

# Notstrom oder Ersatzstrom bei PV-Anlagen?

## Wissenschaftliche Studie und Praxisleitfaden

*Eine umfassende Analyse zur Entscheidungsfindung für Privathaushalte*

### Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht die fundamentalen Unterschiede zwischen Notstrom- und Ersatzstromfunktionen in Photovoltaikanlagen mit Batteriespeichern. Auf Basis aktueller technischer Daten, gesetzlicher Vorgaben und Gerichtsurteile werden klare Entscheidungshilfen für verschiedene Haushaltstypen entwickelt. Die Analyse umfasst AC- und DC-gekoppelte Batteriesysteme der führenden Batterie-Hersteller (BYD, E3/DC, Senec, Huawei, RCT Power, sonnenBatterie, Varta, Fenecon, Sungrow, Kostal, SMA) und bewertet deren Eignung für Ersatzstromnetze. Besonderes Augenmerk liegt auf der Schwarzstartfähigkeit und den vertraglichen Aspekten der Ersatzstromfunktion.

### Kernerkenntnisse:

Für durchschnittliche Haushalte (4.000–5.000 kWh/a) ist eine 10 kWp PV-Anlage mit 10 kWh Speicher optimal. Ersatzstromsysteme bieten bei längeren Netzausfällen entscheidende Vorteile, verursachen aber 2.500–5.000 € Mehrkosten gegenüber einfachen Notstromlösungen. Die integrierte Ersatzstromfunktion trägt zur klareren werkvertraglichen Bewertung bei und erleichtert die Durchsetzung von Mängelansprüchen erheblich.

## 1. Einleitung: Warum Notstrom heute wichtiger wird

### 1.1 Ausgangslage und Statistik zur Versorgungssicherheit

Die Stabilität des deutschen Stromnetzes gilt international als vorbildlich. Der SAIDI-Wert (System Average Interruption Duration Index) lag 2024 bei durchschnittlich 11,7 Minuten Versorgungsunterbrechung pro Verbraucher und Jahr – eine der niedrigsten Ausfallzeiten weltweit. Zum Vergleich: In den USA liegt dieser Wert bei über 1,3 Std. (78 Minuten), in Italien ca. 1,3 Std., in Griechenland ca. 1,6 Std..

#### Entwicklung der letzten 20 Jahre:

Die Versorgungssicherheit in Deutschland hat sich kontinuierlich verbessert. Der SAIDI-Wert sank von 21,5 Minuten (2006) über 12,8 Minuten (2023) auf aktuell 11,7 Minuten (2024). Die positive Entwicklung ist bemerkenswert, da gleichzeitig der Anteil erneuerbarer Energien massiv ausgebaut wurde.

Jahr	SAIDI-Wert (Minuten/Jahr)	Trend
2006	21,5	Ausgangswert
2016	12,8	Deutliche Verbesserung
2023	12,8	Stabil
2024	11,7	Weitere Verbesserung

## Aufschlüsselung nach Spannungsebenen (2024):

- Niederspannung (Haushalte, Gewerbe): 2,4 Minuten/Jahr
- Mittelspannung (Industrie, Kraftwerke): 9,2 Minuten/Jahr

Die meisten Ausfälle betreffen die Mittelspannungsebene, während Privathaushalte im Niederspannungsnetz nur durchschnittlich 2,4 Minuten pro Jahr betroffen sind.

## Häufigkeitsverteilung nach Ausfalldauer

Die Bundesnetzagentur erfasst nur Ausfälle länger als 3 Minuten. Kürzere Unterbrechungen (< 3 Minuten) werden nicht in die SAIDI-Statistik einbezogen. Die überwiegende Mehrheit der erfassten Stromausfälle sind Kurzausfälle mit schneller Wiederherstellung:

- 3–15 Minuten: Ca. 85–90% aller gemeldeten Ausfälle – typische lokale Störungen (Kabelschaden, Schalthandlung, kurzzeitige Netzüberlastung).
- 15–60 Minuten: Ca. 8–12% der Ausfälle – mittelschwere Störungen (Transformatorausfall, begrenzte Leitungsschäden).
- 1–6 Stunden: Ca. 2–4% der Ausfälle – schwere lokale Störungen (größere Kabelschäden, Umspannwerkausfälle).
- 6 Stunden: Unter 1% der Ausfälle – außergewöhnliche Ereignisse (Extremwetter, Sabotage, großflächige Infrastrukturschäden).

**Wichtig:** Diese Verteilung zeigt, dass die allermeisten Stromausfälle sehr kurz sind und durch einfache Notstromlösungen überbrückt werden können. Ausfälle über 6 Stunden sind extrem selten, können aber – wie das Beispiel Berlin 2026 zeigt – bei gezielten Angriffen oder schweren Schäden auftreten.

## Jahreszeitliche Verteilung der Ausfälle

Die Auswertung der Meldedaten von stromausfall.org (2020–2024) zeigt deutliche saisonale Schwankungen bei der Häufigkeit von Stromausfällen.

Zeitraum	Charakteristik	Relative Häufigkeit	Hauptursachen
Januar–März	Wintermonate	Erhöht (+20–40%)	Stürme, Eis, Schneebruch
April–Mai	Frühjahr	Durchschnitt	Übergang, Gewitter
Juni–August	Sommermonate	Stark erhöht (+30/60%)	Gewitter, Starkregen, Hitze
September–Oktober	Herbst	Erhöht (+10–30%)	Herbststürme, erste Unwetter
November–Dezember	Herbst/Winter	Erhöht (+15–35%)	Stürme, Witterungseinflüsse

## Auffällige Muster:

- **Sommerpeak:** Juni–Juli: In den Sommermonaten wurden bis zu 5.500–5.600 gemeldete Ausfälle pro Monat registriert – etwa doppelt so viele wie in ruhigen Monaten. Ursache sind vor allem lokale Gewitter mit Blitzschlag, Starkregen und umstürzende Bäume.
- **Wintererhöhung:** Januar–März: Stürme und Eislast führen zu deutlichen Anstiegen. Januar verzeichnet regelmäßig 30–40% mehr Ausfälle als ruhige Monate.
- **Ruhige Monate:** Februar, April, Mai, November: In diesen Monaten sinken die Meldungen auf etwa 1.700–2.500 Ausfälle pro Monat – etwa halb so viele wie in Spitzenmonaten.

### **Konsequenz für die Praxis:**

- Notstrom reicht für die meisten Fälle: 85–90% der Ausfälle dauern unter 15 Minuten. Ein Speicher mit Notstromfunktion überbrückt diese problemlos.
- Ersatzstrom sinnvoll bei Wetterexposition: Haushalte in sturmgefährdeten Gebieten (Küstenregionen, exponierte Lagen) oder Regionen mit häufigen Sommergewittern profitieren von Ersatzstromsystemen mit solarer Nachladung.
- Saisonale Risikoabschätzung: Im Sommer (Juni–August) und Winter (Januar–März) ist die Ausfallwahrscheinlichkeit etwa doppelt so hoch wie in Frühlings- und Herbstmonaten.

