



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

プラグインソーラー

誰もが設置できる太陽光発電の新しい形

2026年3月





自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

執筆担当者

カロリン・イプトナー 自然エネルギー財団 上級研究員

免責事項

本報告書に記載した情報の正確性については万全を期しておりますが、自然エネルギー財団は本報告書の情報の利用によって利用者等に何らかの損害が発生したとしても、かかる損害については一切の責任を負うものではありません。

公益財団法人 自然エネルギー財団とは

自然エネルギー財団は、東日本大震災および福島第一原子力発電所の事故を受けて、2011年8月に設立されました。自然エネルギーを基盤とした安全・安心な社会を構築すること、気候危機を回避する持続可能なエネルギーシステムと経済を実現することを目的として活動しています。

英語版

Plug-in PV: How Germany made solar accessible to all

Copyright © 2025 Renewable Energy Institute

目次

主要な知見.....	1
1. はじめに：小さなシステムがもたらす大きな影響.....	2
2. 規制枠組みと市場動向.....	5
2.1 ドイツにおけるプラグインソーラーの導入経緯と現行の規制枠組み.....	5
2.2 ドイツにおけるプラグインソーラーの市場動向.....	10
2.3 コストと回収期間.....	13
2.4 プラグインソーラーの利点.....	15
3. 集合住宅におけるプラグインソーラー.....	18
4. 安全性およびシステム適合性の確保.....	24
4.1 感電防止.....	25
4.2 家庭内回路の保護（回路過負荷）.....	27
4.3 単独運転防止（系統保護）.....	30
4.4 構造および機械的安全性.....	31
5. おわりに.....	33
付録	
付録 A：ドイツの家庭用電気システム.....	35
付録 B：プラグインソーラー専用製品規格 DIN VDE V 0126-95（2025 年 12 月）の概要.....	38
付録 C：市場マスターデータ登録簿（MaStR）へのオンライン登録.....	43
参考文献.....	45

図一覧

図 1：プラグインソーラーの基本構造と動作原理.....	2
図 2：ドイツにおける集合住宅のバルコニーへのプラグインソーラーの設置例	3
図 3：ドイツにおけるプラグインソーラーの規制の進展（4 段階プロセス）	5
図 4：系統運用者による簡素化された登録手続きの拡大（2019～2022 年.....	6
図 5：登録されたプラグインソーラー製品数と累積容量（2020～2025 年）	10
図 6：各年における平均登録 DC 容量（モジュール）および AC 出力（インバーター）	11
図 7：セグメント別の年間 PV 導入容量（AC、2023～2025 年）	11
図 8： a) 標準的な結晶系モジュール、 b) フレキシブル系モジュール（いずれもシリコン） .	13
図 9：プラグインソーラー購入の主な動機	16
図 10：プラグインソーラーの保有割合（全体・戸建住宅・集合住宅別）	18
図 11：ドイツの大規模集合住宅に設置されたプラグインソーラー	19
図 12：ドイツ・ベルリンの Möckernkiez に設置されたプラグインソーラー	20
図 13：ドイツ・エアフルトのプラグインソーラー実証プロジェクト	22
図 14：ドイツ・ゼメルダのプラグインソーラー実証プロジェクト	22
図 15：ドイツ・ゲーラのプラグインソーラー実証プロジェクト	23
図 16： a-b) 専用コンセント／プラグの例と c) 一般家庭用 Schuko コンセント／プラグ.....	26
図 17：回路過負荷シナリオの模式図.....	27
図 18：老朽住宅配線および最悪条件における過負荷試験	29
図 19：ドイツにおける（a）風荷重区域および（b）積雪荷重区域の地図。	32
図 20：ドイツの 400/230 V 三相システム（TN-C-S）の簡略図	35
図 21：保護接地接点を備えたドイツのコンセントおよび Schuko プラグ（Type F）	36
図 22：プラグインソーラー設備に関連する主なドイツ規格の枠組み.....	38
図 23：モジュール容量がインバーター最大出力（800 W _{AC} ）の継続時間に与える影響の模式図	40
図 24：プラグピン上の可動式カバーによる追加の感電防止	41
図 25：利用者が登録しやすいように簡易アイコンを用いた MaStR の登録画面.....	43

表一覧

表 1：プラグインソーラーに関する現行規制の概要	9
--------------------------------	---

主要な知見

1. プラグインソーラーは、他の太陽光発電設備と明確に区別されたことにより成功した

ドイツでは、プラグインソーラーは段階的に認識され、独立した小規模発電カテゴリー（800W_{AC}未満）として確立された。これらの機器を従来型の太陽光発電設備と区別することにより、規制当局は法的な曖昧さを軽減し、設置・接続・登録に関する簡素化されたルールを整備した。このような規制上の明確化が、市場成長の基盤を築いた。

