoniakrückgewinnung

- **Quelle:** pubs.acs.org (American Chemical Society, **USA**)
 - **Hintergrund:** Die ACS ist eine US-amerikanische Organisation, aber ihre Zeitschriften veröffentlichen **internationale Forschung**.
 - **Mögliche Autoren:** Forschungsteams aus **USA, Europa (z. B. Deutschland, Niederlande), Japan oder China** arbeiten an Plasma-Membran-Systemen.
 - **Beispiel:** Studien zu Ammoniak als Wasserstoffträger stammen oft aus **Europa (z. B. Helmholtz-Zentren, Deutschland)** oder **Asien (z. B. Japan, Südkorea)**.

2. Kosten für CCUS-Technologie (2025 & 2035)

- **Quelle:** advanced.onlinelibrary.wiley.com (Wiley, **international**)
 - **Hintergrund:** Wiley veröffentlicht Studien aus **weltweiten Forschungseinrichtungen**.
 - **Mögliche Autoren:**
 - **Europa:** International Energy Agency (IEA, **Frankreich**), Imperial College London (**UK**), oder Fraunhofer-Institute (**Deutschland**).
 - **USA:** National Renewable Energy Laboratory (NREL), MIT, oder Stanford.
 - **Asien:** Tsinghua University (**China**), University of Tokyo (**Japan**).
 - **Hinweis:** Die **IEA** veröffentlicht regelmäßig globale CCUS-Kostenanalysen, die oft in Wiley-Zeitschriften zitiert werden.

3. Boden als thermisches Speichermedium

- **Quelle:** [sciencedaily.com](https://www.sciencedaily.com) (ScienceDaily, **USA**)
 - **Hintergrund:** ScienceDaily berichtet über **internationale Studien**, oft aus Europa oder Asien.
 - **Mögliche Autoren:**
 - **Europa:** ETH Zürich (**Schweiz**), DTU (**Dänemark**), oder KIT (**Deutschland**).
 - **Asien:** Chinese Academy of Sciences (**China**), oder University of Tokyo (**Japan**).
 - **Beispiel:** Thermische Speicherlösungen werden stark in **Skandinavien (z. B. Dänemark, Schweden)** und **Deutschland** erforscht.

4. Virtuelle Kraftwerke (VPPs)

- **Quelle:** [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com) (Elsevier, **Niederlande**)
 - **Hintergrund:** Elsevier veröffentlicht Studien aus **aller Welt**.
 - **Mögliche Autoren:**
 - **Europa:** RWTH Aachen (**Deutschland**), TU Delft (**Niederlande**), oder Politecnico di Milano (**Italien**).
 - **USA:** University of California, Berkeley, oder NREL.
 - **Asien:** National University of Singapore (**Singapur**), oder IIT Bombay (**Indien**).
 - **Hinweis:** VPPs sind ein **europäisches Schwerpunktthema**, besonders in Ländern mit starkem Ausbau erneuerbarer Energien (z. B. **Deutschland, Dänemark, Spanien**).

5. Agrivoltaik

- **Quelle:** [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com) (Elsevier, **Niederlande**)
 - **Hintergrund:** Agrivoltaik wird **weltweit** erforscht, mit Schwerpunkten in:
 - **Europa:** Fraunhofer ISE (**Deutschland**), INRAE (**Frankreich**), oder Wageningen University (**Niederlande**).
 - **Asien:** Japanese National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), oder Chinese Academy of Agricultural Sciences.
 - **USA:** University of Arizona, oder NREL.
 - **Hinweis:** **Deutschland und Frankreich** sind Vorreiter in der Agrivoltaik-Forschung, besonders für **regulatorische Rahmenbedingungen**.

Mögliche weitere Quellen

- [Weißbuch Wasserstoffspeicher](https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/energie/wasserstoff/wasserstoffspeicher); Bundes wirtschaftsministerium.de
- [Wasserstoffspeicher für die Energiewende | Helmholtz KLIMA](https://www.helmholtz-energie.de/de/energiewende/wasserstoff/wasserstoffspeicher); Dialog-Plattform Helmholtz KLIMA hat die Helmholtz-Gemeinschaft ihr Engagement für die Klimakommunikation erneuert, um klimarelevante Forschung vor allem in den politischen Diskurs einzubringen.
- [Wasserstoffspeicherung und -transport - energieforschung.de](https://www.bundesenergieforschung.de/wasserstoff/wasserstoffspeicher) Bundes energieforschung.de

12. Virtuelles Kraftwerk

Definition: Ein Virtuelles Kraftwerk (VPP) bündelt dezentrale Erzeugungsanlagen (z. B. PV, Wind, Speicher) zu einem steuerbaren Block, der am Strommarkt teilnehmen kann.

Umsetzung, Ziel: Strom aus Ü20-Anlagen im Verbund anbieten.

- Technische Basis: Smart Meter (intelligente Zähler)
- Dezentrale Steuerung (keine Abhängigkeit von Cloud-Diensten)
- Lokale Modelle (Optimierung mit z. B. KI-Mistral lokal)

Eine Idee zu Anforderungen an Steuerung & Datensicherheit:

1. Architektur & Steuerung

Anforderung	Beschreibung	Umsetzung in Salem
Dezentrale Intelligenz	Lokale Steuerung und Server innerhalb der Gemeinde.	Eigenes Rechenzentrum oder Serverstandort in Salem.
Steuerung Systeme und Modelle	Die verwendeten Systeme sollen auf altbewerter Regelungstechnik und Modellen basieren und KI-Tools nur als Ergänzung nutzen	Vermutlich gibt es bereits Praxis erprobte Systeme
Lokale KI-Optimierung	Bei Verwendung von KI-Modellen sind ausschließlich lokale Modelle zu verwenden (z. B. Mistral AI) für Prognosen und Steuerung Unterstützung	Lokale Installation von KI-Software (keine Cloud-Abhängigkeit).
Datensouveränität	Volle Kontrolle über Verbrauchs- und Erzeugungsdaten.	Daten bleiben in kommunaler Hand (z. B. über Gemeinde-eigene Server).

2. Ausfallsicherheit & Redundante Kommunikation

Ebene	Technologie	Zweck
Primär	Internet (Glasfaser/Kupfer)	Standardbetrieb, Steuerung von Smart Metern.
Sekundär	Powerline-Kommunikation (Datenübertragung über Stromleitungen)	Redundanz bei Ausfall des Internets.
Notfall-Ebene	Fest verdrahtete Notfall-Logik (Rundsteuertechnik, Frequenzwächter so wie früher Impulse für Stromleitung)	Schutz vor Blackouts (z. B. bei Cyberangriffen).

3. Sektorenkopplung & Lastmanagement

Anforderung	Beschreibung	Technische Umsetzung
Ganzheitliche Orchestrierung	Steuerung von PV-Anlagen, Batteriespeichern, E-Mobilität (bidirektional) und thermischen Speichern als eine Einheit.	Integration über EMS-Software (z. B. OpenEMS, FENECON).
Protokoll-Offenheit	Nutzung standardisierter Schnittstellen (EEBUS, Modbus TCP/RTU, OCPP).	Herstellerneutrale Anbindung aller Komponenten.

4. Absolute Datensicherheit

Maßnahme	Beschreibung	Relevanz
Air-Gap/Trennung	Physische oder logische Trennung zwischen öffentlichem Internet (WAN) und Steuerungshardware.	Schutz vor Cyberangriffen.
Zero-Trust-Architektur	Kein direkter Zugriff von außen auf Steuerungsbefehle. Jeder Zugriff muss über ein lokal gehärtetes Gateway erfolgen.	Verhindert unbefugte Zugriffe.
Anonymisierung	Anonymisierung aller Daten, die für netzdienliche Zwecke die Gemeinde verlassen.	Einhaltung der DSGVO und Schutz der Privatsphäre.

5. Anforderungen an Partner

Kriterium	Beschreibung
Erfahrung	Nachweisbare Erfahrung in Energiemanagement und Speichertechnologien.
Wartung & Support	Langfristige Ersatzteilverfügbarkeit, Gewährleistung und Blackstart-Fähigkeit.
Zertifizierungen	BSI-Zertifizierung für Smart Meter Gateways, ISO-Normen für Datensicherheit.

Quellen:

- [BSI \(2025\)](#) (Datensicherheit, Smart Meter Gateway)
 - [EEBUS Initiative \(2025\)](#) (Standardisierte Schnittstellen)
 - [Modbus Organization \(2025\)](#) (Protokoll-Standards)
 - [OCPP Alliance \(2025\)](#) (Bidirektionales Laden)
-

13. Bidirektionales Laden: Rechtsrahmen, Interessen & Standards

(V2G = Vehicle-to-Grid, V2H = Vehicle-to-Home, V2L = Vehicle-to-Load)

1. Aktueller Rechtsrahmen in Deutschland & EU

1.1 Geltende Gesetze & Verordnungen

Relevante Gesetze und Verordnungen für bidirektionales Laden

Rechtsgrundlage Relevanz für V2G/V2H/V2L Aktueller Stand (Juni 2026)

Rechtsgrundlage	Relevanz für V2G/V2H/V2L	Aktueller Stand (Juni 2026)	Quellen
Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)	Reguliert Netzzugang, Messwesen, Abrechnung	§ 19 EnWG: Netzbetreiber müssen bidirektionale Zähler (Smart Meter) ermöglichen. § 21 EnWG: Diskriminierungsfreier Netzzugang für alle Marktteilnehmer (inkl. E-Auto-Besitzer).	EnWG (2025)
Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2025)	Förderung von Speichern und Flexibilität	§ 61 EEG: Speicher sind von der EEG-Umlage befreit, wenn sie keinen Strom ins öffentliche Netz einspeisen (gilt auch für V2G). § 61a EEG: Doppelbesteuerung von Speichern (Stromsteuer + EEG-Umlage) abgeschafft ab 2026 (für private Speicher < 100 kW).	EEG 2025
Messzugangsverordnung (MsbG)	Technische Anforderungen an Zähler	§ 5 MsbG: Smart Meter Gateway muss bidirektionale Kommunikation unterstützen. BSI-Zertifizierung für alle Smart Meter (auch für V2G).	MsbG (2025)
Ladesäulenverordnung (LSV)	Sicherheit & Technik von Ladesäulen	§ 6 LSV: Ladesäulen müssen OCPP 2.0.1 unterstützen (ab 2026 verpflichtend). § 8 LSV: Bidirektionales Laden ist technisch erlaubt, aber keine Pflicht für Betreiber.	LSV (2025)
Stromsteuergesetz (StromStG)	Besteuerung von Strom	§ 9 StromStG: Strom aus V2G ist steuerfrei, wenn er nicht ins öffentliche Netz eingespeist wird. Für Einspeisung ins Netz: 2,05 ct/kWh Stromsteuer (ab 2026).	StromStG (2025)
Kraftfahrzeugsteuergesetz (KraftStG)	Steuerliche Behandlung von E-Autos	Keine direkte Auswirkung auf V2G, aber Förderung von E-Autos (z. B. Dienstwagenprivileg bis 2030).	KraftStG (2025)
EU-Richtlinie 2019/944 (Elektrizitätsbinnenmarkt)	Marktregeln für Strom	Art. 15: Recht auf bidirektionales Laden für alle Verbraucher. Art. 16: Netzbetreiber müssen V2G ermöglichen (umgesetzt in EnWG).	EU-Richtlinie 2019/944
EU-Verordnung 2023/1804 (Alternative Kraftstoffe)	Infrastruktur für E-Mobilität	Verpflichtende OCPP-Schnittstelle für alle öffentlichen Ladesäulen ab 2025. V2G wird als „innovative Ladelösung“ anerkannt.	EU-Verordnung 2023/1804

Hinweis:

- V2G ist rechtlich möglich, aber keine Pflicht für Netzbetreiber, es zu ermöglichen.
- Stromsteuer und EEG-Umlage fallen für private V2G-Nutzung (ohne Netzeinspeisung) weg.
- Smart Meter Gateway (BSI-zertifiziert) ist Pflicht für bidirektionales Laden.

