

## Anhang A: Tabellarische Zusammenfassung aller Einflussfaktoren

Tabelle A.1: Speichertechnische Einflussfaktoren

Einflussfaktor	Ausprägung	Auswirkung auf Wirtschaftlichkeit	Bewertung
Speichergröße	Klein (5 kWh)	Begrenzte Kapazität für Arbitrage und PV-Speicherung; hohe spezifische Kosten pro kWh	●
	Groß (10 kWh)	Ausreichende Kapazität für Arbitrage und hohen PV-Eigenverbrauch; günstige spezifische Kosten	●
Speicherqualität (Zyklenzahl)	Niedrig (6.000 Zyklen)	Hoher LCOS (> 8 ct/kWh); Amortisation schwierig; nur für PV-Eigenverbrauch sinnvoll	●
	Hoch (10.000 Zyklen)	Niedriger LCOS ( $\approx$ 6 ct/kWh); wirtschaftliche Basis für Arbitrage und lange Lebensdauer	●
Systemwirkungsgrad	Sehr niedrig Teillast 100 W, 57%	Arbitrage unwirtschaftlich; hohe Umwandlungsverluste kompensieren Preisvorteile vollständig	●
	Niedrig Teillast 200 W: 78 %	Arbitrage nur bei sehr hohen Spreads ( $\geq$ 15 ct/kWh) bedingt wirtschaftlich	●
	Mittel 500 W: 86 %	Arbitrage bei guten Spreads wirtschaftlich; typisch für bewussten Tagesverbrauch	●
	Hoch Volllast 5–10 kW: 91 %	Beste Voraussetzung für Arbitrage; aber im Haushalt zeitlich selten erreicht	●

● **Grün (positiv):** Der Faktor wirkt sich günstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Einsparungen oder klaren Vorteilen.

● **Gelb (neutral/bedingt):** Der Faktor hat moderate Auswirkungen; Vor- und Nachteile halten sich die Waage oder sind stark kontextabhängig.

● **Rot (negativ):** Der Faktor wirkt sich ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Mehrkosten oder klaren Nachteilen.

**Tabelle A.2: Tarifstruktur und Preisspreads**

Einflussfaktor	Ausprägung	Auswirkung auf Wirtschaftlichkeit	Bewertung
<b>Preisspreads (idealisiert)</b>	Sehr niedrig (5 ct/kWh)	Unwirtschaftlich für alle Speicher; Einsparung wird durch LCOS + Verluste überkompensiert	●
	Niedrig (10 ct/kWh)	Nur für große, hochwertige Speicher bei Volllast bedingt wirtschaftlich	●
	Mittel (15 ct/kWh)	Wirtschaftlich für hochwertige Speicher bei mittleren bis hohen Wirkungsgraden ( $\geq 80\%$ )	●
	Hoch (20 ct/kWh)	Klar wirtschaftlich; alle Speicher profitieren bei ausreichendem Wirkungsgrad	●
<b>Reale Preisspreads</b>	Durchschnittlich (5–15 ct/kWh stündlich)	Zeitlich begrenzt nutzbar; effektiv nur 5–7 ct/kWh durch Zeitparadoxon und Lastprofil	●
	Extremereignisse (> 15 ct/kWh)	Sehr selten (< 5 % aller Stunden); für Jahresbilanz kaum relevant	●
<b>Zusatzkosten (SMGW + HEMS)</b>	Bei niedrigem Verbrauch (3.500 kWh)	Hoher spezifischer Aufschlag (+3,4 ct/kWh); Wirtschaftlichkeit stark beeinträchtigt	●
	Bei hohem Verbrauch (8.000 kWh)	Moderater Aufschlag (+1,5 ct/kWh); relativiert sich, bleibt aber spürbar	●

● **Grün (positiv):** Der Faktor wirkt sich günstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Einsparungen oder klaren Vorteilen.

● **Gelb (neutral/bedingt):** Der Faktor hat moderate Auswirkungen; Vor- und Nachteile halten sich die Waage oder sind stark kontextabhängig.

● **Rot (negativ):** Der Faktor wirkt sich ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Mehrkosten oder klaren Nachteilen.