2. 普及の主な促進要因は行政手続きの簡素化であった

プラグインソーラーの導入は、手続きが簡素化された後に加速した。

- 系統運用者への事前通知が不要
- 複雑な許認可手続きが不要
- オンラインのみの登録
- 標準的な家庭用プラグの使用を許可
- 自己設置を許可

プラグインソーラーを低リスクの消費者向け製品として位置づけることにより、ドイツは家庭にとっての参入障壁を大幅に引き下げた。

3. 安全性は技術基準によって確保された

安全上の懸念を理由に導入を制限するのではなく、ドイツはプラグインソーラーを既存の技術的枠組みに統合した。

- 単独運転防止機能およびインバーターの安全要件の義務化
- 漏電遮断器（RCD）および家庭内の保護装置との適合性
- 明確な出力上限

2025年の製品規格は、電氣的・機械的・構造的な安全要件を明確化し、責任を明確に製造者へと移した。

4. 持ち家世帯を超えた太陽光アクセスの拡大

2024年の法改正により、プラグインソーラーの設置は「優遇措置」として位置づけられた。貸主は、正当な理由がない限り、設置を拒否できなくなった。これにより、賃借人の利用可能性が大幅に高まり、集合住宅への設置可能性が開かれたことは、拡大における決定的な要因であった。バルコニーや外壁への設置を可能にすることで、プラグインソーラーは従来の屋根設置型システムを超えて利用可能な太陽光ポテンシャルを拡大し、全国的な分散型家庭発電の可能性を高めている。

5. エネルギー面よりも社会的側面でより広範な影響をもたらした

プラグインソーラーの総発電量に占める割合は限定的であるが、その制度的意義は次の点にある。

- 賃借人および集合住宅居住者の利用を可能にすること
- 自然エネルギーに対する社会的受容性を高めること
- 家庭レベルでのエネルギー意識を強化し、エネルギー自立性を高めること
- さらなる太陽光発電導入への入口技術として機能すること

プラグインソーラーは単なる技術機器ではなく、エネルギー転換への参加を広げるための仕組みである。

1. はじめに：小さなシステムがもたらす大きな影響

エネルギー転換は、しばしば大きなスケールで議論される。すなわち、ギガワット単位の設備容量、国家レベルの目標、あるいは数百億円単位の費用を要する大規模インフラプロジェクトなどである。これらが重要であることは言うまでもない。しかし、それだけではすべてを捉えることはできない。エネルギー転換の成功は、誰がそれに参加できるのかにも依存しており、まさにこの点においてプラグインソーラーが重要な役割を果たす。

つい最近まで、太陽光発電を設置できるのは、大規模プロジェクトの事業者、耕作放棄地を活用した開発、あるいは設置に適した屋根を持つ住宅の所有者にほぼ限定されていた。賃貸住宅や集合住宅に住む何百万もの人々にとって、太陽光発電に直接参加することは、事実上手の届かないものであった。プラグインソーラーは、まさにこのギャップを埋めるものである。プラグインソーラーは、屋根設置型システムやメガソーラに取って代わるものではない。むしろ、それらを補完するものであり、幅広い人々が低いハードルで参加できる仕組みを提供する。プラグインソーラーは、一般の家庭が最小限の費用、労力、そして行政手続きでエネルギー転換に参加することを可能にする。このため、プラグインソーラーの重要性は個々のシステムの規模そのものよりも、むしろその制度的・社会的な影響にある。すなわち、導入の障壁を下げ、太陽光発電に対する社会的受容性を高め、エネルギー転換を日常生活の中へと取り込むことである。

プラグインソーラーとは何か

プラグインソーラーとは、主に自家消費を目的として設計された、非常に小規模な太陽光発電システムを指す。一般的には、インバーター出力がおよそ 600~800W 程度のシステムである。標準的なシステムは、通常次の要素から構成される。

- 1~4 枚の太陽光パネル
- 簡易な設置装置（例えばバルコニーの手すり用の取り付けシステム）
- 直流電力を交流電力に変換し、安全機能を備えたマイクロインバーター
- プラグ付きのケーブル

図 1：プラグインソーラーの基本構造と動作原理



出典：自然エネルギー財団作成及び撮影。

プラグインソーラーの最大の特徴は、そのシンプルさにある。建物の電気配線に恒久的に接続するのではなく、家庭用コンセントに直接接続して使用する。コンセントに接続すると、太陽光パネルによって発電された電力は家庭内の家電製品によって直ちに消費され、電力系統からの電力購入を減らすことができる。

このようなシンプルな設計のため、プラグインソーラーは次のような特徴を持つ、

- 大規模な工事を必要としない、
- 多くの場合、利用者自身が設置できる、
- 引っ越しの際には取り外して持っていくことができる。

なぜ小規模なシステムでも大きな影響を持つのか

純粹に技術的な観点から見ると、プラグインソーラーは小規模なシステムである。理想的な条件下であっても、単一のシステムが家庭の電力需要の一部しか賄えない。しかし、出力のみに注目すると、そのより広い意義を見落としてしまう。

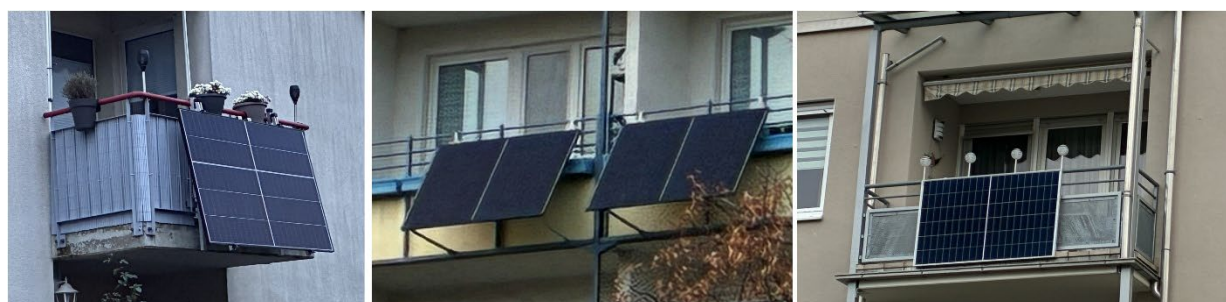
第一に、プラグインソーラーは、電力が消費されるまさにその場所で分散型発電を可能にする。電力は地域で発電され、地域で消費されるため、送電損失を減らし、需要が高い時間帯には配電網への負荷を緩和する。