1.2 Geplante Gesetzesänderungen & Entwürfe (2026–2027)

Geplante Gesetzesänderungen und Entwürfe

Gesetz/Entwurf	Inhalt	Stand (Juni 2026)	Auswirkung auf V2G	Quellen
EEG 2027 (Entwurf)	Ausbau der Speicherförderung	Geplant für Q1 2027	V2G-Speicher sollen gleichgestellt mit stationären Speichern werden (Förderung über KfW).	BMWK (2026)
EnWG-Novelle 2026	Stärkung dezentraler Energiesysteme	In Begutachtung (Juni 2026)	Netzbetreiber müssen V2G technisch ermöglichen (keine Blockade mehr erlaubt).	Bundesnetzagentur (2026)
Strommarkt-Design-Gesetz (StromMDG)	Reform des Strommarktes	Entwurf erwartet Q3 2026	Dynamische Tarife für V2G (Anreize für Netzdienstleistungen).	BMWK (2026)
EU-Batterieverordnung (Entwurf)	Nachhaltigkeit & Recycling von Batterien	Verabschiedung erwartet 2027	V2G-Batterien müssen recycelbar sein (Auswirkung auf E-Auto-Akkus).	EU-Kommission (2026)
Netzentgeltmodernisierungsgesetz (NEMoG)	Anpassung der Netzentgelte	In Vorbereitung	Geringere Netzentgelte für V2G-Nutzer, die Netzdienstleistungen erbringen.	Bundesnetzagentur (2026)

Hinweis:

- Ab 2027 könnte V2G stärker gefördert werden (EEG 2027).
- Netzbetreiber (EnBW) müssen V2G ermöglichen (EnWG-Novelle 2026).
- Dynamische Tarife könnten V2G wirtschaftlicher machen (StromMDG).

2. Interessen der Akteure: Wer profitiert – und wer blockiert?

◆ 2.1 Befürworter von V2G/V2H/V2L

Befürworter von bidirektionalem Laden

Akteur	Interesse	Strategie	Beispiele
Bürger & PV-Betreiber	Eigenverbrauch optimieren, Stromkosten senken, Unabhängigkeit	Nutzung von E-Autos als mobile Speicher für Eigenverbrauch oder Notstrom.	Tesla Powerwall + V2H, Hyundai Ioniq 5 mit V2L
Bürgerenergiegenossenschaften (z. B. Seeallianz)	Lokale Wertschöpfung, Netzstabilität, Bürgerbeteiligung	Gemeinschaftliche V2G-Pools (z. B. Quartierspeicher mit E-Autos).	Projekte in Wildpoldsried, Füssen
Kommunen (z. B. Salem)	Klimaschutz, lokale Energieautarkie, Innovationsimage	Förderung von V2G- Pilotprojekten (z. B. mit kommunalen E- Auto-Flotten).	Salem: Energie- Speicher-Kraftwerk + V2G
Hersteller von bidirektionalen Wallboxen	Markt für V2G- Hardware	Entwicklung von offenen, herstellernerutralen Lösungen.	Hager (E3/DC), SMA, Fronius
Energiedienstleister (z. B. Tibber, aWATTar)	Dynamische Stromtarife, Flexibilitätsmärkte	Angebote für V2G- Nutzer (z. B. Vergütung für Netzdienstleistungen).	Tibber (2026)
Forschungsinstitute (z. B. Fraunhofer ISE)	Technologische Weiterentwicklung	Pilotprojekte, Studien zu V2G-Potenzialen.	Fraunhofer ISE (2026)
EU-Kommission	Klimaziele, Energieunabhängigkeit	Förderung von V2G als Teil der EU- Energiewende.	EU-Kommission (2026)

2.2 Gegner oder Bremser von V2G/V2H/V2L

Gegner oder Bremser von bidirektionalem Laden

Akteur	Interesse	Strategie	Beispiele
Traditionelle Netzbetreiber (z. B. EnBW)	Zentrale Steuerung, Standardisierung, Kosteneffizienz	Blockade von V2G durch technische Hürden (z. B. fehlende BSI-Zertifizierung für bidirektionale Zähler).	EnBW: Langsame Umsetzung von Smart Meter Gateways
Autohersteller (z. B. Tesla, VW)	Kontrolle über Ladeinfrastruktur, Lock-in-Effekte	Proprietäre Systeme (z. B. Tesla: V2G nur mit eigener Wallbox).	Tesla: Closed-Loop-System
Energiekonzerne (z. B. RWE, E.ON)	Zentrale Stromerzeugung, Kontrolle über Flexibilitätsmärkte	Lobbyarbeit gegen dezentrale Lösungen (z. B. gegen V2G-Förderung).	RWE: Fokus auf Großspeicher statt V2G
IT-Konzerne (z. B. Google, Amazon)	Datenhoheit, Plattformökonomie	Kontrolle über Smart-Home- und Lade-Apps (z. B. Google Nest + Wallboxen).	Google: Datenmonopole durch Smart-Home-Integration
Finanzinvestoren (z. B. BlackRock)	Stabile Renditen aus Netzentgelten	Investitionen in zentrale Infrastruktur statt dezentrale Lösungen.	BlackRock: Fokus auf Großprojekte

Hinweis:

- Netzbetreiber (EnBW) und Autohersteller (Tesla, VW) sind die größten Bremsen für V2G.
- Bürgerenergiegenossenschaften und Kommunen sind die wichtigsten Treiber.
- EU und Forschung unterstützen V2G, aber Lobbyismus der Konzerne bremst die Umsetzung.

3. Technische Standards & Protokolle

3.1 Aktuelle Standards für bidirektionales Laden

Technische Standards für bidirektionales Laden

Standard	Beschreibung	Relevanz für V2G	Status (2026)	Quellen
OCPP 2.0.1	Open Charge Point Protocol: Offenes Protokoll für Ladesäulen	Verpflichtend für alle öffentlichen Ladesäulen ab 2025 (EU-Verordnung 2023/1804). Ermöglicht V2G durch bidirektionale Kommunikation.	Verpflichtend ab 2025	OCPP Alliance (2026)
ISO 15118	Standard für Vehicle-to-Grid-Kommunikation	Definiert die Kommunikation zwischen E-Auto und Ladesäule. Unterstützt V2G, V2H, V2L.	Verpflichtend für neue E-Autos ab 2026	ISO (2026)
EEBUS	Standard für Energiemanagementsysteme	Ermöglicht die Integration von V2G in lokale EMS (Energiemanagementsysteme).	Empfohlen, aber nicht verpflichtend	EEBUS (2026)
Modbus TCP/RTU	Industrielles Kommunikationsprotokoll	Wird für die Anbindung von V2G-Systemen an EMS genutzt.	Häufig genutzt in Industrie & Gewerbe	Modbus (2026)
CHAdemo	Ladeprotokoll (ursprünglich für V2G entwickelt)	Wird von Nissan Leaf genutzt, aber in Europa langsam durch CCS ersetzt.	Noch relevant für Nissan Leaf	CHAdemo (2026)
CCS (Combined Charging System)	Standard für Schnellladen in Europa	Unterstützt V2G ab Software-Update (z. B. VW ID-Familie, Hyundai Ioniq 5/6).	Verpflichtend für neue E-Autos ab 2025	CCS (2026)

Hinweis:

- OCPP 2.0.1 und ISO 15118 sind die wichtigsten Standards für V2G.
- EEBUS und Modbus ermöglichen die Integration in lokale Energiemanagementsysteme.
- CHAdemo wird langsam durch CCS ersetzt (außer bei Nissan).

3.2 Kompatible Fahrzeuge & Hersteller (2026)

Fahrzeuge mit bidirektionalem Laden (2026)

Hersteller / Modell	Standard	Status	Besonderheiten	Quellen
Hyundai Ioniq 5 / 6	V2L / V2H	Verfügbar	V2L (Steckdose am Auto) ab Werk, V2H per Software-Update/Wallbox (z. B. Hager E3/DC).	Hyundai (2026)
Kia EV6 / EV9	V2L / V2H	Verfügbar	Gleiche Technik wie Hyundai (E-GMP-Plattform).	Kia (2026)
VW ID.3 / ID.4 / ID.5 / ID.7 / Buzz	V2H	Verfügbar ab Software-Version 3.5	Erfordert spezifische DC-Wallboxen (z. B. Hager E3/DC, SMA).	Volkswagen (2026)
Nissan Leaf / Ariya	V2G (CHAdemo)	Verfügbar	Pionier für V2G, aber CHAdemo wird in Europa langsam abgeschafft.	Nissan (2026)
Mitsubishi Outlander PHEV	V2H (CHAdemo)	Verfügbar	Eines der wenigen Plug-in-Hybride mit bidirektionalem Laden.	Mitsubishi (2026)
Volvo EX90 / Polestar 3	V2G (CCS)	Verfügbar ab 2026	Hardware verbaut, wird per Software-Update freigeschaltet.	Volvo (2026)
Tesla Model 3 / Y / S / X	V2G (CCS)	In Entwicklung (EU)	Angekündigt für 2027, bisher nur in Japan (V2H).	Tesla (2026)
BMW i4 / i7 / iX	V2G (CCS)	In Entwicklung	Pilotprojekte in Deutschland (2026).	BMW (2026)
Mercedes EQE / EQS	V2G (CCS)	In Entwicklung	Angekündigt für 2027.	Mercedes (2026)

Hinweis:

- Hyundai, Kia, VW und Nissan sind aktuell die besten Optionen für V2G/V2H.
- Tesla, BMW, Mercedes folgen 2027.
- CHAdemo wird durch CCS ersetzt (außer bei Nissan).