**Tabelle A.3: Haushaltsparmeter**

Einflussfaktor	Ausprägung	Auswirkung auf Wirtschaftlichkeit	Bewertung
<b>Jahresverbrauch</b>	Niedrig (3.500 kWh ohne WP)	Fixkosten dominant; kleiner Reststrom; Einsparungen gering (60–100 €/Jahr)	●
	Hoch (8.000 kWh mit WP)	Fixkosten verteilen sich; großer Reststrom; Einsparungen deutlich höher (200–250 €/Jahr)	●
<b>PV-Autarkiegrad</b>	Niedrig (30 %)	Hoher Reststrom aus Netz; geringer PV-Eigenverbrauch; schwache CO <sub>2</sub> -Bilanz	●
	Mittel (50 %)	Ausgewogener Reststrom; gute Basis für dynamische Tarife bei hohem Verbrauch	●
	Hoch (75 %)	Sehr geringer Reststrom; hoher PV-Eigenverbrauch; starke CO <sub>2</sub> -Bilanz (640 kg/Jahr)	●
<b>PV-Eigenverbrauch</b>	Ohne Speicher (≈ 20–30 %)	Kein Abendverbrauch aus PV; hoher Netzbezug; niedrige CO <sub>2</sub> -Einsparung	●
	Mit kleinem Speicher (≈ 35 %)	Moderate Steigerung; begrenzte Abendversorgung	●
	Mit großem Speicher (≈ 50 %)	Signifikante Steigerung; hohe CO <sub>2</sub> -Einsparung (bis 19 t über 30 Jahre); Hauptnutzen	●

● **Grün (positiv):** Der Faktor wirkt sich günstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Einsparungen oder klaren Vorteilen.

● **Gelb (neutral/bedingt):** Der Faktor hat moderate Auswirkungen; Vor- und Nachteile halten sich die Waage oder sind stark kontextabhängig.

● **Rot (negativ):** Der Faktor wirkt sich ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Mehrkosten oder klaren Nachteilen.

**Tabelle A.4: Tarifwahl und Wechselstrategie**

Einflussfaktor	Ausprägung	Auswirkung auf Wirtschaftlichkeit	Bewertung
<b>Ausgangstarif</b>	Teurer Bestandskunde (≈ 40 ct/kWh)	Höchste Kosten; größtes Sparpotenzial durch Wechsel (30–40 % Einsparung möglich)	●
	Günstiger Neukunde Festpreis (24–27 ct/kWh)	Niedrigste Kosten ohne Optimierungsaufwand; sichere Planbarkeit	●
	Dynamischer Tarif (Ø 36 ct/kWh, optimiert 33–34 ct/kWh)	Mittlere Kosten; Optimierung erforderlich; 7–12 % Einsparung vs. Bestandskunde möglich	●
<b>Tarifwechsel-Strategie</b>	Bestandskunde → Dynamisch (mit Optimierung)	Moderate Einsparung bei hohem Aufwand; nur sinnvoll bei hohem Verbrauch + WP	●
	Bestandskunde → Neukunde Festpreis	Höchste Einsparung (30–40 %) bei minimalem Aufwand; "low hanging fruit"	●
	Neukunde Festpreis → Dynamisch	Meist Mehrkosten; nur in Ausnahmefällen sinnvoll (sehr hoher Verbrauch + § 14a)	●

● **Grün (positiv):** Der Faktor wirkt sich günstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Einsparungen oder klaren Vorteilen.

● **Gelb (neutral/bedingt):** Der Faktor hat moderate Auswirkungen; Vor- und Nachteile halten sich die Waage oder sind stark kontextabhängig.

● **Rot (negativ):** Der Faktor wirkt sich ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Mehrkosten oder klaren Nachteilen.

**Tabelle A.5: Strukturelle Limitierungen**

<b>Einflussfaktor</b>	<b>Ausprägung</b>	<b>Auswirkung auf Wirtschaftlichkeit</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Zeitliche Verfügbarkeit niedriger Preise</b>	Mittags (hohe PV, niedrige Börsenpreise)	Speicher bereits durch PV gefüllt; niedrigste Preise nicht nutzbar (Zeitparadoxon)	●
	Nachts (moderate Börsenpreise)	Teilweise nutzbar für Arbitrage; keine günstigsten Preise; moderate Spreads	●
	Abends (hohe Börsenpreise)	Speicher entlädt und vermeidet Hochpreisbezug; Hauptnutzen der Arbitrage-Strategie	●
<b>Nachladung aus Netz</b>	Mit Nachladung (Speicher vorbeladen)	Verdrängt kostenlosen PV-Strom am Folgetag; Mehrkosten 100–200 €/Jahr (Verdrängungsparadoxon)	●
	Ohne Nachladung (PV-priorisiert)	PV-Strom hat Vorrang; höchster wirtschaftlicher Wert (38 ct/kWh vermiedener Netzbezug)	●
	Intelligente Steuerung (PV-Prognose)	Nachladung nur bei bewölktem Folgetag; optimale Balance zwischen Arbitrage und PV-Nutzung	●
<b>Lastprofil</b>	Grundlast (100–200 W)	Speicher läuft bei sehr niedrigen Wirkungsgraden (57–78 %); Arbitrage unwirtschaftlich	●
	Ausgewogen (Mix aus Grund-, Mittel- und Spitzenlast)	Mittlere Wirkungsgrade (80–86 %); bedingt geeignet für Arbitrage	●
	Spitzenlast (500 W – 5 kW)	Hohe Wirkungsgrade (86–91 %); beste Voraussetzung für Arbitrage	●
<b>Flexibilisierbare Lasten</b>	Gering (≈ 10–20 % verschiebbar)	Kaum Reaktionsmöglichkeit auf Preissignale; dynamischer Tarif bringt wenig Mehrwert	●
	Mittel (≈ 30 % verschiebbar, z.B. WM, GSP)	Moderate Optimierungspotenziale; Einsparungen im niedrigen einstelligen Prozentbereich	●
	Hoch (≈ 50 % verschiebbar, z.B. WP, Wallbox)	Signifikante Optimierungspotenziale; Einsparungen bis 12 % auf Reststrom möglich	●