第二に、プラグインソーラーには行動面での効果がある。自らの電力をわずかでも生産する家庭は、電力消費のパターンに対してより意識的になる傾向がある。これは次のような変化につながり得る。

- 電力消費に対する理解（エネルギー・リテラシー）の向上
- 日中時間帯への電力使用のシフト
- 将来的なエネルギー効率向上やより大規模な太陽光発電システムへの関心の高まり

第三に、プラグインソーラーはエネルギー転換の「民主化」において重要な役割を果たしている。費用面、技術面、制度面のハードルを下げることで、所得水準や住宅形態にかかわらず、多様な人々がエネルギー転換に参加できるようになる。ドイツなどでは、プラグインソーラーは単なる発電容量の拡大手段というよりも、自然エネルギーに対する理解と市民参加を広げる「社会的イノベーション」として位置づけられている。

図 2：ドイツにおける集合住宅のバルコニーへのプラグインソーラーの設置例



出典：自然エネルギー財団撮影。

さらに、近年のエネルギー危機は、中央集権的なエネルギーシステムの脆弱性と、エネルギーのレジリエンスの重要性を浮き彫りにした。電力価格の上昇、地政学的リスク、そして気候目標の存在により、次のような特徴を持つ解決策への関心が高まっている。

- 手頃な価格であること
- 迅速に導入できること
- 長い計画プロセスを必要とせず拡張可能であること

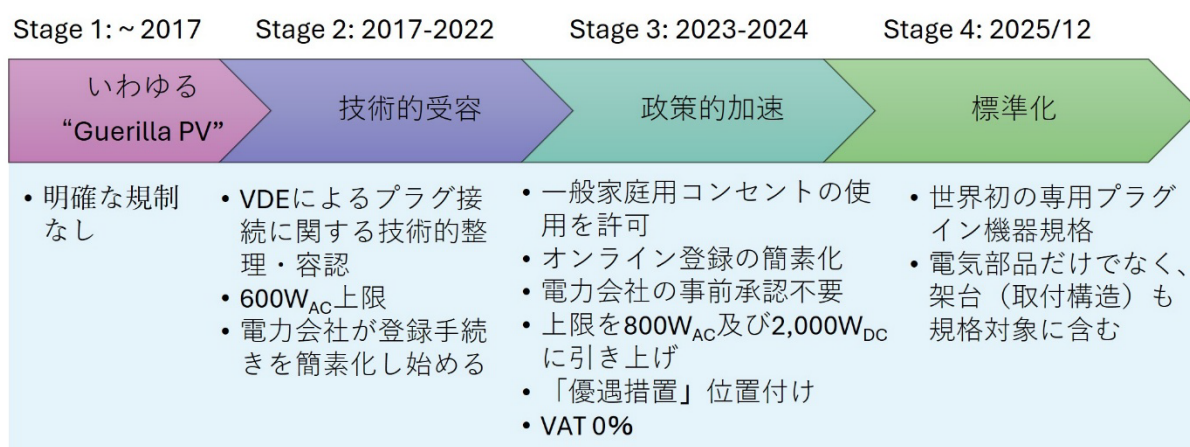
プラグインソーラーは、このような文脈によく適合する。システムは既製品として購入することができ、数時間以内に設置でき、すぐに電気料金の削減を始めることができる。各家庭における経済的な節約額は大きくはないものの、具体的で目に見えるものであり、それがさらに社会的受容性の向上に寄与している。

2. 規制枠組みと市場動向

2.1 ドイツにおけるプラグインソーラーの導入経緯と現行の規制枠組み

ドイツにおけるプラグインソーラーの急拡大は、段階的な規制の明確化、的を絞った政策改革、そして強い市場ダイナミクスが相まって、かつての「グレーゾーン技術」を主流の消費者向け製品へと変えた結果である。ドイツにおけるプラグインソーラーの規制の変遷は、図3に示すように、段階的な4つのステージからなるプロセスとして理解できる。

図3：ドイツにおけるプラグインソーラーの規制の進展（4段階プロセス）



出典：自然エネルギー財団作成。

ステージ1：いわゆる「ゲリラ PV」（2017年頃まで）

プラグイン型の太陽光発電システムは、政府によって支援された政策手段として始まったものではない。むしろ、市民社会から生まれたものであった。2017年頃まで、プラグインソーラーは一般に「グレーゾーン」と呼ばれる状況にあり、これらのシステムはしばしば「ゲリラ PV」と呼ばれていた。初期の導入者は、気候保護、エネルギー自立、そして技術への関心を動機として、小型のバルコニー太陽光発電システムを設置した。しかし当時は、このような機器のための専用の規制カテゴリーは存在せず、法的枠組みも標準的な家庭用コンセントを介した使用を認めていなかった。それでも需要は徐々に増加し、プラグインソーラーの安全性や正当性をめぐる社会的議論が活発化した。