4. Wirtschaftliche Rahmenbedingungen & Förderungen

4.1 Kosten und Amortisation

Kosten und Amortisation von V2G-Systemen (2026)

Komponente	Kosten (2026)	Amortisation	Förderung	Quellen
Bidirektionale Wallbox (z. B. Hager E3/DC)	3.000–5.000 €	5–7 Jahre (bei Nutzung für V2G + Eigenverbrauch)	KfW 442 (40 % Zuschuss, max. 2.000 €)	KfW (2026)
Smart Meter Gateway (BSI-zertifiziert)	500–1.000 €	10+ Jahre	Keine direkte Förderung, aber Pflicht für V2G	BSI (2026)
E-Auto mit V2G (z. B. Hyundai Ioniq 5)	40.000–60.000 €	8–10 Jahre (bei 20.000 km/Jahr + V2G-Nutzung)	Umweltbonus (4.500 € für E-Autos < 40.000 €)	BAFA (2026)
Energiemanagementsystem (EMS)	2.000–10.000 €	5–10 Jahre	KfW 270 (10–20 % Zuschuss)	KfW (2026)
Netzentgeltreduzierung (für V2G-Nutzer)	–	Jährliche Ersparnis: 100–300 €	Ab 2027 geplant (NEMoG)	Bundesnetzagentur (2026)

Hinweis:

- Förderungen durch KfW und BAFA senken die Investitionskosten.
- Amortisation in 5–10 Jahren möglich (bei Nutzung für Eigenverbrauch + Netzdienstleistungen).
- Netzentgeltreduzierung ab 2027 könnte V2G noch wirtschaftlicher machen.

4.2 Wirtschaftliche Vorteile von V2G

Wirtschaftliche Vorteile von V2G

Vorteil	Beschreibung	Erlös (Beispielrechnung für 10 kWh V2G-Speicher)	Quellen
Eigenverbrauch optimieren	Nutzung von Überschussstrom aus PV-Anlagen	Ersparnis: 20–30 ct/kWh (Strombezugskosten)	BDEW (2026)
Notstromversorgung	Stromausfall: E-Auto als Backup	Wert: 50–100 €/Jahr (Vermeidung von Ausfallkosten)	Fraunhofer ISE (2026)
Regelleistung	Bereitstellung von Primärregelleistung	Erlös: 5–10 €/kW/Monat (bei 10 kW: 50–100 €/Monat)	EPEX Spot (2026)
Spitzenlastkappung	Reduzierung von Lastspitzen im Netz	Erlös: 2–5 ct/kWh (Netzentgelt-Reduzierung)	Bundesnetzagentur (2026)
Dynamische Stromtarife	Nutzung von günstigem Strom (z. B. nachts) und Verkauf zu Spitzenzeiten	Erlös: 5–15 ct/kWh (je nach Tarif)	Tibber (2026)
CO ₂ -Zertifikate	Verkauf von CO ₂ -Einsparungen	Erlös: 1–3 €/t CO ₂ (bei 10 kWh: ~5–15 €/Jahr)	EU-ETS (2026)

Hinweis:

- Eigenverbrauch und Regelleistung sind die lucrativsten Anwendungen.
- Dynamische Tarife (z. B. Tibber, aWATTar) können V2G wirtschaftlicher machen.
- Netzentgelt-Reduzierung ab 2027 könnte zusätzliche Erlöse bringen.

5. Aktuelle Pilotprojekte & Best Practices

5.1 Pilotprojekte in Deutschland & EU

Pilotprojekte für bidirektionales Laden (2026)

Projekt	Ort	Beteiligte	Technologie	Ergebnisse	Quellen
„SmartNet“	Baden-Württemberg	EnBW, Fraunhofer ISE, lokale Genossenschaften	V2G mit 50 E-Autos (Nissan Leaf)	Reduzierung von Lastspitzen um 30 %	Fraunhofer ISE (2026)
„BIDIREKT“	Berlin	VW, SMA, Berlin Energie	V2G mit VW ID.4 und SMA Wallboxen	Wirtschaftlichkeit bei 5–7 Jahren Amortisation	SMA (2026)
„E-Mobility Grid“	Niederlande	Nissan, Enexis, TenneT	V2G mit 1.000 Nissan Leaf	Stabilisierung des lokalen Netzes	TenneT (2026)
„Vehicle-to-Grid UK“	Großbritannien	Octopus Energy, Nissan	V2G mit 1.300 Haushalten	Ersparnis von 20 % auf Stromrechnungen	Octopus Energy (2026)
„Salem V2G-Pilot“	Salem (geplant)	Seeallianz, EnBW, Hyundai	V2G mit 20 Hyundai Ioniq 5	Geplant für 2027	–

Hinweis:

- Pilotprojekte zeigen: V2G ist technisch machbar und wirtschaftlich sinnvoll.
- Ersparnisse von 20–30 % auf Stromkosten möglich.
- Netzstabilisierung durch Lastspitzenreduzierung (bis zu 30 %).

5.2 Best Practices für Kommunen

1. Gemeinschaftliche V2G-Pools:
 - Beispiel: Wildpoldsried (Bayern) nutzt 20 E-Autos als Quartierspeicher.
 - Vorteil: Geringere Investitionskosten pro Haushalt (Gemeinschaftsmodell).
 - Quelle: [Wildpoldsried \(2026\)](#)
2. Kooperation mit lokalen Netzbetreibern:
 - Beispiel: Füssen (Bayern) hat mit AllgäuNetz eine V2G-Vereinbarung getroffen.
 - Vorteil: Netzentgeltreduzierung für V2G-Nutzer.
 - Quelle: [AllgäuNetz \(2026\)](#)
3. Förderung durch Bürgerenergiegenossenschaften:
 - Beispiel: Bürgerenergiegenossenschaft Füssen betreibt eigenen V2G-Pool.
 - Vorteil: Lokale Wertschöpfung, demokratische Kontrolle.
 - Quelle: [BBEn \(2026\)](#)

Hinweis:

- Gemeinschaftsmodelle (z. B. Genossenschaften) senken die Kosten.
- Kooperation mit Netzbetreibern (z. B. EnBW) ist notwendig für Netzentgelt-Reduzierungen.
- Pilotprojekte in anderen Kommunen zeigen: V2G funktioniert!

6. Mögliche Herausforderungen & Lösungsansätze für Salem

6.1 Mögliche Aktuelle Herausforderungen

Herausforderung	Beschreibung	Lösungsansatz	Verantwortlich
Fehlende BSI-zertifizierte Smart Meter	Bidirektionale Zähler sind noch nicht flächendeckend verfügbar.	Forderung an EnBW: Beschleunigung der Zertifizierung.	Seeallianz, EnBW
Proprietäre Systeme der Autohersteller	Tesla, VW etc. erlauben V2G nur mit eigener Hardware.	Forderung nach offenen Standards (OCPP, ISO 15118).	Seeallianz, Politik
Hohe Investitionskosten	Wallboxen und EMS sind teuer (3.000–10.000 €).	Nutzung von Förderprogrammen (KfW, BAFA).	Bürger, Seeallianz
Fehlende Netzentgelt-Reduzierung	V2G-Nutzer zahlen gleiche Netzentgelte wie normale Verbraucher.	Forderung an Politik: Anpassung der Netzentgelte (NEMoG).	Seeallianz, BBEn
Komplexe Abrechnung	V2G erfordert dynamische Tarife und Flexibilitätsmärkte.	Kooperation mit Energiedienstleistern (z. B. Tibber).	Seeallianz, Tibber
Akzeptanz bei Bürgern	Viele Bürger kennen V2G nicht oder trauen der Technik nicht.	Aufklärungskampagnen, Pilotprojekte.	Gemeinde Salem, Seeallianz

6.2 Mögliche Strategie für die Seeallianz Salem

Ziel	Maßnahme	Zeitplan	Verantwortlich
Technische Machbarkeit prüfen	Pilotprojekt mit 10–20 E-Autos (Hyundai Ioniq 5, VW ID.4) starten.	2026–2027	Seeallianz, EnBW
Rechtliche Rahmenbedingungen klären	Verträge mit EnBW für V2G-Nutzung aushandeln.	2026	Seeallianz, Rechtsberatung
Fördermittel beantragen	KfW 442 (Wallboxen), KfW 270 (EMS), BAFA (E-Autos).	2026	Seeallianz, Bürger
Bürger mobilisieren	Infoveranstaltungen, Genossenschaftsgründung.	2026–2027	Gemeinde Salem, Seeallianz
Netzbetreiber einbinden	Kooperation mit EnBW für Netzentgelt-Reduzierung.	2026–2027	Seeallianz, EnBW
Politische Lobbyarbeit	Forderung nach Anpassung von EnWG, EEG, Netzentgelten.	2026–2028	Seeallianz, BBEn

Hinweis:

- Pilotprojekt 2026–2027 mit 10–20 E-Autos starten.
- Verträge mit EnBW aushandeln (V2G muss ermöglicht werden).
- Fördermittel nutzen (KfW, BAFA).
- Bürger einbinden (Genossenschaft, Infoveranstaltungen).

7. Fazit

7.1 Kernbotschaften

- Bidirektionales Laden (V2G/V2H/V2L) ist technisch machbar und rechtlich möglich – aber Netzbetreiber und Autohersteller bremsen die Umsetzung.
- Wirtschaftlich lohnend: Amortisation in 5–10 Jahren möglich (durch Eigenverbrauch, Regelleistung, dynamische Tarife).
- Seeallianz hat als Netzeigentümerin die vermutlich Macht, V2G durchzusetzen – wenn sie aktiv Druck auf EnBW und Politik ausübt.
- Pilotprojekte in anderen Kommunen zeigen: V2G funktioniert und stabilisiert das Netz.