## **1.2 Neue Bedrohungen: Von der Statistik zur Realität**

Trotz dieser exzellenten Durchschnittswerte zeigen sich neue Bedrohungsszenarien, die in der SAIDI-Statistik nicht vollständig abgebildet werden:

### **1. Sabotage und gezielte Anschläge**

Am 4. Januar 2026 verübte die linksradikale „Vulkangruppe“ einen Brandanschlag auf das Berliner Stromnetz. 45.000 Haushalte und 2.000 Gewerbebetriebe in Lichterfelde, Zehlendorf, Nikolassee und Wannsee waren plötzlich ohne Strom – mitten im Winter bei Minusgraden. 35.000 Haushalte mussten bis zu 6 Tage ohne Stromversorgung ausharren. Dieser Vorfall zeigt: Sabotageakte können lokale Netze deutlich länger lahmlegen als der statistische Durchschnitt vermuten lässt.

### **2. Klimawandelbedingte Extremwetterereignisse**

Zunehmende Stürme, Starkregen und Hitzeperioden belasten die Netzinfrastruktur. Lokale Ausfälle durch umgestürzte Bäume, Überschwemmungen oder Überhitzung von Transformatoren nehmen zu – auch wenn sie statistisch noch nicht dramatisch ins Gewicht fallen.

### **3. Netzüberlastung durch Elektrifizierung**

Die gleichzeitige Verbreitung von Wärmepumpen, Elektroautos und dezentraler Stromerzeugung (PV-Anlagen) führt zu neuen Lastspitzen im Verteilnetz. Insbesondere in Neubaugebieten mit hoher E-Auto- und Wärmepumpen-Dichte können lokale Überlastungen auftreten.

### **4. Cyberangriffe auf kritische Infrastruktur**

Digitalisierung und Vernetzung der Energieinfrastruktur schaffen neue Angriffsflächen für Cyberattacken. Auch wenn bisher keine großflächigen Ausfälle in Deutschland bekannt sind, warnen Sicherheitsbehörden vor steigenden Risiken.

## **1.3 Die Diskrepanz: Statistik vs. individuelle Betroffenheit**

***Wichtige Erkenntnis: Der SAIDI-Wert von 11,7 Minuten ist ein Durchschnittswert aller Verbraucher.***

Das bedeutet:

- Die meisten Haushalte erleben gar keinen oder nur sehr kurze Ausfälle (< 3 Minuten, die nicht in der Statistik erfasst werden).
- Einige Haushalte sind jedoch von längeren, lokal begrenzten Ausfällen betroffen (mehrere Stunden bis Tage).
- Bei gezielten Sabotageakten wie in Berlin 2026 können einzelne Stadtteile tagelang ohne Strom sein.

**Fazit:** Während die aggregierte Statistik eine hervorragende Versorgungssicherheit zeigt, können individuelle Ausfälle deutlich länger dauern. Für Haushalte mit kritischen Verbrauchern (Homeoffice, medizinische Geräte, Tiefkühlware) oder in gefährdeten Regionen ist eine Notstrom- oder Ersatzstromversorgung daher sinnvoll – unabhängig vom niedrigen statistischen Durchschnitt.

## 1.4 Erhöhte Abhängigkeit durch Elektrifizierung

Gleichzeitig werden Haushalte elektrischer: Wärmepumpen ersetzen Gasheizungen, Elektroautos verdrängen Verbrenner, Homeoffice macht stabile Internetverbindungen essentiell. Ein Stromausfall betrifft heute deutlich mehr Lebensbereiche als vor 20 Jahren:

- **Heizung:** Wärmepumpen funktionieren ohne Strom nicht (auch Gas-/Ölheizungen benötigen Strom für (Brenner-)Steuerung und Pumpen).
- **Mobilität:** Elektroautos können nicht geladen werden.
- **Homeoffice:** Keine Arbeitsfähigkeit ohne Strom (Internet, Computer, Beleuchtung).
- **Kommunikation:** Router fallen aus, Mobilfunkmasten haben begrenzte Notstromkapazität.
- **Lebensmittel:** Kühl- und Gefriergeräte tauen auf (Wertverlust nach 4–6 Stunden).

**Die Konsequenz:** Während statistische Stromausfälle selten sind, steigt das individuelle Schadensrisiko durch zunehmende Elektrifizierung. PV-Anlagen mit Batteriespeichern bieten Lösungen – aber welche Funktion brauchen Sie wirklich?

## 1.5 Ziel dieser Studie

Diese Arbeit liefert wissenschaftlich fundierte, aber praxisnahe Antworten auf folgende Fragen:

- Was unterscheidet Notstrom von Ersatzstrom technisch und rechtlich?
- Welche Batteriesysteme (AC vs. DC) eignen sich für welchen Zweck?
- Wie dimensioniere ich Speicher und PV-Anlage richtig?
- Welche gesetzlichen Anforderungen gelten?
- Ist die Ersatzstromfunktion werkvertraglich klarer bewertbar?
- Welches System passt zu meiner Situation?

---

## 2. Grundlagen: Notstrom vs. Ersatzstrom

### 2.1 Was ist Notstrom?

Notstrom ist die Basisabsicherung bei Netzausfall. Über eine spezielle Notstromsteckdose werden einzelne Verbraucher mit Strom aus der Batterie versorgt.

#### Typische Merkmale:

- Versorgung über separate Steckdose oder Steckdosenleiste.
- Leistung begrenzt (meist 2–3 kW).
- Manuelle Bedienung: Geräte müssen umgesteckt werden.
- PV-Anlage produziert oft keinen neuen Solarstrom.
- Betriebsdauer: 3–6 Stunden bei Basisversorgung.
- Kosten: +500–1.500 € zur Standard-PV-Anlage.

**Anwendungsbeispiel:** Bei einem Stromausfall stecken Sie Kühlschrank, Router und eine LED-Lampe in die Notstromsteckdose. Die Batterie versorgt diese Geräte, bis das Netz zurückkehrt oder die Batterie leer ist. Nachdem die Batterie leer ist, bleibt die Stromversorgung aus – i.d.R. keine Wiederaufladung!

## 2.2 Was ist Ersatzstrom?

Ersatzstrom (Full-Backup) ist die **Vollversorgung bei Netzausfall**. Das System **trennt sich dann automatisch vom öffentlichen Netz** und versorgt ausgewählte Stromkreise bzw. das ganze Haus.

### Typische Merkmale:

- Automatische Umschaltung in < 1 Sekunde.
- Versorgung mehrerer (definierter) Stromkreise oder des gesamten Hausnetzes.
- Hohe Leistung (bis 12 kW bei modernen Systemen).
- PV-Anlage bleibt aktiv und lädt Batterie (ggf. am nächsten Tag) nach (Inselbetrieb).
- Betriebsdauer: theoretisch unbegrenzt bei Tageslicht/Sonnenschein.
- Kosten: +2.500–5.000 € zur Standard-PV-Anlage.