ステージ2：技術的受容（2017～2022年）

最初の転機は2017年に訪れた。ドイツの電気技術標準化機関であるVDEが、小規模発電設備を家庭内回路に接続できる技術的条件を明確化する意向を示したのである。この明確化は、

ⁱ この呼称は、「ゲリラ」という比喩（分散的でボトムアップ型の抵抗）に由来しており、初期のプラグインソーラーの設置が既存の電力事業者に対する市民的対抗の一形態として捉えられていたことを示している。

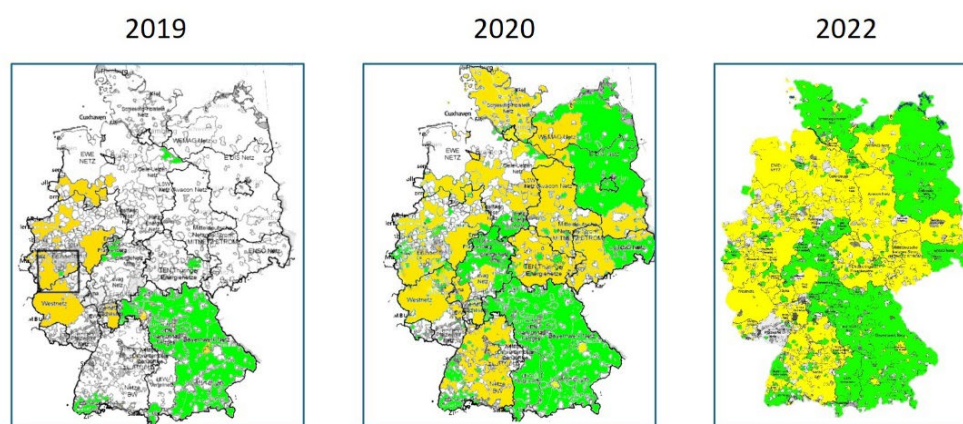
2018年に2つの重要な規格が公表されたことで具体化した。すなわち、低圧設備への発電装置の接続を扱うDIN VDE V 0100-551-1 (2018/05)ⁱと、低圧レベルでの発電設備の系統接続および単独運転防止の技術要件を定めるVDE-AR-N 4105 (2018/11)^{ii,2,3}である。

これらの規格は、小規模なプラグインソーラーシステムが安全に運用できる正式な技術枠組みを整備した。この段階では、インバーターの最大出力が600W_{AC}のシステムが技術的に許容されるようになった。

しかし、標準的な家庭用プラグによる接続はまだ規格に適合するものとは見なされておらず、専用の給電用コンセントの使用が求められていた。

これに続き、2018年7月にはさらなる実務的な措置が取られ、最初の系統運用者⁴がプラグインソーラーのための簡素化された登録手続きを導入した。その後、他の事業者も数年のうちに同様の対応を徐々に採用していった。図4に示すように、一部の系統運用者は独自の登録フォームを導入した一方で、多くの事業者は市民社会のプラットフォーム^{iii,5,6,7}と連携し、プラグインソーラーのための標準化されたオンライン通知プロセスを提供した。これは、純粋に技術的な明確化から、行政手続きの円滑化へと段階的に移行していく過程の始まりを示すものであった。

図4：系統運用者による簡素化された登録手続きの拡大（2019～2022年）
黄色：系統運用者ごとの簡易申請フォーム、緑色：市民社会のオンラインプラットフォームⁱⁱⁱを通じた登録



出典：ドイツ・プラグインソーラー協会 BVSS 提供の図⁸を基に自然エネルギー財団作成。

総じて、ステージ1とステージ2はいずれも、個人の関与と市民社会の取り組みが、プラグインソーラーの普及を下から押し上げるうえで重要な役割を果たしたことを示している。

ⁱⁱ 2026年3月に、VDE-AR-N 4105の改訂版が発行されました。

ⁱⁱⁱ このプラットフォームは、プラグインソーラーに関する情報提供を容易にするため、2018年に開始された取り組み MachDeinenStrom.de を指す。このプラットフォームはスタートアップ EmpowerSource の文脈の中で開発され、標準化された低ハードルの登録手続きを促進するうえで重要な役割を果たした。これらの発起人は、その後ドイツ・プラグインPV協会（Bundesverband Steckersolar, BVSS）の中心的な人物となり、同団体は現在もプラグインソーラーおよび小規模蓄電システムの普及に向けた政策提言や活動を継続している。

ステージ3：政策的加速（2023～2024年）

決定的な転機は、2022年から2024年にかけて採択された自然エネルギー改革の文脈の中で生じた。より広範な制度改革の中で、プラグインソーラーは明確な政治的支援を受けた。

このステージではいくつかの重要な変更が、規制環境を根本的に変化させた。

- 標準的な家庭用コンセントおよびプラグの使用を明確に許可
- インバーター出力上限を 600 W_{AC} から 800 W_{AC} に引き上げ
- モジュール容量 最大 2,000 W_{DC} を許可
- 連邦ネットワーク庁の「市場マスターデータ登録簿」(MaStR) を通じた全国一律の登録（簡易オンラインフォームを使用、詳細は付録 C）
- 系統運用者からの事前承認や追加の登録を不要とする
- 既存の単方向メーターの一時的使用を許容（双方向メーターへの交換まで）
- 他の太陽光発電システムと同様の付加価値税免除（19%から 0%）
- プラグインソーラーに関する賃借人の権利の強化