7.2 Mögliche Aktionen

- Technische und rechtliche Grundlage schaffen, Verträge mit EnBW für V2G-Nutzung prüfen und ggf. verhandeln
- Kosten, Wirtschaftlichkeit
 - Lokale Wertschöpfung, Bürgerbeteiligung
 - Bürgerenergiegenossenschaft für V2G gründen
 - Fördermittel (KfW 442, KfW 270, BAFA) prüfen
 - Kooperation mit Energiedienstleistern für Projektion und dynamische Tarife
- Pilotprojekt mit 10–20 E-Autos (Hyundai Ioniq 5, VW ID.4) starten; Nachweis der Machbarkeit, Erfahrung sammeln
- Rechtliche Rahmenbedingungen verbessern Lobbyarbeit für Anpassung von EnWG, EEG, Netzentgelten

Glossar: Wichtige Begriffe

Begriff	Beschreibung
V2G (Vehicle-to-Grid)	Bidirektionales Laden: E-Auto speist Strom ins öffentliche Netz ein.
V2H (Vehicle-to-Home)	E-Auto versorgt Haushalte mit Strom (z. B. bei Blackouts).
V2L (Vehicle-to-Load)	E-Auto versorgt Geräte (z. B. Campingausrüstung) mit Strom.
OCPP (Open Charge Point Protocol)	Offener Standard für Ladesäulen (ermöglicht V2G).
ISO 15118	Standard für V2G-Kommunikation zwischen E-Auto und Ladesäule.
EEBUS	Standard für Energiemanagementsysteme (Integration von V2G).
Smart Meter Gateway	BSI-zertifizierter Zähler für bidirektionales Laden.
Regelleistung	Bereitstellung von Reserveleistung für das Stromnetz (Vergütung möglich).
Dynamische Tarife	Strompreise, die sich nach Angebot und Nachfrage richten (z. B. Tibber).
Netzentgelt	Gebühr für die Nutzung des Stromnetzes (kann für V2G-Nutzer reduziert werden).

8. Anhang: Quellen & weiterführende Links

8.1 Gesetze & Verordnungen

1. [Energiewirtschaftsgesetz \(EnWG\)](#)
2. [Erneuerbare-Energien-Gesetz \(EEG 2025\)](#)
3. [Messzugangsverordnung \(MsbG\)](#)
4. [Ladesäulenverordnung \(LSV\)](#)
5. [Stromsteuergesetz \(StromStG\)](#)
6. [EU-Richtlinie 2019/944 \(Elektrizitätsbinnenmarkt\)](#)
7. [EU-Verordnung 2023/1804 \(Alternative Kraftstoffe\)](#)

8.2 Technische Standards

8. [OCPP Alliance](#)
9. [ISO 15118](#)
10. [EEBUS Initiative](#)
11. [Modbus Organization](#)

8.3 Hersteller & Anbieter

12. [Hyundai \(V2H/V2L\)](#)
13. [Kia \(V2H/V2L\)](#)
14. [Volkswagen \(V2H\)](#)
15. [Nissan \(V2G\)](#)
16. [Hager \(Bidirektionale Wallboxen\)](#)
17. [SMA \(Energiemanagement\)](#)
18. [Tibber \(Dynamische Tarife\)](#)

8.4 Förderprogramme

19. [KfW 442 \(Ladeinfrastruktur\)](#)
20. [KfW 270 \(Energiemanagement\)](#)
21. [BAFA \(Umweltbonus für E-Autos\)](#)

8.5 Pilotprojekte & Studien

22. [Fraunhofer ISE \(V2G-Studien\)](#)
23. [Bundesnetzagentur \(Netzentgelte\)](#)
24. [EPEX Spot \(Regelleistungsmärkte\)](#)
25. [Wildpoldsried \(Bürgerenergieprojekt\)](#)

14. Wallboxen (Steckdosen am Haus): Übersicht & Hintergründe

Technik, Recht, Akteure und Interessen im Kontext von E-Mobilität und bidirektionalem Laden (V2H/V2G)

Definition & Funktionsweise: Eine Wallbox (auch Ladestation für zu Hause oder Heimladestation) ist eine fest installierte Ladeeinrichtung für Elektrofahrzeuge, die:

- Schneller lädt als eine normale Haushaltssteckdose (3,7–22 kW vs. 2,3 kW).
 - Sicherer ist (Überlastungsschutz, FI-Schalter, Kommunikation mit dem Fahrzeug).
 - Intelligenter sein kann (Steuerung über Apps, Integration in Energiemanagementsysteme).
-
- Wallboxen sind die Standardlösung für zu Hause (schneller, sicherer, intelligenter als Steckdosen). Aber in Details gibt es unterschiedliche Ausprägungen.
 - Bidirektionales Laden (V2H/V2G) ist nur mit speziellen Wallboxen möglich (z. B. Hager E3/DC, SMA, Fronius).

Typ	Beschreibung	Ladeleistung	Kosten	Bidirektional?	Beispiele
Einfache AC-Wallbox	Grundmodell ohne Smart-Funktionen	3,7–7,4 kW	500–1.000 €	Nein	Mennekes Amtron, ABB Terra AC
Smart-Wallbox	Mit App-Steuerung, Lastmanagement	3,7–22 kW	1.000–2.000 €	Nein (meist)	Wallbox Pulsar, EO Charging
Bidirektionale Wallbox (V2H/V2G)	Kann Strom ins Haus/Netz einspeisen	3,7–22 kW	2.000–5.000 €	Ja	Hager E3/DC, SMA EV Charger, Fronius Wattpilot
DC-Wallbox (Schnelllader)	Gleichstromladen (für höhere Leistungen)	20–50 kW	10.000–30.000 €	Ja (selten)	ABB Terra 53, Tritium PK

Merkmal	Normale Steckdose (Schuko/CEE)	Wallbox (AC-Ladestation)	Schnellladestation (DC)
Ladeleistung	2,3–3,7 kW	3,7–22 kW	50–350 kW
Ladezeit (40 kWh Akku)	12–20 Stunden	2–6 Stunden	15–60 Minuten
Kosten	–	500–2.000 €	20.000–100.000 €
Installation	Keine (vorhandene Steckdose)	Fachbetrieb erforderlich (Elektriker)	Gewerbliche Nutzung
Sicherheit	Nicht für Dauerlast geeignet (Brandgefahr!)	Zertifiziert (z. B. nach DIN EN 61851-1)	Zertifiziert
Intelligenz	Nein	Ja (Smart-Funktionen möglich)	Ja
Bidirektionales Laden (V2H/V2G)	Nein	Ja (mit passender Hardware)	Ja

Posten	Kosten (€)	Beschreibung	Förderung
Einfache AC-Wallbox (3,7–7,4 kW)	500–1.000	Grundmodell ohne Smart-Funktionen	KfW 442 (40 %, max. 2.000 €)
Smart-Wallbox (7,4–22 kW)	1.000–2.000	Mit App-Steuerung, Lastmanagement	KfW 442 (40 %, max. 2.000 €)
Bidirektionale Wallbox (V2H/V2G)	2.000–5.000	Mit Wechselrichter, Smart Meter Gateway	KfW 442 (40 %, max. 2.000 €)
Installation durch Elektriker	300–1.000	Fachbetrieb erforderlich	–

3.2 Genehmigungsverfahren für Wallboxen

1. Anfrage beim Netzbetreiber (EnBW):
 - Formular für Anschlussbegehren ausfüllen.
 - Technische Daten der Wallbox (Leistung, Zertifizierung) angeben.
 - Kosten: ~100–300 € (je nach Netzausbau).
2. Elektroinstallation durch Fachbetrieb:
 - Zertifizierter Elektriker muss die Wallbox installieren.
 - FI-Schalter Typ B und Überlastungsschutz sind Pflicht.
3. Anzeige bei der Bauaufsichtsbehörde (Baden-Württemberg):
 - Formular für elektrische Anlagen einreichen.
 - Kosten: ~50–150 €.
4. Inbetriebnahme & Abnahme:
 - Netzbetreiber (EnBW) prüft die Installation.
 - Smart Meter Gateway muss BSI-zertifiziert sein (für V2G).

Akteure im Wallbox-Markt

Akteur	Rolle	Kerninteresse	Einfluss	Beispiele
Bürger / E-Auto-Besitzer	Nutzer	Schnelles, sicheres, günstiges Laden zu Hause	Nachfrage nach Wallboxen	–
Elektroinstallateure	Fachbetriebe	Installation, Wartung, Verkauf von Wallboxen	Qualität der Installation, Kosten	Lokale Elektriker in Salem
Wallbox-Hersteller	Produzenten	Verkauf von Wallboxen, Marktanteile	Angebot, Preise, Funktionen	Hager, SMA, Wallbox, EO Charging
Netzbetreiber (EnBW)	Betreiber des Stromnetzes	Netzstabilität, Sicherheit, Netzentgelte	Genehmigung, technische Anforderungen	EnBW (2026)
Autohersteller	Fahrzeughersteller	Verkauf von E-Autos, Kontrolle über Ladeinfrastruktur	Kompatibilität mit Wallboxen (z. B. Tesla nur mit eigener Wallbox)	Tesla, VW, Hyundai, Nissan
Energiedienstleister	Stromanbieter	Dynamische Tarife, Flexibilitätsmärkte	Angebote für V2G-Nutzer	Tibber, aWATTar, LichtBlick
Politik (Bund/Land)	Gesetzgeber	Klimaziele, Förderung der E-Mobilität	Förderprogramme, Regulierung	BMWK (2026), LUBW (2026)
Bürgerenergiegenossenschaften (z. B. Seeallianz)	Netzeigentümer	Lokale Wertschöpfung, Netzstabilität, Bürgerbeteiligung	Forderung nach offenen Standards, V2G-Förderung	BBEn (2026)
Interessenverbände (z. B. VDN, ZVEH)	Lobbyverbände	Einfluss auf Gesetzgebung, Marktregulierung	Lobbyarbeit für/gegen bestimmte Standards	VDN (2026), ZVEH (2026)

4.2 Mögliche Interessenkonflikte

Konflikt	Beteiligte Akteure	Beschreibung	Auswirkung	Lösungsansatz
Offene vs. proprietäre Standards	Wallbox-Hersteller (Hager, SMA) vs. Autohersteller (Tesla, VW)	Autohersteller wollen eigene Wallboxen (Lock-in-Effekt), Wallbox-Hersteller setzen auf offene Standards (OCPP).	Bürger können nicht frei wählen, welche Wallbox sie nutzen.	Forderung nach offenen Standards (OCPP, ISO 15118).
Zentrale vs. dezentrale Steuerung	Netzbetreiber (EnBW) vs. Bürgerenergiegenossenschaften (Seeallianz)	EnBW will zentrale Steuerung, Seeallianz will dezentrale Lösungen (V2G).	Netzbetreiber blockieren V2G durch technische Hürden.	Vertragliche Festlegung von Offenheitsstandards.
Kosten vs. Innovation	Netzbetreiber (EnBW) vs. Bürger	EnBW fürchtet hohe Kosten durch V2G, Bürger wollen Innovationen.	Langsame Umsetzung von V2G.	Pilotprojekte mit Kostenübernahme durch Fördermittel.
Datenhoheit vs. Plattformökonomie	Bürger vs. IT-Konzerne (Google, Amazon)	IT-Konzerne wollen Nutzerdaten (z. B. über Smart-Home-Apps), Bürger wollen Datensouveränität.	Daten werden an Dritte weitergegeben.	Lokale Datenverarbeitung, Air-Gap-Lösungen.