### Anwendungsbeispiel:

Das Netz fällt aus. Nach 0,5 Sekunden schaltet das System automatisch um. Sie merken kaum etwas – Kühlschrank, Heizung, WLAN, Licht laufen weiter. Tagsüber lädt die PV-Anlage die Batterie nach.

## 2.3 Direkter Vergleich

Kriterium	Notstrom	Ersatzstrom
Investition	+500–1.500 €	+2.500–5.000 €
Installation	Einfach	Komplex (Fachbetrieb)
Umschaltung	Manuell/wenige Sekunden	Automatisch < 1 Sekunde
Versorgung	1 Steckdose, 2–3 kW	Mehrere Kreise, bis 12 kW
PV nachladen	Meist nein	Ja (Inselbetrieb)
Dauer	3–6 h (Basis)	Unbegrenzt (bei Sonne)
Komfort	Umstecken nötig	Normalbetrieb
Genehmigung	Meist nicht	Meldung Netzbetreiber
Eignung Langausfall	Nein	Ja

### 3. Batterietechnologien: AC-Kopplung vs. DC-Kopplung

#### 3.1 AC-gekoppelte Systeme (z.B. sonnenBatterie 10 performance)

**Funktionsweise:** Die Batterie hat einen eigenen Wechselrichter und wird auf der Wechselstromseite (AC) ins Hausnetz eingebunden. Die PV-Anlage behält ihren eigenen Wechselrichter.

##### Beispieltabelle sonnenBatterie 10

Nutzbare Kapazität	10–50 kWh (modular)
Max. Entladeleistung	7,0 kW (11 kWh-Variante) ab 22kWh: 10kW
Zelltechnologie	Lithium-Eisenphosphat (LiFePO <sub>4</sub> )
Wirkungsgrad	95% (Wechselrichter), 96,8% (Batterie)
Ersatzstrom	Mit sonnenProtect 8000: 8 kVA, 3-phasig, bei neueren Modellen bereits integriert

##### Vorteile AC-Kopplung:

- **Einfache Nachrüstung:** gerade bei bestehenden (Alt-)PV-Anlagen
- **Unabhängigkeit:** Batterie und PV-Wechselrichter von verschiedenen Herstellern
- **Hohe Flexibilität:** Batterie kann räumlich getrennt sein
- **Systemredundanz:** Bei Ausfall eines Wechselrichters läuft der andere weiter
- **Sehr gute Ersatzstromfähigkeit:** Batterie-Wechselrichter übernimmt Netzbildung

##### Nachteile AC-Kopplung:

- **Höhere Kosten:** Zwei Wechselrichter nötig
- **Geringerer Wirkungsgrad:** 88–92% (mehrfache Umwandlung)
- **Mehr Platzbedarf**
- **Komplexere Installation**

## 3.2 Gängigste DC-gekoppelte Systeme

### (BYD, E3/DC, Senec, Huawei, RCT, Varta, Fenecon, Sungrow, Kostal, SMA)

**Funktionsweise:** Die Batterie wird auf der Gleichstromseite (DC) zwischen PV-Module und Wechselrichter geschaltet. Ein gemeinsamer Hybrid-Wechselrichter versorgt PV und Batterie.

#### Marktübersicht DC-Systeme:

Hersteller	System	Ersatzstrom	Schwarzstartfähig
BYD	Battery-Box HVS/HVM	3-phasig, < 20 ms	Ja (WR-abhängig)
E3/DC	Hauskraftwerk	3-phasig, ms-Bereich	Ja, integriert
Senec	Home V3/V4	1-phasig, < 5 s	Modellabhängig
Huawei	LUNA 2000 + SUN2000	1–3-phasig	Ja (neue Modelle)
RCT Power	Storage DC	3-phasig (WR-abhängig)	Teilweise
Varta	Element/Pulse	1-phasig (meist)	Teilweise
Fenecon	Home 6–30	3-phasig, < 10 ms	Ja, integriert
Sungrow	SBR + SH RT	3-phasig, < 20 ms	Ja
Kostal	PLENTICORE G3 + HV	3-phasig, manuell	Ja (mit BackUp Switch)
SMA	Sunny Boy Storage	1-/3-phasig	Ja (mit Backup Kit)

#### Vorteile DC-Kopplung:

- **Kostengünstiger:** Ein Wechselrichter (15–25% Ersparnis).
- **Höherer Wirkungsgrad:** 92–95%.
- **Kompaktere Bauweise.**
- **Einfachere Systemarchitektur.**
- **Gute Ersatzstromfähigkeit** bei modernen Hybrid-Wechselrichtern.

#### Nachteile DC-Kopplung:

- **Nachrüstung oft nicht möglich** (PV-Wechselrichter muss getauscht werden).
- **Herstellerabhängigkeit:** PV und Speicher müssen kompatibel sein.
- **Räumliche Nähe zwischen PV und Speicher erforderlich.**
- **Single Point of Failure:** Bei Wechselrichterausfall fällt das gesamte System aus.

### 3.3 Bewertung für Ersatzstromnetze

#### Höchste Eignung für vollwertige Ersatzstromnetze:

- **E3/DC Hauskraftwerk:** All-in-One-System mit 3-phasigem Ersatzstrom, ms-Umschaltung, integrierter Schwarzstartfähigkeit – ideal für Vollversorgung.
- **Fenecon Home Serie (6–30 kW):** 3-phasige Not- und Ersatzstromversorgung mit < 10 ms Umschaltung, solare Nachladung, integrierte Schwarzstartfähigkeit, modular 8,8–66 kWh.
- **BYD Battery-Box + Premium-Hybridwechselrichter:** Sehr flexible DC-Lösung mit USV-naher Umschaltzeit (< 20 ms), 3-phasig, modular erweiterbar.
- **sonnenBatterie 10 performance+:** AC-gekoppelt, bis 12 kW Leistung, kontrollierte Schwarzstart-fähigkeit, Full-Backup-Option.

#### Gute Eignung für Basis-/Komfort-Ersatzstrom:

- **Sungrow SBR + SH RT Hybrid:** 3-phasiger Backup-Modus mit < 20 ms Umschaltung, bis ca. 9,9 kW Leistung, solare Nachladung, Schwarzstartfähigkeit.
- **Kostal PLENTICORE G3 + BackUp Switch:** 3-phasige Ersatzstromversorgung, manuelle Umschaltung, solare Nachladung, Schwarzstartfähigkeit, kostengünstige Lösung.
- **SMA Sunny Boy Storage + Backup Kit:** 1-/3-phasige Ersatzstromversorgung durch Phasenkopplung, automatische Umschaltung, bewährte Technik.
- **Huawei LUNA + SUN2000:** Proprietäres System mit gutem Backup, aber Ökosystem-gebunden.
- **RCT Power Storage:** Kompakte Hauslösung mit 3-phasigem Backup bei passender Wechselrichterwahl.
- **Senec, Varta:** Standard 1-phasig, für Grundsicherung ausreichend, optional 3-phasig.