この改革は制度を根本的に変えた。プラグインソーラーはもはや、慎重に容認されるニッチな技術として扱われるのではなく、標準的な消費者向けエネルギー製品として位置づけられるようになった。

特に重要な進展の一つは、賃借人の権利に関するものである。2024年以降、プラグインソーラーは民法上の「優遇措置」^{iv,9}として位置づけられた。これは、構造上のリスクや文化財保護上の懸念などの正当な理由がない限り、貸主が設置を拒否できなくなったことを意味する。実際の導入においては依然として当事者間の調整が必要となる場合もあるが、この法的変更は集合住宅に住む賃借人や居住者の立場を大きく強化した。この明確化は、市場拡大にとって極めて重要であった。プラグインソーラーは、特に都市部や集合住宅において重要である。これらの環境では、従来の屋根設置型太陽光発電システムが個々の世帯にとって利用できない場合が多いためである。

ステージ4：標準化（2025年）

規制の成熟プロセスにおける最終段階は、世界初のプラグインソーラー専用の製品規格である DIN VDE V 0126-95¹⁰の導入であった。この規格は2025年12月に施行された。それまで、プラグインシステムは、一般的なインバーター規格、系統接続規程、そして電気設備に関する設置規則の組み合わせによって規制されていた。新しい規格は、プラグインソーラーを完成した消費者向け製品として対象とし、その要件を整理・具体化したものである。この規格では、電気的安全要件、機械的安定性の基準（風荷重および積雪荷重への配慮を含む）、プラグ接続部の接触保護基準、そして個々の部品ではなくシステム全体を対象とした試験手順が定義されている。

^{iv} ドイツの賃貸法および区分所有法において、「優遇措置とは、一定の近代化またはエネルギー関連の改修措置を指し、貸主や管理組合が、やむを得ない正当な理由がない限り拒否することができないものをいう。例としては、電気自動車用充電設備の設置、バリアフリー化などのアクセシビリティ向上措置、防犯対策、高速通信回線の整備などが挙げられる。2024年以降、プラグインソーラーもこのカテゴリーに含まれるようになった。

また、この規格は構造面および電気面に関する検証の責任をより明確に製造者へ移すことにより、消費者、貸主、そして保険会社にとっての法的確実性も高めた。

なぜインバーター出力の上限が 800W なのか？

技術的な安全性の観点（4.2 節参照）に加えて、インバーター最大出力 800 W_{AC} という上限は、欧州の電力市場規制とも密接に関係している。

重要な参照枠組みとなるのは、欧州の送電系統運用者（TSO）が加盟する ENTSO-E（European Network of Transmission System Operators for Electricity）により 2016 年に制定され、2019 年に完全適用された EU ネットワークコード RfG 規制^{v,11}である。この規則は、系統に接続される発電設備に対する技術要件を定めるとともに、接続電圧および発電容量に基づいて複数のカテゴリーを設定している。最も小さいカテゴリーである Type A は、800 W_{AC} 以上の設備に適用される。その結果、800 W_{AC} 未満の発電設備は RfG 規則の適用範囲外となり、このような極めて小規模な発電設備については EU 全体で統一された系統接続要件は定められていない。

この制度構造により、実質的に約 800 W_{AC} 付近が一つの閾値となっている。この水準未満の設備については、EU 加盟国がプラグインソーラーのような小規模発電装置に対して簡素化された国内ルールを独自に設けることが可能となっている。

このような装置は EU の系統接続規制の対象外である一方で、欧州連合は小規模なプラグイン型太陽光システムの普及を支持している。電力市場設計の改善に関する指令（Directive (EU) 2024/1711）¹²では、小規模な自然エネルギー設備の導入に対する行政的・技術的な障壁の削減を加盟国に求めている。また、第 15a 条第 9 項では、加盟国は最大 800 W のプラグイン型ミニ太陽光発電システムの導入を促進することができると規定されている。

次のステージ：プラグイン型蓄電システム

プラグインソーラーの急速な普及に伴い、メーカーは次第に、プラグインソーラー機器と蓄電システム（通常 1~3 kWh 程度）を組み合わせた統合型システムの提供を始めている。これらのシステムは、自家消費率を高め、昼間の余剰発電を蓄え、家庭レベルでの柔軟性を向上させることを目的としている。

しかし、プラグイン型蓄電池に関する規制および技術的枠組みは、プラグインソーラーのシステム自体に比べて、依然として明確には定義されていない。

- 2025 年の製品規格 DIN VDE V 0126-95 はプラグインソーラー製品には適用されるが、統合型蓄電システムは含まれていない。
- 多くの場合、蓄電池はプラグインソーラーで用いられる簡易な MaStR 登録に加えて、追加の登録手続きが必要となる。
- 特に小規模システムでは、PV システム単体と比較して経済的メリットは限定的である。

^v EU Network Code on Requirements for Grid Connection of Generators : RfG 規則 (EU) 2016/631

最近の声明において、ドイツ・プラグインソーラー協会（BVSS）は、小規模蓄電システムのための、より明確で導入を促進する規制環境の整備を求めている¹³。具体的には、登録手続きの簡素化、市場ベースの柔軟性メカニズムへの統合の改善、そして行政上の障壁の削減などである。

また、同協会は連邦ネットワーク庁の MiSpeL^{vi,14} 手続きへの意見提出¹⁵の中で、小規模蓄電システムの市場および系統への統合にも言及し、分散型参加を妨げる可能性のある過度に複雑なスマートメーター要件に対して警鐘を鳴らしている。