● **Grün (positiv):** Der Faktor wirkt sich günstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Einsparungen oder klaren Vorteilen.

● **Gelb (neutral/bedingt):** Der Faktor hat moderate Auswirkungen; Vor- und Nachteile halten sich die Waage oder sind stark kontextabhängig.

● **Rot (negativ):** Der Faktor wirkt sich ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Mehrkosten oder klaren Nachteilen.

**Tabelle A.6: § 14a EnWG Netzentgelte**

<b>Einflussfaktor</b>	<b>Ausprägung</b>	<b>Auswirkung auf Wirtschaftlichkeit</b>	<b>Bewertung</b>
<b>§ 14a Modul 1</b>	Pauschale Netzentgeltreduzierung	Feste Entlastung $\approx$ 150 €/Jahr für steuerbare Verbrauchseinrichtungen; klar positiv	●
<b>§ 14a Modul 3</b>	Mit hohen Spreads (8–10 ct/kWh Netzentgelt)	Zusätzliche Einsparung bei Lastverschiebung; kombiniert mit Modul 1 bis 310 €/Jahr	●
	Mit niedrigen Spreads (2–3 ct/kWh)	Vorteil wird durch Wirkungsgradverluste aufgezehrt; kaum Zusatznutzen	●
	Mit kurzen NT-Fenstern ( $\leq$ 2 Stunden)	Wenig Verschiebungspotenzial; wirtschaftlich stark eingeschränkt	●
	Nur in Sommerquartalen (Q2+Q3)	Keine Winteroptimierung; Jahresnutzen halbiert; ungünstig für WP-Haushalte	●
<b>Regionale VNB-Bedingungen</b>	Großzügige Zeitfenster + hohe Spreads	Optimale Kombination § 14a + dynamischer Tarif möglich; maximaler Nutzen erreichbar	●
	Restriktive Zeitfenster + niedrige Spreads	§ 14a-Nutzen stark begrenzt; oft unwirtschaftlich trotz Mehraufwand	●

● **Grün (positiv):** Der Faktor wirkt sich günstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Einsparungen oder klaren Vorteilen.

● **Gelb (neutral/bedingt):** Der Faktor hat moderate Auswirkungen; Vor- und Nachteile halten sich die Waage oder sind stark kontextabhängig.

● **Rot (negativ):** Der Faktor wirkt sich ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Mehrkosten oder klaren Nachteilen.

**Tabelle A.7: Virtuelle Kraftwerke und Steuerung**

Einflussfaktor	Ausprägung	Auswirkung auf Wirtschaftlichkeit	Bewertung
<b>VPP-Modelle</b>	Mit Regelenergiefähigkeit (z.B. Sonnen)	Zusätzliche Einnahmen durch Regelleistung; keine Plattformkosten; systemdienlich	●
	Mit KI-Optimierung (z.B. 1KOMMA5°)	Automatisierte Optimierung; hunderte €/Jahr Einsparung; Plattformgebühr 120 €/Jahr	●
	Mit Energiegeld-Modell (z.B. Enpal)	Hohe beworbene Erträge (bis 600 €/Jahr); aber hohe Anbieterbindung; Transparenz begrenzt	●
	Ohne VPP (eigenes HEMS + dynamisch)	Volle Kontrolle und Transparenz; aber höherer Eigenaufwand für Optimierung erforderlich	●
<b>Technische Affinität</b>	Gering (komfortorientiert)	VPP-Flatmodelle oder Neukunden-Festpreis optimal; sehr komplexe dynamische Tarife	● (Festpreis/VPP)
	Hoch (technikaffin)	Eigenes HEMS + § 14a + dynamisch ermöglicht max. Kontrolle und Optimierung	● (HEMS)
<b>Investitionsbereitschaft</b>	Niedrig (nur Tarifwechsel)	Neukunden-Festpreis bietet höchste Einsparung bei null Investition; sofort wirksam	●
	Mittel (Speicher + Fixpreis)	Speicher für PV-Eigenverbrauch sinnvoll; Arbitrage verzichtbar	●
	Hoch (Speicher + dynamisch + HEMS)	Vollständige Optimierung möglich; nur bei passenden Rahmenbedingungen wirtschaftlich	●