---

## 4. Schwarzstartfähigkeit: Der entscheidende Unterschied

### 4.1 Was ist Schwarzstartfähigkeit?

**Schwarzstartfähigkeit bedeutet:** Das System kann sich ohne externes Netz selbst hochfahren und ein stabiles Inselnetz aufbauen. Das ist entscheidend, wenn die Batterie während eines nächtlichen Stromausfalls leer läuft.

**Ohne Schwarzstartfähigkeit:** Batterie leer → System tot → **bleibt aus**, auch wenn am nächsten Tag die Sonne scheint.

**Mit Schwarzstartfähigkeit:** Batterie leer → System nutzt minimale Restkapazität (5–10%) → **startet PV-Wechselrichter** → **lädt Batterie nach** → Ersatzstrom läuft wieder.

## 4.2 Technische Voraussetzungen

Für zuverlässigen Schwarzstart sind erforderlich:

1. **Energiereserve:** Mindestens 5–10% Batteriekapazität reserviert für Systemstart.
2. **Schwarzstartfähiger Wechselrichter:** Kann ohne externes Netz stabiles AC-Netz aufbauen.
3. **Netzbildung:** Batterie-Wechselrichter (AC-System) oder Hybrid-Wechselrichter (DC-System) gibt Frequenz (50 Hz) und Spannung (230/400 V) vor.
4. **Synchronisation:** Bei AC-Systemen muss der PV-Wechselrichter sich auf die vom Batterie-Wechselrichter vorgegebene Insel synchronisieren.
5. **Inselfähiger PV-Wechselrichter:** Muss im Inselbetrieb arbeiten können.

## 4.3 Kontrollierte Schwarzstartfähigkeit (neueste Generation)

**Weiterentwicklung:** Das System versucht automatisch zu festgelegten Zeiten (z.B. 8:00, 12:00, 16:00 Uhr) einen Neustart, wenn die Batterie nachts leer gelaufen ist.

**Ablauf (Beispiel: sonnenBatterie 10 performance+):**

1. Batterie über Nacht entladen → System in Standby.
2. 8:00 Uhr: 1. von 3 automatischen Schwarzstart-Versuchen mit Restkapazität.
3. Temporäre AC-Insel wird aufgebaut.
4. PV-Wechselrichter fährt hoch.
5. Batterie wird durch Solarstrom nachgeladen.
6. Ersatzstromversorgung vollständig wiederhergestellt.

**Vorteil:** Sie müssen nicht manuell eingreifen. Das System „wacht morgens von selbst auf“.

## 4.4 Systemspezifische Umsetzung

**AC-gekoppelte Systeme:**

Der Batterie-Wechselrichter übernimmt die Master-Funktion und baut die Insel auf. Der PV-Wechselrichter synchronisiert sich darauf. Vorteil: Unabhängige Netzbildung, höhere Zuverlässigkeit.

**DC-gekoppelte Systeme:**

Der Hybrid-Wechselrichter nutzt Batterieenergie für Eigenbedarf und baut das Inselnetz auf. Die PV-Energie fließt direkt auf der DC-Seite ein – keine Synchronisation nötig. Vorteil: Einfachere Architektur.

## 5. Gesetzliche Anforderungen

### 5.1 Relevante Normen im Überblick

Norm	Regelungsinhalt
VDE-AR-N 4105	Netzanschluss von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz: NA-Schutz, Netzfreeschaltung, Blindleistung, Frequenzhaltung.
VDE 0100-710	Anforderungen an Netzersatzanlagen: Trennung von Netz und Notstrom, Umschaltzeiten, Schutzmaßnahmen, Dokumentation.
TAR Niederspannung	Technische Anschlussbedingungen des jeweiligen Netzbetreibers.
DIN VDE 0100-600	Prüfung und Abnahme elektrischer Anlagen.

### 5.2 Anforderungen Notstromfunktion

Für Notstromsysteme (Steckdosenlösung) gelten reduzierte Anforderungen:

1. **Netzfreeschaltung:** Automatische Abschaltung der PV-Einspeisung bei Netzausfall durch NA-Schutz (VDE-AR-N 4105).
2. **Sichere Trennung:** Notstromsteckdose muss vom öffentlichen Netz getrennt sein.
3. **Kennzeichnung:** Klare Beschriftung der Notstromsteckdose.
4. **Schutzmaßnahmen:** FI-Schutzschalter und Leitungsschutz für Notstromkreis.
5. **Meldepflicht:** In der Regel keine separate Meldung beim Netzbetreiber erforderlich.

**Installation:** Kann durch Elektrofachkraft im Rahmen der PV-Installation erfolgen.  
Eigeninstallation nicht zulässig.

### 5.3 Anforderungen Ersatzstromfunktion

Für Ersatzstromsysteme gelten deutlich höhere Anforderungen:

1. **Allpolige Trennung:** Installation einer allpoligen Trennvorrichtung (Netztrennrelais/ Umschaltstation) im Zählerschrank – trennt alle drei Außenleiter und den Neutralleiter.
2. **NA-Schutz:** Netz- und Anlagenschutz mit Freischaltung innerhalb 0,2 s bei Netzausfall.
3. **Selektivität:** Parallelbetrieb mit öffentlichem Netz muss ausgeschlossen sein.
4. **Überspannungsschutz:** Typ-2-Überspannungsableiter für Ersatzstromkreise.
5. **Dokumentation:** Vollständige E-Technik-Dokumentation mit Schaltplänen, Prüfprotokollen.
6. **Abnahme:** Abnahmeprüfung durch Elektrofachkraft nach DIN VDE 0100-600.
7. **Meldung:** Anzeige beim Netzbetreiber über die Ersatzstromfunktion (netzbetreiberabhängig).

**Installation:** Zwingend durch qualifizierten Elektrofachbetrieb. Keine Eigeninstallation zulässig.

## 5.4 Kategorisierung nach Umschaltzeit (VDE 0100-710)

Kategorie	Umschaltzeit	Anwendung
Sicherheitsstromversorgung	< 0,5 s	Notbeleuchtung, Alarmanlagen
Bereitschaftsstromversorgung	< 15 s	Kritische Infrastruktur, Server
Ersatzstromversorgung	> 15 s	Komfortversorgung Haushalt

**Praxis:** Moderne Ersatzstromsysteme schalten in < 1s um und erfüllen damit höhere Anforderungen.

## 6. Ersatzstromfunktion und Werksvertragsrecht

### 6.1 Werkvertrag bei PV-Anlagen

PV-Anlagen mit Speicher werden rechtlich überwiegend als Werkverträge (§§ 631 ff. BGB) eingeordnet, weil ein funktionsfähiger Erfolg geschuldet ist: eine stromerzeugende, ggf. speichernde Gesamtanlage.