近年の制度改正は、手続きの簡素化に向けた動きを示している。2026年3月に公表された系統連系規程 VDE-AR-N 4105¹⁶の改訂により、プラグインソーラーと蓄電池を組み合わせた小規模システムについても、簡易な登録手続きが導入された。

この意味で、今後の「蓄電池段階」は、より広いプラグイン運動の延長として理解することもできる。すなわち、単純な発電を可能にする段階から、市民の手による分散型の柔軟性を可能にする段階への移行である。

表 1：プラグインソーラーに関する現行規制の概要

システム規模	インバーター出力最大 800W _{AC} 、モジュール容量最大 2,000 W _{DC} ^{vii}
接続	標準的な家庭用コンセント（Schuko）への直接接続が許可されている
設置	自己設置が可能。安全上の懸念がある場合を除き、電気技術者は不要
登録	市場マスターデータ登録簿（MaStR）へのオンライン登録のみ 系統運用者による事前承認は不要
電力量計	既存の電力量計は一時的に使用可能 必要に応じて系統運用者が双方向メーターへ交換
安全要件	（詳細は第 4 章参照）
税制	付加価値税 0%
賃貸住宅における法的地位	「優遇措置」として位置づけられ、正当な理由がない限り貸主は設置を拒否できない
蓄電池	蓄電池を組み込んだシステムに関する規制枠組みは現在も検討中であり、追加の登録または技術要件が適用される可能性がある。

出典：自然エネルギー財団作成。

^{vi} MiSpeL とは、「蓄電設備および充電設備の市場統合」を指す。これは、連邦ネットワーク庁が 2025 年に開始した規制手続きであり、再生可能エネルギー法（EEG）の枠組みの下で、蓄電システムおよび充電設備のための市場志向型の制度枠組みを構築することを目的としている。その目的は、蓄電池およびハイブリッドシステムが電力市場により柔軟に参加できるようにすることであり、蓄電された電力および系統電力が市場および補助制度の文脈においてどのように計量・扱われるかについての選択肢を定義することで実現しようとしている。

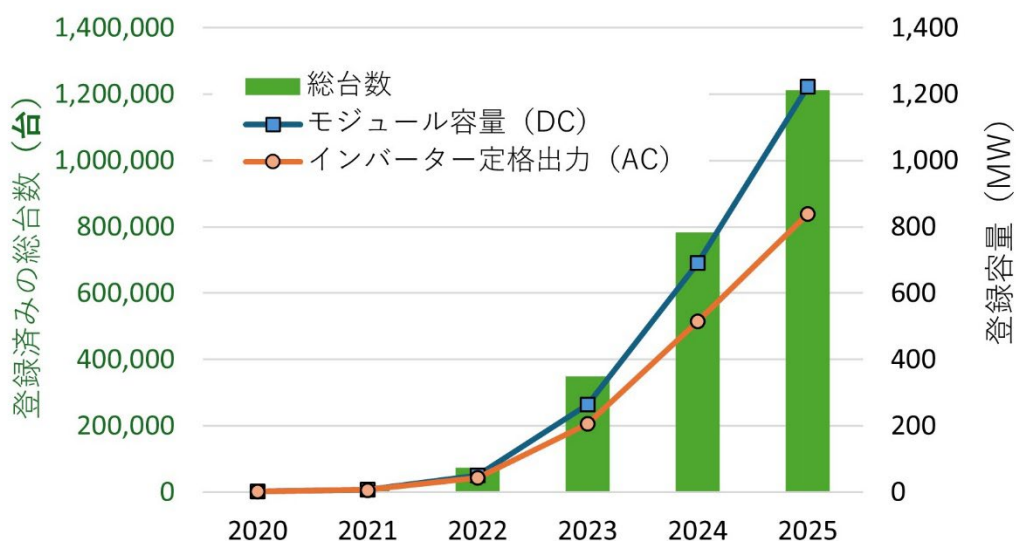
^{vii} 2026 年 3 月に、系統連系規程である VDE-AR-N 4105 の改訂版が公表された。改訂版では、最大約 7kW_{DC}までの比較的大容量の設備についても、プラグ接続による連系が可能となる規定が導入されている。ただし、これらの設備は配電事業者への正式な登録および調整が必要とされており、本報告で扱う簡易なプラグインソーラーのカテゴリーには含まれない。

2.2 ドイツにおけるプラグインソーラーの市場動向

規制の簡素化と市場の拡大は相互に強化し合う関係にあった。すなわち、ルールがより明確で利用しやすくなるにつれて、導入は加速した。

図 5 は、過去 5 年間に於けるドイツのプラグインソーラーの急速な市場拡大を示している。2021 年頃までは設置数は限定的であったが、その後市場は急速に拡大した。これは、初期のニッチ市場から大規模な普及段階への移行を示している。この変化は、機器価格の低下、電力価格の上昇、そして前節で述べた規制の簡素化によって促進されたものである。2025 年までに、登録されたシステム数は 120 万台を超え、累積モジュール容量は約 1.2 GW_{DC}、累積インバーター出力容量は 0.8 GW_{AC}を超えた。DC 容量と AC 容量の差は、規制枠組みによるものである。すなわち、インバーター出力は 800 W_{AC}に制限されている一方で、モジュール容量はそれより大きく設定する (2,000 W_{DC}) ことが認められている。