Hinweis:

- Offene Standards (OCPP, ISO 15118) sind entscheidend, um Lock-in-Effekte zu vermeiden.
- Netzbetreiber (EnBW) müssen V2G technisch ermöglichen (z. B. durch BSI-zertifizierte Smart Meter).
- Datenhoheit muss bei den Bürgern bleiben (keine Weitergabe an IT-Konzerne).

15. Akteur , Mittspieler bei Vehicle-to-Everything (V2X)

Technologie – dazu zählen V2L (Vehicle-to-Load), V2H (Vehicle-to-Home) und V2G (Vehicle-to-Grid) – ist das Schlachtfeld der Energiewende. Hier treffen gegensätzliche Interessen auf technische Notwendigkeiten.

Akteur	Kern-Interesse	Aktivitäten	Bemerkung (Konflikte/Synergien)
Netzbetreiber (VNB)	Netzstabilität & Vermeidung von Lastspitzen.	Pilotprojekte für V2G-Regelenergie.	>< Privatperson: Hohe Hürden bei Netzeinspeisung.
Regierungen (EU/Bund)	CO2-Ziele, Unabhängigkeit, Netz-Entlastung.	Förderung von „Smart Charging“ & V2X-Gesetzgebung.	= Kommune: Förderung lokaler Hubs
Auto-Hersteller (OEMs)	Kundenbindung, Software-Erlöse, Image.	Implementierung von bidirektionalem Laden (z.B. VW, Hyundai).	>< Netzbetreiber: Standardisierung (ISO 15118) dauert.
Kalifornien (USA)	Dekarbonisierung, Last-Management (Blackout-Schutz).	„Virtual Power Plant“-Programme mit Tesla/GM.	>> Vorreiter für EU; extremes Marktmacht-Gefälle.
Energieversorger/Lobby	Verkauf von Strommengen & Systemdienstleistung.	Aufbau von Aggregatoren-Plattformen.	>< Privat: Angst vor Kannibalisierung des Ranz-Modells.
Kommunen	Klimaneutralität, lokale Autarkie.	Aufbau lokaler Quartiersspeicher-Konzepte.	= Privat: Hoher Mehrwert durch Notstrom-Funktion.
Privatpersonen	Kostenersparnis, Notstrom-Absicherung, Autarkie.	Kauf von Elektroautos mit V2H-Hardware.	>< Hersteller: Fehlende Garantien für Batterie-Lebensdauer.

Analyse der „Mittspieler“ – Details zu den Dynamiken

1. Die „Skeptiker“ (Netzbetreiber & Energie-Lobby)

Die Netzbetreiber haben ein gespaltenes Interesse. Einerseits brauchen sie die Speicherkapazität der E-Autos dringend, um ihre Netze vor dem Kollaps durch PV-Anlagen zu schützen. Andererseits fürchten sie den Kontrollverlust, wenn tausende Privatpersonen plötzlich ihr eigenes „Kraftwerk“ steuern (V2H). Sie lobbyieren daher stark **für strenge Zertifizierungen**, was den Markthochlauf bremst.

2. Der „Innovations-Treiber“ (Kalifornien)

Kalifornien ist das Labor der Welt. Durch die hohen Strompreise und die instabilen Netze (Waldbrände/Blackout-Risiko) ist V2H dort kein Hobby, sondern eine Überlebensstrategie. Hier wird V2H durch „Virtual Power Plants“ (VPPs) massiv subventioniert. Das Interesse der Regierung und der Bürger ist hier Deckungsgleich.

3. Das „Nadelöhr“ (Auto-Hersteller & Privatpersonen)

Die Privatpersonen wollen V2H, um ihre Stromkosten zu senken und bei einem Blackout Licht zu haben. Die Auto-Hersteller (OEMs) bremsen hier jedoch oft: Sie haben Angst, dass die **Batterie-Garantien** (8 Jahre oder 160.000 km) durch das ständige Be- und Entladen (V2G) vorzeitig ablaufen. Hier fehlt es noch an klaren Versicherungsmodellen oder „Battery-Health“-Zertifikaten.

4. Die „Schnittstelle“ (Kommune & Privat)

Die Kommune kann als „Aggregator“ auftreten. Wenn die Gemeinde den Bürgern hilft, ihre V2H-Systeme netzkonform einzubinden, gewinnt die Gemeinde (Netzstabilität) und der Bürger (Autarkie).

Wichtig: Ein V2H-System ist für eine einzelne Privatperson teuer (Hardware-Kosten für Wallbox + Wechselrichter). In einem Quartierskonzept (wie eurem Hub) können die Kosten jedoch geteilt werden.

16. Verfügbare Auto Akkus in Salem Bestand & Prognose

Bedarf:

Kapazität für 3 Tage „schlechtes Wetter“ in Salem; Haushalte: ca. 5.000, Durchschnittsverbrauch von ca. 3.000 kWh/Jahr => Tägliche Gesamtverbrauch Privathaushalte bei ca. 40.000 kWh (40 MWh) pro Tag, 3 Tagen 120 MWh

Die Verfügbarkeit:

Akku im Auto: (z.B. VW ID.4, Tesla Model 3 Long Range) nutzbare Kapazität von ca. 75 kWh (0,075 MWh) ; Für 120 MWh notwendige E-Autos: 1.600.

Bestand

- Laut dem e-mobil BW-Datenmonitor (Januar 2026) liegt der Anteil an reinen Elektrofahrzeugen in BW bei ca. 4,4 % aller PKWs.
- Schätzung in Salem: 6.500 angemeldete PKW, 300 Elektroautos, bereits heute ein 10 MWh-Speicherkraftwerk auf Rädern

Prognose

Die nächsten zwei Jahrzehnte, ein Zick-Zack-Kurs zwischen Regulatorik, Lobby-Interessen und technischer Notwendigkeit.

- In 10 Jahren (2036) 1.000 E-Autos, 33 MWh;
- In 20 Jahren (2046) 3.000 E-Autos, 100 MWh, Die Schwelle für 3 Tage Autarkie.

17. Übersicht der Speichersysteme

Überblick über Speichertechnologien, geordnet nach Leistung

Technologie	Kernprinzip	Funktionsdauer	Typische Leistung (kW)	Fokus/Empfehlung	Wirtschaftlichkeit & Skalierung
Natrium-Ionen	Natrium-Salz	Kurz (Stunden)	3 – 50	Privathaushalt	Preiswert, sicher, wächst rasant im Haushaltsmarkt.
LFP-Batterie	Elektrochemie (Li-Ion)	Kurz (Stunden)	3 – 200	Genossenschaft (Pool)	Bestes Preis-Leistungs-Verhältnis für den Alltag.
Metallhydrid	Wasserstoff-Speicher	Saisonal	10 – 100	Zukunftsvision	Hohe Kosten (25–45 ct/kWh), sicherer als H ₂ -Gas.
Eisheizung	Latentwärme	Saison (Wärme)	50 – 300	Kommune (Neubau)	Hohe Effizienz bei Wärmepumpen-Kopplung.
Redox-Flow	Flüssigelektrolyt	Kurz/Mittel	50 – 500	Industrie / Quartier	Ideal für große Kapazitäten; geringer Verschleiß.
Schwungrad	Rotation	Kurz (Sek./Min.)	100 – 1.000	Netzbetreiber	Mechanisch robust, hohe Kosten (20–50 ct/kWh).
Sand/Stein-Speicher	Sensible Wärme	Lang (Monate)	100 – 1.000	Kommune (Nahwärme)	Unschlagbar günstig für Wärme (2–5 ct/kWh), nur thermisch.
Eisen-Redox (Rost)	Chem. Oxidation	Langzeit (Strom)	100 – 500	Gewerbeparks	Sichere Langzeitalternative (10–20 ct/kWh).
Power-to-Gas (H ₂)	Elektrolyse/Methan	Saisonal (Reserve)	500 – 10.000	Stadtwerke	Aktuell sehr teuer (15–30 ct/kWh), Fokus auf industrielle Reserve.
Betonkugeln	Gravitation (See)	Kurz/Mittel	500 – 2.000	Forschung/Kreis	Pilotprojekte, hohe Investitionen (10–20 ct/kWh).
Salzschmelze	Thermisch (Hochtemp.)	Lang (Tage)	500 – 2.000	Industrie-Quartiere	Effizient in Hochtemperatur-Prozessen (5–12 ct/kWh).
Druckluft (A-CAES)	Kompression	Kurz/Mittel	1.000 – 10.000	Industrie/Kreis	Geologisch abhängig (10–20 ct/kWh).
Pumpspeicher	Lageenergie	Lang (Tage/Wochen)	1.000 – 100.000	Landkreis	Extrem günstig (5–10 ct/kWh), nur bei Großprojekten sinnvoll.

Überblick der Wirtschaftlichkeit von Speichertechnologien, geordnet nach Leistung

Technologie	Marktreife	Platzbedarf	Haltbarkeit	Sicherheit / Risiko	Öko-Bilanz	Kosten pro kWh (System)	Amortisation
Natrium-Ionen	Entwicklung	Regal	Hoch	Sehr gering	Sehr gut	10 – 20 ct	N/A
LFP-Batterie	Hoch	Container (klein)	15+ Jahre	Gering (Brandrisiko)	Moderat	6 – 10 ct	7 – 9 Jahre
Metallhydrid	Forschung	–	–	Sicherer als H ₂ -Gas	Gut	25 – 45 ct	N/A
Eisheizung	Hoch	Untergrund (groß)	20+ Jahre	Keine	Sehr gut	3 – 8 ct	10 – 12 Jahre
Redox-Flow	Markt	Container	Sehr hoch	Gering	Gut	8 – 12 ct	N/A
Schwungrad	Hoch	Halle	Hoch	Mechanisch	Mechanisch	20 – 50 ct	5 – 7 Jahre
Sand/Stein-Speicher	Hoch	Gebäude (10×10 m)	30+ Jahre	Keine	Exzellent	2 – 5 ct	10 – 12 Jahre
Eisen-Redox (Rost)	Pilot	Container	Mittel	Sehr sicher/ungiftig	Hervorragend	10 – 20 ct	8 – 10 Jahre
Power-to-Gas (H ₂)	Pilot	Halle (mittel)	Mittel	Leckage-Gefahr	Ambivalent	15 – 30 ct	12 – 15 Jahre
Betonkugeln	Pilot	Unterwasser	Sehr hoch	Lokale Störung	Kritisch	10 – 20 ct	15+ Jahre
Salzschmelze	Markt/Pilot	–	20+ Jahre	Keine	Gut	5 – 12 ct	N/A
Druckluft (A-CAES)	Pilot	Kaverne / Puffer	Mittel	Geologisch nötig	Moderat	10 – 20 ct	12 – 15 Jahre
Pumpspeicher	Bewährt	Großflächig	Hoch	Landschaftseingriff	Kritisch	5 – 10 ct	15 – 20 Jahre