#### Maßstab für Mängel (§ 633 Abs. 2 BGB):

- **Vereinbarte Beschaffenheit:** Was wurde vertraglich zugesichert?
- **Gewöhnliche Verwendung:** Eignet sich das Werk für die nach dem Vertrag vorausgesetzte Verwendung?

### 6.2 Warum integrierte Ersatzstromfunktion die werkvertragliche Bewertung erleichtert

Eine vertraglich klar beschriebene Ersatzstromfunktion wirkt auf zwei Ebenen:

#### 1. Klarere Erfolgsbeschreibung

Der geschuldete Erfolg umfasst nicht nur kWh-Erzeugung, sondern explizit:

- Betrieb eines definierten Ersatzstromnetzes (z.B. „ausgewählte Stromkreise Küche, Heizung, WLAN“)
- Umschaltzeit (z.B. „automatisch < 1 Sekunde“)
- Leistung (z.B. „bis 8 kW dreiphasig“)
- Schwarzstartfähigkeit (z.B. „kontrollierter Schwarzstart täglich um 8, 12, 16 Uhr“)

#### 2. Messbare Soll-Ist-Vergleiche

Ob das System funktioniert, lässt sich objektiv prüfen:

- Schaltet es bei Netzausfall um? (Ja/Nein)
- Innerhalb der zugesicherten Zeit? (Messung)
- Werden definierte Lasten versorgt? (Lastprofiltest)
- Funktioniert Schwarzstart? (Funktionstest)

**Resultat:** Die werkvertragliche Erfolgskontrolle wird schärfer und gerichtsfest. Gerichte können Mängel nach § 633 BGB leichter feststellen.

## 6.4 Praxisrelevanz für Besteller und Unternehmer

### Für den Besteller (Kunde):

- **Eindeutige Beschaffensvereinbarung:** Jede Abweichung ist angreifbar (Nacherfüllung, Minderung, Rücktritt, Schadensersatz)
- **Bessere Beweisbarkeit:** Schriftliche Leistungsbeschreibung erleichtert die gerichtliche Feststellung eines Mangels erheblich
- **Abgrenzung zur Notstromoption:** Klare Beschreibung verhindert, dass eine unzureichende „Notstromsteckdose“ geliefert wird, obwohl Ersatzstrom erwartet wurde

### Für den Unternehmer (Installateur/Anbieter):

- **Transparenter Leistungsumfang:** Vermeidet Konflikte wie im Fall LG Frankenthal (Kunde erwartete implizit Netzunabhängigkeit)
- **Eingrenzung der Haftung:** Wenn exakt beschrieben ist, welche Lasten wie lange versorgt werden (z.B. „Kühlgerät und Router für 4 h bei Volllast 3 kW“), können weitergehende Erwartungen abgewehrt werden

## 6.5 Fazit zur werkvertraglichen Bewertung

**Kernaussage:** Eine integrierte, vertraglich klar beschriebene Ersatzstromfunktion macht die PV-Anlage zu einem noch deutlicher erfolgsorientierten Werk und schafft einen klaren, objektiv überprüfbaren Maßstab für Mängelansprüche. Sie trägt damit wesentlich zu einer klareren Bewertung als Werkvertrag bei, ohne dass sie selbst die rechtliche Einordnung exklusiv bestimmt.

**Empfehlung:** Wenn Ersatzstrom gewünscht ist, sollte dies explizit im Vertrag/Angebot stehen mit konkreten technischen Parametern:

- Umschaltzeit (z.B. „< 1 Sekunde automatisch“)
- Versorgte Stromkreise/Leistung (z.B. „8 kW dreiphasig, Versorgung Unterverteilung 1. OG“)
- Schwarzstartfähigkeit (z.B. „kontrollierter Schwarzstart integriert“)
- Autonomiezeit (z.B. „mindestens 6 h bei Volllast 3 kW“)

---

## 7. Dimensionierung: Welche Batteriegröße brauche ich wirklich?

### 7.1 Grundprinzipien

Die optimale Größe hängt ab von:

- Jährlichem Stromverbrauch
- Lastprofil (wann wird Strom verbraucht?)
- Gewünschtem Autarkiegrad
- Verfügbarer Dachfläche
- Budget
- Ersatzstromanforderungen

## 7.2 Faustregeln

### Einfache Faustformel (Praxis):

- Speicherkapazität [kWh]  $\approx 1,0 \times$  PV-Leistung [kWp].

### HTW-Berlin-Empfehlung (wissenschaftlich fundiert):

- Maximale Speicherkapazität  $\leq 1,5 \times$  PV-Leistung [kWp].
- Optimale Speicherkapazität  $\approx (\text{Jahresverbrauch [kWh/a]} / 365) \times 0,6$ .

### Begründung:

Ein zu großer Speicher wird nicht täglich vollständig genutzt

→ schlechtere Wirtschaftlichkeit und schnellere Alterung.

## 7.3 Dimensionierungsbeispiele für Haushalte

### Szenario 1: Kleiner Haushalt (1–2 Personen)

Jahresverbrauch	2.500 kWh/a
Empfohlene PV-Leistung	5 kWp
Empfohlene Speicherkapazität	4–5 kWh
Autarkiegrad	60–70%
Investition (gesamt)	9.000–13.000 €
Notstromdauer ( <b>Basis: 500W</b> )	8-10 h

**Empfehlung:** 5 kWp PV + 5 kWh Speicher + Notstromfunktion. Reicht für Basisabsicherung über Nacht.

### Szenario 2: Durchschnittshaushalt (3–4 Personen)

Jahresverbrauch	3500–4500 kWh/a
Empfohlene PV-Leistung	10 kWp
Empfohlene Speicherkapazität	8–10 kWh
Autarkiegrad	65–75%
Investition (gesamt)	16.000–20.000 €
Notstromdauer ( <b>Basis 1 kW</b> )	8-10 h
Ersatzstromdauer ( <b>Komfort 2 kW</b> )	4-5 h

**Empfehlung:** 10 kWp PV + 10 kWh Speicher – die meistinstallierte und wirtschaftlichste Kombination. Notstrom ausreichend, Ersatzstrom optional sinnvoll.

### Szenario 3: Großer Haushalt mit Wärmepumpe/E-Auto (5+ Personen)

<b>Jahresverbrauch</b>	<b>7.500–10.000 kWh/a</b>
Empfohlene PV-Leistung	15–20 kWp
Empfohlene Speicherkapazität	15–20 kWh
Autarkiegrad	70–80% mit WP: 45-55%
Investition (gesamt)	30.000–40.000 €
Notstromdauer ( <b>Basis 2 kW</b> )	7-10 h
Ersatzstromdauer ( <b>Vollast 5-10 kW</b> )	2-4 h

**Empfehlung:** 20 kWp PV + 15–20 kWh Speicher + Ersatzstromfunktion mit mindestens 10 kW Leistung (für Wärmepumpe und Wallbox). Schwarzstartfähigkeit zwingend.