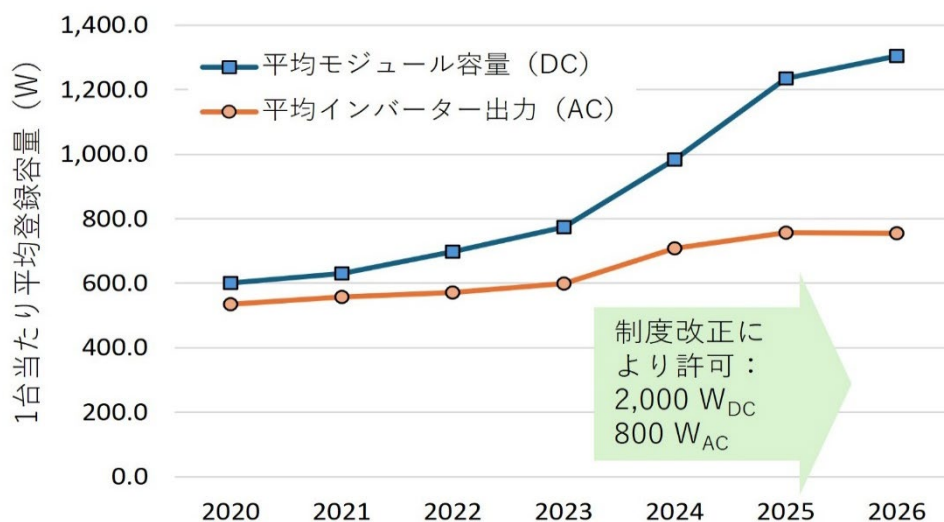
図 5：登録されたプラグインソーラー製品数と累積容量（2020～2025 年）



出典：MaStR（2026 年 2 月 9 日にアクセス）¹⁷を基に自然エネルギー財団作成。

図 6 は、これらの規制変更がシステム構成にどのように影響したかを示している。2022 年までは、1 システム当たりの平均モジュール容量および平均インバーター出力はいずれも緩やかに増加するにとどまっておき、当時の 600 W_{AC}のインバーター出力上限と不明確のモジュール容量の制約を反映している。2023 年以降には明確な構造的変化が見られる。これは Solar Package I によって導入された改革によるものである。インバーター出力の上限は 800 W_{AC}に引き上げられ、許容されるモジュール容量は最大 2,000 W_{DC}まで明確された。この変更は、1 システム当たりの平均登録 DC 容量の急増として明確に表れている。同時に、平均インバーター出力も新しい 800 W_{AC}の上限に向かって緩やかに上昇している。モジュール容量が大きくなる傾向は、利用者による最適化を反映している。DC 容量を高めることで、部分的な影、最適でない設置方位、季節変動といった条件下でも発電量を高めることができる一方で、インバーターがピーク時の出力を制限するためである。

図 6：各年における平均登録 DC 容量（モジュール）および AC 出力（インバーター）

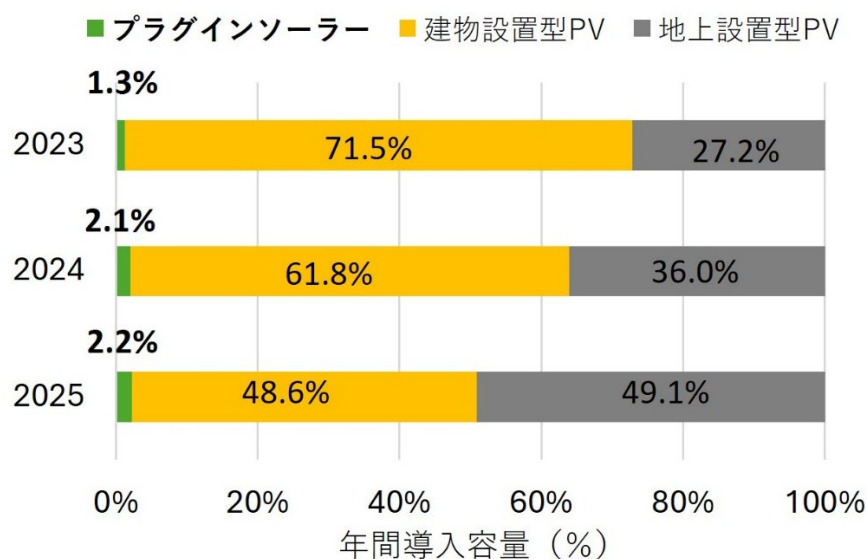


出典：MaStR（2026年2月9日にアクセス）¹⁸を基に自然エネルギー財団作成。

プラグインソーラーは、ドイツにおける年間 PV 導入量全体に占める割合としては比較的小さいものの、その寄与は注目に値し、着実に増加している。図 7 に示すように、2025 年にはプラグインソーラーは新規導入 PV 容量 (AC) の約 2.2% を占めた。DC ベース (モジュール容量) で見ると、その割合はさらに高く、1.4% (2023 年)、2.5% (2024 年)、3.1% (2025 年) となっている。

建物設置型や地上設置型の太陽光発電と比較すると依然として規模は小さいものの、これらの数値は、プラグインソーラーが PV 市場全体の中で構造的な重要性を高めていることを示している。

図 7：セグメント別の年間 PV 導入容量 (AC、2023~2025 年)