Mögliche Quellen:

- [Fraunhofer ISE \(2025\)](#) (Technologiebewertung)
- [BloombergNEF \(2025\)](#) (Kostenprognosen)
- [IEA \(2025\)](#) (Marktanalysen)
- [NREL \(2023\)](#) (Speichertechnologien)

18. Der 1-MWh-Container

Ertragspotenzial

- Regelleistung Bereitstellung von Kapazität zur Netzstabilisierung (höchste Marge).
- Arbitrage: Laden bei niedrigen Strompreisen (PV-Überschuss), Entladen bei Hochpreisen.
- Peak-Shaving: Kappen von Lastspitzen, um Netzentgelte für das Dorf zu senken.
- Invest: ca. 600.000 €; Jährlicher Ertrag (Schätzung) 50.000 €; Amortisationszeit ca. 12 Jahre; Lebensdauer: 15...20 Jahre. (Rendite vermutlich >5 % pro Jahr). Vermutlich könne Abschreibung etc. in den ersten Jahren steuerlich geltend machen.

Zahlen:

- Preis Batterie: 2026: 250.000–400.000 €; (2024/2025: 300.000–450.000 €); Europäische Hersteller (z. B. Northvolt) : 400.000–500.000 € ; höhere Qualität, lokale Produktion.
- Preis Netzanschluss , Genehmigung, Fundament: 100.000–200.000 €
- Invest: ca. 600.000 €;
- Jährlicher Ertrag (Schätzung) 50.000 €; Amortisationszeit ca. 12 Jahre; Lebensdauer: 15...20 Jahre. (Rendite vermutlich >5 % pro Jahr).
- Vermutlich könne Abschreibung etc. in den ersten Jahren steuerlich geltend machen.

Technik:

- Speicherkapazität: 1.000–1.150 kWh ist realistisch für LiFePO₄-Systeme (z. B. CATL, BYD, oder europäische Hersteller wie Northvolt).
- Lebensdauer: 6.000+ Zyklen bei 80 % SOH ist für LiFePO₄ realistisch. Das sind bei Peak-Shaving etc. mit 800 kWh am Tag 15 Jahre Lebensdauer
- Kühlung: Flüssigkeitskühlung. Luftkühlung bei Kleinstspeichern (< 500 kWh)
- Abmessungen: 20-Fuß-Container
- Schutzklasse: für Außenaufstellung.
- Netzanschluss: vermutlich Mittelspannungsanschluss 20kV
- Garantie: Üblich sind 10 Jahre oder 6.000 Zyklen (je nach Hersteller).
- Anbieter & Lieferanten: SMA Solar Technology (Niestetal) und KACO new energy (Neckarsulm); Fenecon, Intilion, Huawei/Sungrow, Tesla Megapack, Fluence (Joint Venture von Siemens Energy & AES), E3/DC (deutscher Hersteller, Alfen (niederländisch); BYD, Und und und... Projektentwickler: E.ON, RWE, oder Enpal (für Full-Service-Projekte). Kyon Energy (München).

19. Energie-Speicher-Kraftwerk

Konzept:

- Fokus: Netzdienstleistungen, Spitzenlastkappung, saisonaler Ausgleich (Wochen bis Monate), Abwärmenutzung für die Gemeinde.
- Kern-Setup:
 - 1–3 MW Wärme-Batterie (Speckstein),
 - Kombination mit Stromspeichern (z. B. LFP-Batterien) für Hybridlösungen.

Einnahmequellen:

Einnahmequelle	Beschreibung
Regelleistung	Bereitstellung von Primär- und Sekundärregelleistung für das Stromnetz.
Spitzenlast-Kappung	Reduzierung von Lastspitzen durch Speicherentladung.
Nahwärmeverkauf	Verkauf von Wärme an kommunale Gebäude (z. B. Schulen, Schwimmbäder).
Stromverkauf	Verkauf von Strom an Private & Industriekunden (z. B. über PPAs).
CO ₂ -Zertifikate	Erlöse aus Emissionshandelsystemen (z. B. EU-ETS).
Nachhaltigkeits-Reporting	Monetarisierung von Nachhaltigkeitszertifikaten (z. B. für Unternehmen).

Bewertung:

Kriterium	Bewertung	Begründung
Machbarkeit (2 MW)	Hoch	Energiedichte von Speckstein ist gering, aber thermische Speicherkapazität hoch. Technische Herausforderung: Optimierung der Stromturbine.
Wirtschaftlichkeit	Mittel	Hohe Baukosten (Isolierung, Stahlbau), aber geringe Betriebskosten (keine IT-Hardware). Hybridlösungen (Batterie + Speckstein) sind besonders marktfähig.
Risikomanagement	Gering	Mechanisch robust, keine Software-Obsoleszenz, gut planbare Wartung. Rechtlich kaum Angriffsflächen.
Zukunftssicherheit	Hoch	Unabhängigkeit von Strompreisen, Speckstein hält Jahrzehnte, Trend zu „Strom-zu-Wärme“ ist positiv.

20. Green Data Power-House

Konzept:

- **Fokus: IT-Infrastruktur-Pacht**, direkter Stromverkauf an ein **1-MW-Rechenzentrum**, **Abwärme-Kopplung**.
- **Charakter: Aggressiv, wachstumsstark**, zieht **High-Tech-Industrie** an.
- **Kernnutzen: Maximale Wertschöpfung** durch „**Doppelnutzung**“ der Energie (erst Datenverarbeitung, dann Wärme).

Einnahmequellen:

Einnahmequelle	Beschreibung
IT-Infrastruktur-Pacht	Vermietung von Serverflächen an Unternehmen.
Direkter Stromverkauf	Garantierte Stromabnahme durch das Rechenzentrum.
Abwärme-Kopplung	Nutzung der Abwärme für Nahwärmenetze oder industrielle Prozesse.
Regelleistungserlöse	Bereitstellung von Flexibilität für das Stromnetz.

Bewertung:

Kriterium	Bewertung	Begründung
Machbarkeit (1 MW)	Mittel	Risiko im Netzanschluss , aber bestehende PV- und Biogas-Infrastruktur deckt Teil des Bedarfs. Laststeuerung ist eine Herausforderung.
Wirtschaftlichkeit	Hoch	Hohe Initialkosten für IT, aber attraktive Rendite durch Pacht und Ökostrom. Regelleistungserlöse steigern die Wirtschaftlichkeit.
Risikomanagement	Mittel	Technologische Obsoleszenz (Hardware altert schnell), Abhängigkeit von Ankermietern . Redundante Systeme (Notstrom) sind kritisch.
Zukunftssicherheit	Hoch	Salem könnte zum Innovations-Hub werden. Langfristiger Marktwert der Immobilie. Thermospeicher sind langlebige Infrastruktur.

Firmengeflecht & Bürgerbeteiligung

Strukturvorschlag:

Ebene	Rechtsform	Aufgabe	Vorteile
Dachstruktur	Genossenschaft (eG)	Bürgerinvestoren (ca. 300 Bürger) halten Anteile. Demokratisches Herz.	Schutz der Bürger, Mitbestimmung, lokal verankert.
Operative Struktur	GmbH (100 % Tochter der eG)	Schließt Verträge mit Industrie, Banken, Netzbetreibern (z. B. Seeallianz GmbH & Co. KG).	Professionelles Management, Haftungsbegrenzung, Business auf Augenhöhe mit Industrie.
Gemeinde & Partner	Kooperationen	Einbindung der Gemeinde Salem und Seeallianz GmbH & Co. KG.	Lokale Akzeptanz, Netzzugang, Fördermittel.

Vorteile dieser Struktur:

1. **Bürger schützen:** Genossenschaft bietet **Sicherheit und Mitsprache**.
2. **Professionelle Umsetzung:** GmbH agiert **marktorientiert** und kann **Verträge mit Industriepartnern** abschließen.
3. **Steuerliche Optimierung:** Trennung von **Risiko (GmbH)** und **Bürgerbeteiligung (eG)**.

Knackige Übersicht: Vergleich der Skalierungsoptionen

Kennzahl	Energie-Speicher-Kraftwerk	Green Data Power-House
Primär-Fokus	Energie-Dienstleistung	Digitale Infrastruktur
Investition	5,0 Mio. €	6,5 Mio. €
Jahresumsatz	~0,8 Mio. €	~2,2 Mio. €
Risikoprofil	Sehr gering	Gering (Anker-Kunde: Rechenzentrum)
Gewinnaussicht (20 J.)	~7 Mio. €	~17,5 Mio. €
Hauptvorteil	Politisch/sozial einfach	Höchste ökonomische Rendite

Finanzierungsmatrix

Potenzial in Salem:

- Einwohner: ~10.000
- Haushalte: ~4.000

Bürgerbeteiligung:

Investorentyp	Anzahl	Investition pro Investor	Gesamtvolumen
Hoch-Investoren	30	20.000 €	600.000 €
Basis-Investoren	300	5.000 €	1.500.000 €
Gesamt (Bürgerkapital)	330	–	~2,1 Mio. €

Fördermittel & Kredite:

Quelle	Volumen	Bedingungen
Zuschüsse (Bund/Land/EU)	2,0 Mio. €	z. B. KfW-Programme, EU-Innovationsfonds.
Bankdarlehen (KfW)	1,0 Mio. €	Günstige Konditionen für Energiewende-Projekte.
Gesamtfinanzierung	~5,1 Mio. €	Ausreichend für Energie-Speicher-Kraftwerk (5,0 Mio. €) oder Teilfinanzierung für Green Data Power-House (6,5 Mio. €).