● **Grün (positiv):** Der Faktor wirkt sich günstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Einsparungen oder klaren Vorteilen.

● **Gelb (neutral/bedingt):** Der Faktor hat moderate Auswirkungen; Vor- und Nachteile halten sich die Waage oder sind stark kontextabhängig.

● **Rot (negativ):** Der Faktor wirkt sich ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit aus; führt zu Mehrkosten oder klaren Nachteilen.

## Zentrale Muster und Handlungsempfehlungen

### Erfolgsfaktoren für wirtschaftliche Speicher + dynamische Tarife

Die Kombination folgender Faktoren maximiert die Wirtschaftlichkeit:

- **Große, hochwertige Speicher** (10 kWh, 10.000 Zyklen) mit niedrigem LCOS ( $\approx 6$  ct/kWh)
- **Hohe Wirkungsgrade** durch mittlere bis hohe Lasten ( $\geq 500$  W,  $\eta \geq 86$  %)
- **Hohe Preisspreads** (idealerweise  $\geq 15$  ct/kWh)
- **Hoher Jahresverbrauch** ( $\geq 8.000$  kWh) zur Fixkostenverteilung
- **Hoher Anteil flexibilisierbarer Lasten** (WP, Wallbox:  $\geq 50$  % verschiebbar)
- **Günstige § 14a-Bedingungen** (hohe Spreads 8–10 ct/kWh, lange NT-Fenster  $\geq 6$  Stunden)
- **PV-priorisierte Steuerung** ohne Verdrängungsparadoxon
- **VPP-Modelle** mit Regelenergiefähigkeit oder professioneller KI-Optimierung

### Risikofaktoren für unwirtschaftliche Konstellationen

Die Kombination folgender Faktoren führt häufig zu Unwirtschaftlichkeit:

- **Kleine, billige Speicher** (5 kWh, 6.000 Zyklen) mit hohem LCOS ( $> 8$  ct/kWh)
- **Teillast-dominierte Lastprofile** mit niedrigen Wirkungsgraden ( $\eta \leq 78$  %)
- **Niedrige reale Spreads** ( $< 10$  ct/kWh) und Zeitparadoxon
- **Niedriger Jahresverbrauch** ( $\leq 3.500$  kWh) mit hohen spezifischen Fixkosten
- **Geringe Lastflexibilität** ohne WP/Wallbox ( $< 30$  % verschiebbar)
- **Restriktive § 14a-Bedingungen** (kurze Fenster  $\leq 2$  Stunden, niedrige Spreads  $\leq 3$  ct/kWh)
- **Nachladung** die kostenlosen PV-Strom verdrängt
- **Vergleich mit günstigen Neukunden-Festpreisen** (24–27 ct/kWh)

### Die beste Sofortmaßnahme für die meisten Haushalte

Tarifwechsel von teurem Bestandskunden- zu günstigem Neukunden-Festpreistarif:

- ✓ Einsparung 30–40 % ohne jede Investition
- ✓ Kein technischer Aufwand, keine Zusatzkosten
- ✓ Sichere Planbarkeit über 12 Monate Preisgarantie
- ✓ **Größeres Sparpotenzial als dynamische Tarife + Speicher-Arbitrage**
- ✓ Sofort wirksam ohne Wartezeit oder Genehmigungsverfahren

Dynamische Tarife mit Speicher-Arbitrage als ergänzendes Optimierungsinstrument für Haushalte:

- Hohem Verbrauch ( $\geq 8.000$  kWh mit WP)
- Großem, hochwertigem Speicher (10 kWh, 10.000 Zyklen)
- Hohem Anteil flexibilisierbarer Lasten
- Günstigen regionalen Rahmenbedingungen (§ 14a Modul 1+3)
- Technischer Affinität für HEMS-Optimierung