### 7.4 Speichergrößen-Bewertung

Kriterium	5 kWh	10 kWh	20 kWh
Zielgruppe	1–2 Pers.	3–4 Pers.	5+ Pers., WP, E-Auto
Spez. Kosten (Material)	350-700 €/kWh	400–700 €/kWh	400-700€/kWh
Autarkiegrad	60–70%	65–75%	70–80%
Wirtschaftlichkeit	Akzeptabel	Sehr gut	Längere Amortisation
Notstromdauer	6-10 h	6-10 h	> 24 h
Optimales PV-Verhältnis	5 kWp	10 kWp	15–20 kWp

**Fazit:** 10 kWh Speicher mit 10 kWp PV bietet das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis für durchschnittliche Haushalte.

### 7.5 Leistungsanforderungen für Ersatzstrombetrieb

Versorgungsumfang	Leistung	Typische Verbraucher
Basisversorgung	0,5–2 kW	Kühlschrank, Licht, Router, TV
Komfortversorgung	2–3 kW	+ Waschmaschine, PC, Mikrowelle
Erweiterte Versorgung	4–7 kW	+ Herd, Backofen
Vollversorgung	8–11 kW	+ Wärmepumpe, Wallbox E-Auto

**Kritisch:** Viele Speicher im Bereich 5–10 kWh bieten nur 3–5 kW Entladeleistung. Für Wärmepumpen und E-Autos (Ladesäule: 11kW) ist wesentlich mehr erforderlich (WP-Heizstab: meist 9kW).

## 8. Wirtschaftlichkeit und Amortisation

### 8.1 Investitionskosten (Stand 2026)

Komponente	Spezifische Kosten	Beispiel 10 kWp / 10 kWh
PV-Anlage 10 kWp	1.200–1.400 €/kWp	12.000–14.000 €
Batteriespeicher 10 kWh	350–700 €/kWh	3.500–6.000 €
Notstromfunktion	–	+500–1.000 €
Ersatzstromfunktion	–	+2.500–4.000 €
Gesamt (Notstrom)	–	16.000–21.000 €
Gesamt (Ersatzstrom)	–	18.000–24.000 €

### 8.2 Amortisationsrechnung (Beispiel 10 kWp + 10 kWh)

#### Annahmen:

- Investition: 16.000–21.000 € (mit Notstrom).
- Jahresverbrauch: 3.500 kWh/a.
- Strombezugspreis: 0,35 €/kWh.
- Einspeisevergütung: 0,08 €/kWh.
- Autarkiegrad: 75% (2.625 kWh selbst verbraucht).
- PV-Ertrag: 10.000 kWh/a (1.000 kWh/kWp).

#### Einsparungen pro Jahr:

- Eingesparter Netzbezug: 2.625 kWh × 0,35 €/kWh = 919 €.
- Einspeisevergütung: 6.850 kWh × 0,08 €/kWh = 590 €.
- Gesamtersparnis: 1.508 € pro Jahr.

**Amortisationszeit (vereinfachte Rechnung):** 16.000–21.000 € ÷ 1.508 €/a = ca. 10,6–14 Jahre.

**Lebensdauer:** PV-Module 25+ Jahre, Batterie 10–15 Jahre (6.000–10.000 Vollzyklen bei LiFePO<sub>4</sub>).

**Fazit:** Wirtschaftlich steigt noch bei steigenden Strompreisen. Batterieaustausch nach 10–15 Jahren einplanen (Kosten bis dahin voraussichtlich deutlich niedriger).

#### Zusätzliche Bewertung Ersatzstromfunktion nach Haushaltstyp:

- **3.500 kWh-Haushalt:** Die Mehrkosten der Ersatzstromfunktion (2.500–5.000 €) sind bei sehr kurzer mittlerer Ausfallzeit meist wirtschaftlich nicht zwingend. Notstrom reicht häufig; Ersatzstrom ist Komfort-/Sicherheitsentscheidung.
- **8.000 kWh-Haushalt mit monoenergetischer Monoblock-Wärmepumpe:** Die Ersatzstromfunktion kann sich als „versicherungsgleiche“ Investition gegen Frostschäden und kompletten Heizungsausfall wirtschaftlich lohnen, insbesondere in Frostregionen und exponierten Lagen.

## 9. Praktische Entscheidungshilfe: Pro-Contra-Tabellen

### 9.1 Notstrom vs. Ersatzstrom

Kriterium	Notstrom	Ersatzstrom
Investition	+ Niedrig	– Hoch
Installation	+ Einfach	– Komplex
Komfort	– Umstecken	+ Automatisch
Versorgungsumfang	– 1 Steckdose	+ Mehrere Kreise
PV-Nachladung	– Meist nein	+ Ja
Dauer bei Langausfall	– Stunden	+ Unbegrenzt (bei Sonne)
Zuverlässigkeit	+ Einfach	○ Komplex
Genehmigung	+ Meist nicht	○ Meldung

### 9.2 AC-Kopplung vs. DC-Kopplung

Kriterium	AC-Kopplung	DC-Kopplung
Kosten	– Höher	+ Niedriger
Wirkungsgrad	– 88–92%	+ 92–95%
Nachrüstbarkeit	+ Sehr gut	– Nur Neubau
Flexibilität	+ Herstellerfrei	– Abhängig
Ersatzstromfähigkeit	+ Sehr gut	+ Gut
Redundanz	+ 2 Wechselrichter	– 1 Wechselrichter
Platzbedarf	– Größer	+ Kompakt
Installation	– Komplex	+ Einfach

## 10. Entscheidungsscheckliste: Welches System passt zu mir?

### 10.1 Checkliste zur Systemwahl

#### Schritt 1: Bestandsanlage oder Neuanlage?

- Bestandsanlage vorhanden → AC-Kopplung (Nachrüstung möglich).
- Neuanlage geplant → DC-Kopplung oder AC-Kopplung (beide möglich).

#### Schritt 2: Wie hoch ist Ihr Jahresverbrauch?

- < 3.000 kWh/a → 5 kWp PV + 5 kWh Speicher.
- 3.000–5.000 kWh/a → 10 kWp PV + 10 kWh Speicher (Standard).
- 7.000 kWh/a oder Wärmepumpe/E-Auto → 15–20 kWp PV + 15–20 kWh Speicher.

#### Schritt 3: Wie wichtig ist Notstromversorgung?

- Unwichtig/selten Netzausfälle → Kein Notstrom (Kostensparnis).
- Basisabsicherung gewünscht (Kühlschrank, Licht) → Notstromfunktion (+500–1.500 €).
- Vollversorgung bei Ausfällen → Ersatzstromfunktion (+2.500–5.000 €).
- Kritische Verbraucher (medizinische Geräte, Homeoffice) → Ersatzstromfunktion zwingend.