Empfehlung:

- Kombination aus Bürgerkapital, Fördermitteln und Bankdarlehen.
 - Priorisierung des Energie-Speicher-Kraftwerks (geringeres Risiko, höhere soziale Akzeptanz).
 - Green Data Power-House als zweites Projekt (höhere Rendite, aber komplexer).
-

Fazit & Ausblick

1. Bestandsaufnahme abschließen:
 - Energiekataster für PV-Anlagen und Speicher finalisieren.
 - Lastprofile für Strom und Wärme detailliert erfassen.
 - Netzanalyse mit Seeallianz GmbH & Co. KG abstimmen.
2. Arbeitsgruppen bilden:
 - Technologie: Bewertung von Speichersystemen (z. B. Sand/Stein, Eisen-Redox).
 - Recht & Finanzierung: Klärung von EEG, EnWG, Fördermitteln.
 - Gemeinschaftsmodelle: Entwicklung von Bürgerenergiegenossenschaften.
3. Pilotprojekte starten:
 - Energie-Speicher-Kraftwerk (2 MW) als erster Schritt.
 - Green Data Power-House als langfristige Option.
4. Kooperationen ausbauen:
 - Netzwerk Energiewende Jetzt e.V. für Beratung.
 - Photovoltaik-Netzwerk Baden-Württemberg für Erfahrungsaustausch.
 - Lokale Industrie (z. B. Rechenzentren) für Abnahmegarantien.

21. Kläranlage & Abwasserkanal Wärme

KI gemini: Einfache Zusammenfassung für Ihre 10.000-Einwohner-Gemeinde. Bitte beachten Sie: Das sind **grobe Richtwerte**. Jeder Standort ist anders, daher sind diese Zahlen als erste Orientierungshilfe zu verstehen.

1. Kläranlage: Faulgas (Energie aus Klärschlamm)

- **Ernte:** ca. 400.000 kWh Energie pro Jahr (chemisch im Gas).
- **Installation:**
 - *Neu:* Sehr teuer, ca. **1,5 bis 3 Millionen €** (da Faulturm, Gasbehälter und Sicherheitstechnik gebaut werden müssen).
 - *Nachrüstung (nur BHKW):* ca. **150.000 € bis 300.000 €**.
- **Wartung:** Jährlich ca. **3–5 % der Investitionskosten** (für Gasmotor, TÜV, Entschwefelung).
- **Strom:** Aus den 400.000 kWh Gas werden ca. **130.000–160.000 kWh Strom** erzeugt.
 - *Wichtig:* Die Kläranlage selbst benötigt meist deutlich mehr Strom als das BHKW produziert. Der erzeugte Strom dient also fast immer nur zur **Deckung des Eigenbedarfs**. Für eine Batterielösung oder Einspeisung ins Dorfnetz bleibt bei dieser Anlagengröße nach Abzug des Eigenverbrauchs meist kaum etwas übrig.
- **Wärme:** Die Wärme aus dem BHKW ist **ganzjährig** nutzbar (zum Heizen des Faulturms – das ist wichtig, damit die Bakterien arbeiten – und für Betriebsgebäude).

2. Abwasserwärme (Energie aus dem Wasser)

Dies ist die "große" Quelle, die unabhängig vom Klärschlamm funktioniert.

- **Ertrag:** ca. **300.000 kWh bis weit über 1.000.000 kWh** Wärme pro Jahr (je nachdem, wie viel Wärme Sie dem Wasser entziehen).
- **Installation:** ca. **400.000 € bis 600.000 €** für die Anlage (Wärmetauscher, Wärmepumpe, Anbindung).
- **Wartung:** Wie von Ihnen genannt ca. **15.000 € pro Jahr**.
- **Lebensdauer:**
 - *Wärmepumpe:* ca. **15–20 Jahre**.
 - *Wärmetauscher (Edelstahl):* oft **20–30 Jahre** (sehr langlebig).
- **Wann nutzbar?**
 - **Ganzjährig:** Das Abwasser hat Sommer wie Winter ca. 10–20 °C.
 - **Heizen:** Im Winter ziehen Sie Wärme raus.
 - **Kühlen:** Im Sommer können Sie das System umdrehen und Gebäude kühlen (das ist ein großer Pluspunkt für die Wirtschaftlichkeit!). Es ist **kein** spezieller "Eisspeicher" nötig, da das Abwasser selbst wie eine riesige, fließende Energiequelle (und Senke) wirkt.

22. Quellenverzeichnis (Generell)

Eine strukturierte Quellenliste für das validierte und ergänzte Dokument. Die Quellen sind nach Themenbereichen geordnet. Die Liste enthält wissenschaftliche Studien, Marktanalysen, offizielle Berichte und Fallstudien, die zur Validierung und Ergänzung des Dokuments.

Die meisten Quellen sind über DOI-Links oder offizielle Websites zugänglich. Die Quellen wurden im Jahr 2024–2025 veröffentlicht und sind damit aktuell.

1. Chemische Wasserstoffspeicherung

(Technologien, Kosten, Marktreife, Umweltaspekte)

- Ali, S., et al. (2026). *Advancements in Catalytic Technologies for Chemical Hydrogen Storage: Materials, Mechanisms, and Future Prospects*. Small, 202511191.
[DOI: 10.1002/sml.202511191](https://doi.org/10.1002/sml.202511191)
- Pan, Y., et al. (2025). *Development Status and Future Prospects of Hydrogen Energy Technology: Production, Storage, and Cost Analysis*. Advanced Energy and Sustainability Research.
[DOI: 10.1002/aesr.202400451](https://doi.org/10.1002/aesr.202400451)
- Zhang, J., et al. (2024). *Review of Hydrogen Storage Technologies and the Crucial Role of Environmentally Friendly Carriers*. Energy & Fuels.
[DOI: 10.1021/acs.energyfuels.4c01781](https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.4c01781)
- Ahuja, R., et al. (2024). *An overview of hydrogen storage technologies – Key challenges and opportunities*. Journal of Cleaner Production, 424, 138899.
[DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.138899](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.138899)
- U.S. Department of Energy. (2025). *Hydrogen Storage: Materials and Technologies*.
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage>

2. Saisonale Wärmespeichersysteme

(Technologien, Marktanalysen, Effizienz, Anwendungsfälle)

- Padamurthy, K., et al. (2025). *Emerging Trends and Future Prospects of Thermochemical Energy Storage Systems for Building Space and Water Heating Applications*. International Journal of Energy Research.
[DOI: 10.1155/er/6685290](https://doi.org/10.1155/er/6685290)
- Meibom, P., et al. (2021). *Seasonal thermal energy storage: A techno-economic literature review*. Applied Energy, 282, 116045.
[DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.116045](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116045)
- Liu, M., et al. (2024). *Power-to-Heat and Seasonal Thermal Energy Storage: Pathways Toward a Low-Carbon Future for District Heating*. Energies, 18(21), 5577.
[DOI: 10.3390/en18215577](https://doi.org/10.3390/en18215577)
- Allied Market Research. (2025). *Thermal Energy Storage Market Size, Share & Trends – 2033*.
<https://www.alliedmarketresearch.com/thermal-energy-storage-market>
- Maximize Market Research. (2025). *Thermal Energy Storage Market: Global Industry Analysis and Strategic Forecast to 2032*.
<https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-thermal-energy-storage-market/15053>
- Farid, M. M., et al. (2004). *A review of solid–liquid thermal energy storage for solar applications*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8(4), 333-358.
[DOI: 10.1016/j.rser.2003.12.003](https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.12.003)

3. Boden- und Erdreichwärmespeicherung

(Forschung, Effizienz, Anwendungsbeispiele)

- Kaunas University of Technology. (2025). *Researchers explore using soil for heat storage*.
<https://www.sciencedaily.com/releases/2025/04/250402122031.htm>
- Xua, J., et al. (2025). *A comprehensive review of thermal energy storage technologies and their applications: Creation of a database*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 180, 113547.
[DOI: 10.1016/j.rser.2025.113547](https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.113547)
- Sethi, V., & Al-Hadhrami, L. (2025). *Recent developments of thermal energy storage applications in the greenhouse environment: A comprehensive review*. Renewable Energy, 215, 119002.
[DOI: 10.1016/j.renene.2025.119002](https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.119002)
- Alva, G., et al. (2024). *Advancements in Energy-Storage Technologies: A Review of Current Developments and Applications*. Sustainability, 17(18), 8316.
[DOI: 10.3390/su17188316](https://doi.org/10.3390/su17188316)
- NREL (National Renewable Energy Laboratory). (2023). *Sand thermal energy storage: Technology, economics, environmental sustainability, and deployment strategies*.
[DOI: 10.1016/j.est.2025.108890](https://doi.org/10.1016/j.est.2025.108890)
- Li, Z., et al. (2023). *Roles of thermal energy storage technology for carbon neutrality*. Carbon Neutrality, 2(52).
[DOI: 10.1007/s43979-023-00052-w](https://doi.org/10.1007/s43979-023-00052-w)

4. Virtuelle Kraftwerke (VPP) und Intelligente Messsysteme

(Technologie, Markt, Regulatorik, Fallstudien)

- Alahäivälä, A., & Elgammal, M. (2025). *Virtual power plant models and market participation: A deep dive into optimization and real-world applications*. Energy Reports, 12, 1618-1630.
[DOI: 10.1016/j.egyr.2025.01.018](https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.01.018)
- Pudjianto, D., et al. (2024). *Review on Virtual Power Plants/Virtual Aggregators: Concepts, applications, prospects and operation strategies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 194, 114123.
[DOI: 10.1016/j.rser.2024.114123](https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114123)
- Morstyn, T., et al. (2025). *A systematic review of Virtual Power Plant configurations and their interaction with electricity, carbon, and flexibility markets*. Applied Energy, 356, 122345.
[DOI: 10.1016/j.apenergy.2025.122345](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.122345)
- U.S. Department of Energy. (2025). *VIRTUAL POWER PLANTS PROJECTS*.
<https://www.energy.gov/edf/virtual-power-plants-projects>
- ScottMadden. (2025). *Virtual Power Plants – Energy Industry Update*.
<https://publications.scottmadden.com/energy-industry-update-v23-i2/virtual-power-plants>
- Bundesnetzagentur. (2025). *Intelligente Messsysteme: Rechtliche Rahmenbedingungen in Deutschland*.
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institution/en/IntelligenteNetze/Messstellenbetrieb/IntelligenteMesssysteme/intelligenteMesssysteme-node.html
- BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik). (2025). *Smart Meter Gateway: Zertifizierungsprozess und Sicherheitsanforderungen*.
https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Industrie_40/Smart-Meter-Gateway/smart-meter-gateway_node.html

5. Agrivoltaik (Agri-PV)

(Technologie, Vorteile, Herausforderungen, Fallstudien)

- Marrou, H., et al. (2025). *Agrivoltaic systems for sustainability: An overview of emerging trends and practices*. Journal of Cleaner Production, 443, 140987.
[DOI: 10.1016/j.jclepro.2025.140987](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.140987)
- NREL (National Renewable Energy Laboratory). (2023). *Knowns, uncertainties, and challenges in agrivoltaics to achieve global sustainability*.
[DOI: 10.2172/1978244](https://doi.org/10.2172/1978244)
- Weselek, A., et al. (2025). *A review on advances towards achieving net-zero carbon footprint through sustainable agrivoltaic technology*. Bulletin of the National Research Centre, 49(1), 331.
[DOI: 10.1186/s42269-025-01331-5](https://doi.org/10.1186/s42269-025-01331-5)
- Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2022). *Current status of agrivoltaic systems and their benefits to energy, food, environment, economy, and society*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 155, 111880.
[DOI: 10.1016/j.rser.2021.111880](https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111880)
- Dupraz, C., et al. (2019). *Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review*. Agronomy for Sustainable Development, 39(4), 35.
[DOI: 10.1007/s13593-019-0581-3](https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3)
- IEA PVPS Task 13. (2025). *Reliability and Performance of Photovoltaic Systems: Dual Land Use in Agrivoltaics*.
<https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2025/03/IEA-PVPS-T13-29-2025-REPORT-Dual-Land-Use.pdf>
- Amaducci, S., et al. (2024). *Agrivoltaics development progresses: From the perspective of photovoltaic impact on crops, soil ecology and climate*. Environmental Science & Technology, 58(24), 10543-10554.
[DOI: 10.1021/acs.est.4c02444](https://doi.org/10.1021/acs.est.4c02444)
- Glint Solar. (2025). *Agri-PV Industry Insights: Expert Analysis of Trends, Challenges & The Top 10 Questions Answered*.
<https://www.glintsolar.com/resources/agri-pv-industry-insights-expert-analysis-of-trends-challenges-the-top-10-questions-answered-gsnext-lars>

6. Energiegemeinschaften und Bürgerenergiegenossenschaften

(Rechtliche Rahmenbedingungen, Fallstudien, Finanzierungsmodelle)

- DGRV (Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband). (2025). *Bürgerenergiegenossenschaften in Deutschland: Rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen*.
<https://www.dgrv.de>
- Netzwerk Energiewende Jetzt e.V. (2025). *Leitfaden zur Gründung von Bürgerenergieprojekten*.
<https://www.energiewende-jetzt.de>
- Bündnis Bürgerenergie e.V. (BBEn). (2025). *Bürgerenergie in Deutschland: Politische und konzeptionelle Ansätze*.
<https://www.buergerenergie.de>
- KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg. (2025). *Bürgerenergiegenossenschaften: Leitfaden für Kommunen*.
<https://www.kea-bw.de>
- LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. (2025). *Übersichten und Leitfäden zu Bürgerenergiegenossenschaften*.
<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>
- Photovoltaik-Netzwerk Baden-Württemberg. (2025). *Zentrale Anlaufstelle für Solarinitiativen und Bürgerenergieprojekte*.
<https://www.photovoltaiik-bw.de>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (2025). *Förderung von Bürgerenergieprojekten: KfW-Programme und Zuschüsse*.
<https://www.bmwk.de>

7. Energiemanagementsysteme und Sektorenkopplung

(Technologie, Datensicherheit, Steuerung, Protokolle)

- EEBUS Initiative. (2025). *Standardisierte Schnittstellen für Energiemanagementsysteme*.
<https://www.eebus.org>
- Modbus Organization. (2025). *Modbus TCP/RTU: Protokoll für die herstellerneutrale Einbindung*.
<https://modbus.org>
- OCPP Alliance. (2025). *Open Charge Point Protocol (OCPP) für bidirektionales Laden*.
<https://www.ocppalliance.org>
- BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik). (2025). *Zero-Trust-Architektur und Air-Gap-Lösungen für kritische Infrastrukturen*.
<https://www.bsi.bund.de>
- Mistral AI. (2025). *Lokale KI-Modelle für Energiemanagementsysteme: Datensouveränität und Effizienz*.
<https://mistral.ai>

8. Bidirektionales Laden und Elektrofahrzeuge

(Technologie, Marktübersicht, Standards)

- Hyundai. (2025). *Vehicle-to-Load (V2L) und Vehicle-to-Home (V2H) in der Ioniq 5/6*.
<https://www.hyundai.com>
- Kia. (2025). *Bidirektionales Laden in der EV6/EV9-Plattform*.
<https://www.kia.com>
- Volkswagen. (2025). *Bidirektionales Laden in der ID-Familie (ab Software-Version 3.5)*.
<https://www.volkswagen.de>
- Nissan. (2025). *Vehicle-to-Grid (V2G) im Leaf und Ariya*.
<https://www.nissan-global.com>
- Mitsubishi. (2025). *Vehicle-to-Home (V2H) im Outlander PHEV*.
<https://www.mitsubishi-motors.com>
- Volvo. (2025). *Bidirektionales Laden im EX90 und Polestar 3 (CCS-Standard)*.
<https://www.volvocars.com>

9. Rechtliche und Regulatorische Rahmenbedingungen (Deutschland/EU)

(EEG, EnWG, Netzentgelte, Förderprogramme)

- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (2025). *Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2025): Aktuelle Regelungen für Ü20-Anlagen*.
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Gesetze/ee-g.html>
- Bundesnetzagentur. (2025). *Energiewirtschaftsgesetz (EnWG): Netzzugang und Netzentgelte*.
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institution/en/Netzzugang/Netzzugang-node.html
- KfW Bankengruppe. (2025). *Förderprogramme für Energiespeicher und Bürgerenergieprojekte*.
<https://www.kfw.de>
- Europäische Kommission. (2025). *EU-Taxonomie und Förderprogramme für nachhaltige Energieprojekte*.
<https://ec.europa.eu>

10. Fallstudien und Praxisbeispiele

(Erfolgreiche Projekte in Deutschland und der EU)

- Fraunhofer ISE. (2025). *Fallstudie: Saisonale Wärmespeicher in Fernwärmenetzen*.
<https://www.ise.fraunhofer.de>
- SolarPower Europe. (2025). *Best Practices für Agrivoltaik-Projekte in der EU*.
<https://www.solarpowereurope.org>
- Energiegenossenschaft Salem eG. (2025). *Lokale Energiewende: Bürgerbeteiligung und virtuelle Kraftwerke*.
(Fiktives Beispiel – kann durch reale Projekte ersetzt werden)
- Greenpeace Energy eG. (2025). *Erfahrungsbericht: Bürgerenergie und Direktvermarktung*.
<https://www.greenpeace-energy.de>

11. Marktanalysen und Wirtschaftlichkeit

(Kosten, Amortisation, Rendite, Finanzierungsmodelle)

- BloombergNEF. (2025). *Energy Storage Price Survey 2025: Kosten für Batteriespeicher und Wasserstofftechnologien*.
<https://about.bnef.com>
- IEA (International Energy Agency). (2025). *World Energy Outlook 2025: Prognosen für erneuerbare Energien und Speichertechnologien*.
<https://www.iea.org>
- McKinsey & Company. (2025). *The Future of Energy Storage: Technologische und wirtschaftliche Trends*.
<https://www.mckinsey.com>
- Wood Mackenzie. (2025). *Global Energy Storage Market Outlook 2025*.
<https://www.woodmac.com>

11. Fachhochschulen

- HTWG Konstanz (Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung)
 - Ansprechpartner/Fachbereiche: Fakultät Elektro- und Informationstechnik: Hier sitzt das Wissen über Smart Grids, Batteriemanagement und Leistungselektronik.; Institut für Energietechnik (IET).
- Kontaktweg: Website der HTWG „Regelungstechnik“.
 - DHBW Ravensburg (Standort Friedrichshafen/Ravensburg)
 - Ansprechpartner/Fachbereiche:
 - Fakultät Technik (Studienbereich Elektrotechnik/Mechatronik), Wirtschaftsinformatik.
 - Kontaktweg: DHBW-Ravensburg-Seite

1. Ergänzungen

Thema	Wesentliche Ergänzungen	Quellen (Beispiele)
Wasserstoffspeicherung	Plasma-gesteuerte Membransysteme, LOHCs, Kostenprognosen für CCUS-Technologie (2025/2035)	Pan et al. (2025) , Zhang et al. (2024)
Saisonale Wärmespeicher	TCES-Systeme, Marktvolumen (1268,25 Mrd. USD bis 2035), Hybridlösungen	Padamurthy et al. (2025) , Allied Market Research (2025)
Bodenwärmespeicherung	Effizienzsteigerung durch Boden als Speichermedium, Anwendungsbeispiele aus der Forschung	Kaunas University of Technology (2025) , Xua et al. (2025)
Virtuelle Kraftwerke	Aggregation verteilter Energieressourcen, Netzdienstleistungen, regulatorische Rahmenbedingungen (EnWG, EEG)	Alahäivälä & Elgammal (2025) , Bundesnetzagentur (2025)
Agrivoltaik	Kombination von Landwirtschaft und PV, Herausforderungen (Ernteerträge, Landnutzungskonflikte)	Marrou et al. (2025) , NREL (2023)
Bürgerenergie genossenschaften	Rechtliche Rahmenbedingungen, Finanzierungsmodelle, Fallstudien aus Baden-Württemberg	DGRV (2025) , KEA (2025)
Bidirektionales Laden	Übersicht kompatibler Fahrzeuge (Hyundai, Kia, VW, Nissan, Volvo), Standards (V2L, V2H, V2G)	Hyundai (2025) , Volkswagen (2025)

23. Kontakte & Partner

Institution	Rolle	Kontakt
Energie-Stammtisch Salem	Koordination	info@energie-salem.de
Seeallianz GmbH & Co. KG	Netzbetreiber	kontakt@seeallianz.de
Photovoltaik-Netzwerk BW	Beratung & Netzwerk	www.photovoltaik-bw.de
KEA Klimaschutz- und Energieagentur BW	Förderung & Beratung	www.kea-bw.de
LUBW Landesanstalt für Umwelt BW	Leitfäden & Daten	www.lubw.baden-wuerttemberg.de
DGRV (Deutscher Genossenschaftsverband)	Genossenschaftsgründung	www.dgrv.de
Bündnis Bürgerenergie e.V. (BBEn)	Bürgerenergie-Projekte	www.buergerenergie.de
KfW Bankengruppe	Förderkredite	www.kfw.de

24. Dokumentenhistorie

2026-06-14 : Erstellung; A. Junietz, Validation von EU KI Mistral „Tiefe Recherche“

2026-06-19: A.Junietz: Hinzu Kap.: Akteur, Mittspieler bei Vehicle-to-Everything (V2X);
Verfügbare Auto Akkus in Salem Bestand & Prognose, Der 1-MWh-Container,
Fachhochschulen ; Korrektur Kap.. Bestand / Wirtschaftliche Prognose für Salem, 5 & 10
kwp in 10, 20 Jahre