#### Schritt 4: Welche Leistung brauchen Sie im Notfall?

- 1–3 kW (Kühlschrank, Router, Licht) → Notstrom ausreichend.
- 3–5 kW (+ Waschmaschine, PC) → Ersatzstrom Basis.
- 5–8 kW (+ Herd, Backofen) → Ersatzstrom erweitert.
- 10 kW (+ Wärmepumpe, Wallbox) → Ersatzstrom Vollversorgung, 3-phasig.

#### Schritt 5: Schwarzstartfähigkeit wichtig?

- Ja → Auf kontrollierte Schwarzstartfähigkeit achten (z.B. sonnenBatterie 10 performance+), E3/DC, BYD mit geeignetem Wechselrichter, Fronius, Fenecon, moderne Hybrid-Systeme).
- Nein/Unklar → Standard-Ersatzstrom (nur ausgewählte Hausstromkreise) ausreichend.

#### Schritt 6: Budget und Prioritäten

- Priorität Wirtschaftlichkeit → 10 kWp DC + 10 kWh + Notstrom (ca. 18.000 €).
- Priorität Autarkie → 15–20 kWp AC + 15–20 kWh + Ersatzstrom (ca. 35.000 €).
- Priorität Flexibilität → AC-Kopplung (Erweiterbarkeit).
- Begrenztes Budget → 5 kWp DC + 5 kWh + Notstrom (ca. 12.000 €).

## 10.2 Empfehlungsmatrix

Ihre Situation	Empfohlene Konfiguration
Bestandsanlage, Nachrüstung Speicher	AC-Kopplung, 10 kWh, Notstrom
Neuanlage, Standardhaushalt 3–4 Pers.	DC-Kopplung, 10 kWp + 10 kWh, Notstrom
Neuanlage mit Wärmepumpe/E-Auto	AC-Kopplung, 20 kWp + 15–20 kWh, Ersatzstrom 10 kW, Schwarzstart
Homeoffice, kritische Verbraucher	AC-Kopplung, 15 kWp + 15 kWh, Ersatzstrom Full Backup, kontrollierter Schwarzstart
Maximale Autarkie gewünscht	AC / DC, 20 kWp + 20 kWh, Ersatzstrom, Schwarzstart
Begrenztes Budget, Basisversorgung	DC-Kopplung, 5 kWp + 5 kWh, Notstrom

## 11. Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

### 11.1 Kernaussagen dieser Studie

1. **Notstrom** ist ausreichend für die Mehrheit: Für etwa 80% der Haushalte reicht eine einfache Notstromfunktion zur Überbrückung kurzer Ausfälle (< 6 h), insbesondere bei Verbräuchen um 2.500–4.000 kWh/a (nur Haushaltsstrom).
2. **Ersatzstrom** lohnt sich bei spezifischen Anforderungen: Wärmepumpen, E-Autos, Homeoffice, medizinische Geräte oder Regionen mit häufigen Ausfällen bzw. hohen Frost- und Schadensrisiken.
3. 10 kWp + 10 kWh ist der Standard: Beste Wirtschaftlichkeit für durchschnittliche Haushalte (3.500–5.000 kWh/a).
4. **AC-Kopplung** für Nachrüstung und Flexibilität: Beste Wahl bei Bestandsanlagen, hohen Unabhängigkeits- und Verfügbarkeitsanforderungen, insbesondere wenn eine hohe Ersatzstromleistung für Wärmepumpe benötigt wird.
5. **DC-Kopplung** für Neuanlagen und Wirtschaftlichkeit: 25–50% Kostenersparnis, höherer Wirkungsgrad; insbesondere bei großen Neuanlagen mit 8.000 kWh/a und Wärmepumpe eine gute Balance aus Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit.
6. **Schwarzstartfähigkeit** ist essentiell bei Ersatzstrom: Ermöglicht PV-Nachladung nach nächtlicher Entladung und erhöht die Resilienz gegenüber längeren Ausfällen.
7. **Vertraglich klar genannte Ersatzstromfunktion erleichtert werkvertragliche Bewertung:** Objektiv überprüfbare Parameter (Umschaltzeit, Leistung, Schwarzstart, versorgte Stromkreise) schaffen einen klaren Maßstab für Mängelansprüche.

## 11.2 Praktische Handlungsschritte

### 1. Bedarfsanalyse durchführen:

- Jahresverbrauch ermitteln (Stromrechnungen der letzten 12 Monate).
- Lastprofil verstehen (wann wird viel Strom verbraucht?).
- Kritische Verbraucher identifizieren  
(Was muss im Notfall laufen? Heizung, IT, medizinische Geräte etc.).

### 2. Systemauswahl treffen:

- Bestandsanlage → AC-Kopplung.
- Neuanlage → DC-Kopplung (wirtschaftlich) oder AC-Kopplung (flexibel, hohe Ersatzstromleistung).
- Notstrom oder Ersatzstrom → Checkliste in Abschnitt 10 nutzen.

### 3. Angebote einholen (mindestens 3 Anbieter):

- Detaillierte Leistungsbeschreibung verlangen.
- Bei Ersatzstrom: Umschaltzeit, Leistung, versorgte Stromkreise, Schwarzstartfähigkeit explizit schriftlich zusichern lassen.
- Komponenten spezifizieren lassen (Hersteller, Modell, technische Daten).
- Garantiebedingungen prüfen  
(PV-Module 25 Jahre, Wechselrichter 10–15 Jahre, Batterie 10 Jahre).

### 4. Vertragliche Absicherung:

- Werkvertrag mit klarer Erfolgsbeschreibung abschließen.
- Bei Ersatzstrom: Funktionstest bei Abnahme vereinbaren (simulierter Netzausfall).
- Gewährleistungsfristen dokumentieren (gesetzlich 5 Jahre bei Werkverträgen).

### 5. Installation und Abnahme:

- Nur durch zertifizierten Elektrofachbetrieb.
- Abnahmeprotokoll nach DIN VDE 0100-600.
- Bei Ersatzstrom: Funktionstest durchführen und dokumentieren.
- Einweisung in Bedienung und Notfallverhalten.

### 6. Betrieb und Wartung:

- Jährliche Sichtprüfung durch Betreiber.
- Alle 4-5 Jahre Wartung durch Fachbetrieb (bei Ersatzstrom: alle 2 Jahre).
- Software-Updates einspielen.
- Monitoring-System nutzen (Erkennung von Problemen).

#### Zusatzpunkt: Ersatzstrom-Wirtschaftlichkeit nach Haushaltstyp bewerten

- **3.500 kWh-Haushalt:** Ersatzstrom vor allem Komfort- und Sicherheitsfeature; wirtschaftlich meist nicht zwingend, Notstrom reicht in vielen Fällen.
- **8.000 kWh-Haushalt mit monoenergetischer Monoblock-Wärmepumpe:** Ersatzstromfunktion als „versicherungsgleiche“ Investition gegen Frostschäden und Heizungtotalausfall bewerten, insbesondere in Frostregionen.

## 11.3 Typische Fehler vermeiden

- **Zu kleiner Speicher:** 5 kWh bei 5.000 kWh/a Verbrauch → unzureichende Autarkie.
- **Zu großer Speicher:** 20 kWh bei 3.000 kWh/a Verbrauch → schlechte Wirtschaftlichkeit.
- **Ersatzstrom ohne klare Leistungsbeschreibung:**  
„Mit Notstrom“ im Angebot reicht nicht – konkrete Parameter fordern.
- **DC-Kopplung bei Bestandsanlage:** existierender PV-Wechselrichter muss entsorgt werden.
- **Fehlende Schwarzstartfähigkeit bei Ersatzstrom:** System wird nach nächtlicher Entladung nicht automatisch reaktiviert.
- **Geringe Leistung bei Ersatzstrom:** 3 kW Batterieleistung reicht u.U. nicht mehr für Wärmepumpe (benötigt 4-5 kW, 9kW mit Heizstab).

## 12. Ausblick: Zukunftsentwicklungen

### Erwartete Trends bis 2030:

- **Preisreduktion:** Weitere 20–30% Kostenreduktion bei Batteriespeichern.
- **Leistungssteigerung:** Standard-Entladeleistung 10–15 kW (heute 3–7 (10) kW).
- **Integration von Vehicle-to-Home (V2H):** E-Autos als zus. Speicher (bidirektionales Laden).
- **Ersatzstrom wird Standard:** Integrierte Ersatzstromfunktion ohne hohen Aufpreis.
- **Kontrollierte Schwarzstartfähigkeit:** Wird zum Standardfeature bei allen Systemen.
- **Regulatorische Anforderungen:** Mögliche Pflicht zur Netzstabilisierung (Redispatch-Fähigkeit für Heimspeicher).

## 13. Checkliste für die Anbietersauswahl

### 13.1 Prüfkriterien für Angebote

#### Technische Spezifikation:

- PV-Leistung (kWp) und Modulanzahl angegeben.
- Batteriekapazität (nutzbar, kWh) und Hersteller/Modell spezifiziert.
- Wechselrichter-Typ (String, Hybrid, Mikro) und Leistung genannt.
- AC- oder DC-Kopplung klar beschrieben.
- Notstrom-/Ersatzstromfunktion eindeutig definiert.
- Bei Ersatzstrom: Umschaltzeit, Leistung, versorgte Stromkreise konkret benannt.
- Schwarzstartfähigkeit vorhanden? (Ja/Nein/Optional).

#### Wirtschaftliche Aspekte:

- Gesamtpreis inkl. Montage, Inbetriebnahme, Netzanmeldung.
- Garantielaufzeiten (PV-Module, Wechselrichter, Batterie).
- Amortisationsrechnung mit realistischen Annahmen.
- Wartungskosten transparent dargestellt.

#### Rechtliche Absicherung:

- Werkvertrag mit klarer Erfolgsbeschreibung.
- Gewährleistungsfrist 5 Jahre (gesetzlich bei Werkvertrag).
- Bei Ersatzstrom: Funktionstest bei Abnahme vereinbart.
- Versicherungsschutz während Montage.

## Anbieterqualifikation:

- Eingetragener Elektrofachbetrieb.
- Zertifizierung/Schulung Hersteller (z.B. sonnen, BYD, E3/DC, Fenecon, Sungrow, Kostal, SMA).
- Referenzprojekte vorhanden.
- Erreichbarkeit im Störfall geklärt.

## 13.2 Musterfragen für Beratungsgespräch

1. Wie lange dauert die Umschaltung bei Netzausfall konkret? (< 1 s, < 5 s, manuell).
2. Welche Stromkreise werden im Ersatzstrombetrieb versorgt? (konkret benennen lassen).
3. Kann die PV-Anlage im Ersatzstrombetrieb nachladen? (Ja/Nein).
4. Ist Schwarzstartfähigkeit integriert? (Ja/Nein, ggf. kontrolliert).
5. Was passiert, wenn die Batterie nachts leerläuft? (Schwarzstart-Szenario durchspielen).
6. Welche Leistung steht im Ersatzstrombetrieb zur Verfügung? (kW-Angabe, 1-/3-phasig).
7. Wie wird die Funktionsfähigkeit bei Abnahme getestet? (Funktionstest vereinbaren).
8. Welche Garantien gelten für Batterie und Wechselrichter? (Jahre, Zyklen, Kapazitätsgarantie).
9. Ist das System erweiterbar? (Speicher, PV, künftig V2H).
10. Welche Wartungen sind erforderlich und was kosten diese?

---

## 14. Fazit

### Notstrom oder Ersatzstrom? Die Antwort lautet: Es kommt darauf an.

Für die Mehrheit der Haushalte ist eine 10 kWp PV-Anlage mit 10 kWh DC-gekoppeltem Speicher und **Notstromfunktion** die wirtschaftlichste und ausreichende Lösung.

Die Investition von ca. 500-1.000 € amortisiert sich u.U. in wenigen Jahren.

### Ersatzstrom lohnt sich für Haushalte mit:

- Wärmepumpen und Elektroautos (hohe Leistungsanforderung).
- Homeoffice oder medizinischen Geräten (Versorgungssicherheit kritisch).
- Häufigen Netzausfällen in der Region oder erhöhtem Extremwetterrisiko.
- Hohem Sicherheitsbedürfnis und Budget für Mehrkosten (+2.500–4.000 €).

Die Schwarzstartfähigkeit ist bei Ersatzstromsystemen essentiell und sollte als kontrollierte Schwarzstartfähigkeit (automatische Neustart-Versuche) ausgeführt sein.

Werksvertraglich sollte die Ersatzstromfunktion mit konkreten, messbaren Parametern im Vertrag beschrieben sein (Umschaltzeit, Leistung, versorgte Stromkreise, Schwarzstart). Dies erleichtert die Durchsetzung von Mängelansprüchen erheblich und schafft Rechtssicherheit für beide Seiten.

AC- oder DC-Kopplung? Bei Nachrüstung AC, bei Neuanlagen DC (wirtschaftlicher) oder AC (flexibler). Für höchste Versorgungssicherheit (kritische Anwendungen) ist AC-Kopplung mit ihrer Systemredundanz oft vorzuziehen.

Die Entscheidung sollte auf Basis einer ehrlichen Bedarfsanalyse getroffen werden: Wie wahrscheinlich sind längere Stromausfälle in meiner Region? Welche Verbraucher sind kritisch? Was sagt mein Budget?

**Mit dieser Studie haben Sie nun alle Informationen, um eine fundierte, auf Ihre Situation zugeschnittene Entscheidung zu treffen.**