出典：MaStR（2026年2月9日にアクセス）¹⁹を基に自然エネルギー財団作成。

プラグインソーラーを設置している世帯数と未登録システムの数

なお、上記の数値は、公式に登録されたプラグインソーラーのみを基にしたものであることに留意する必要がある。実際には、特に市場の初期段階や規制が不確実であった時期には、一定数のシステムが登録されないまま設置されている。したがって、ドイツにおける実際のプラグインソーラーの設置数は、登録データだけが示す数値よりもかなり多いと推定されている。

未登録システムの正確な数は依然として不明である。2022年にHTWベルリンが実施した代表的調査²⁰では、当時のプラグインソーラーの半数以上が登録されていなかったことが示された。より最近の調査によれば、2025年にはドイツの世帯の約4~5%がプラグインソーラーを設置しているとされている^{21,22}。ドイツには約4,100万世帯が存在すると仮定すると、これは約160万~200万台のシステムに相当し、公式登録データに基づく設置数よりも約30~100%多いことになる。さらに他の情報源では、より高い普及率が報告されており、最大で9%の世帯がすでにプラグインソーラーを設置している可能性が示されている²³。この場合、設置数は約370万台に相当し、登録されているシステム数の約3~4倍になる。

これらの推計には幅があるものの、いずれも、プラグインソーラーの実際の普及は登録統計のみから示される状況よりも広く、かつより動的であることを示している。

2.3 コストと回収期間

ドイツでは、プラグインソーラーは複数の販売チャンネルを通じて広く入手可能である。このような幅広い流通は、価格競争を促し、市場の急速な普及に寄与してきた。

システムは通常、次のような販売チャンネルを通じて購入することができる。

- **プラグインソーラー専門企業**：主にオンラインショップを通じて販売を行い、架台、関連書類、そして多くの場合モニタリングソフトウェアを含む認証済みの完成セットを提供している。
- **従来型のホームセンターや DIY 用品店**。
- **スーパーマーケットチェーン**：低価格のプラグインソーラーセットを期間限定の販促商品として販売することがある。

専門業者は一般に、より包括的な説明資料、より多様な設置オプション、そして場合によっては個別の設置状況に応じた相談サービスを提供している。一方、ディスカウント小売業者は主として価格競争によって市場に参入している。サービス内容は限定的であるものの、こうした参入は、プラグインソーラーを日常的な消費者向け製品として定着させるうえで重要な役割を果たした。この市場構造は、家電製品の小売市場と分散型エネルギー技術の中間に位置するような特徴を持っており、購入者にとっての参入障壁は比較的低い。

一般的なシステム価格

標準的な「800W のプラグインソーラーセット」（通常、太陽光モジュール 2 枚（合計 800~960 W_{DC}）、800 W_{AC} マイクロインバーター、ケーブル、架台から構成される）の価格は、現在およそ 300~600 ユーロである。より高い価格となる場合としては、次のような要因がある。

- フレキシブルモジュール
- 外観性を考慮した、あるいはカスタマイズされた設置架台
- 統合型モニタリングソフトウェア
- 蓄電池の追加

図 8： a) 標準的な結晶系モジュール、 b) フレキシブル系モジュール（いずれもシリコン）

a) カーポート上の結晶シリコンモジュール



b) 手すりに設置されたフレキシブルモジュール



出典：自然エネルギー財団撮影

価格は 2022 年以降 大きく低下しており、その主な要因として次の点が挙げられる。

- 世界的なモジュール価格の低下
- 競争の激化
- 規模の経済

専門業者による設置は通常必要とされないが、一部の販売業者は追加費用で設置サービスを提供している。また、安全な設置を確認するための写真チェックや、設置に関するコンサルテーションサービスなどが追加費用として発生する場合もある。

回収期間

プラグインソーラーの経済性は主に次の要因に依存する。

- 年間発電量
- 自家消費率
- 電力価格

自家消費率が高い場合、設置条件（方位など）が良好な場合、あるいは電力価格が高い場合には、回収期間は短くなる。逆に、条件が不利な場合には回収期間は長くなる。

一般的な条件の下では、800 W_{AC/DC} のシステムは通常次のような性能となる。

- 年間発電量：約 600～900 kWh（方位や日陰条件による）
- 自家消費率：蓄電池のない家庭では 30～70% 程度
- 電力価格（近年）：約 0.30～0.45 ユーロ/kWh

これらの前提条件の下では、回収期間は一般に 5 年未満とされる。

例えば、400 ユーロのシステムで年間発電量が 800 kWh、自家消費率が 50% の場合、電力価格を 0.35 ユーロ/kWh とすると年間の節約額は 140 ユーロとなる。この場合、回収期間は 3 年未満となる。太陽光モジュールの寿命は 25 年以上、マイクロインバーターも通常 15～20 年以上使用できるため、償却後にはシステムは相当な純経済メリットを生み出す。

購入判断を支援するため、オンライン上には回収期間を試算するシミュレーションツールも存在する²⁴。これらのツールは、所在地、設置方位、電力価格、電力消費パターンなどに基づき、予想発電量、自家消費率、回収期間を推計することができる。このようなツールは、透明性を高め、消費者がより情報に基づいた判断を行うことに寄与している。

屋根設置型 PV とのコスト特性の比較

従来の屋根設置型太陽光発電システムと比較すると、プラグインソーラーは次の特徴を持つ。

- 初期投資が小さい
- 建物の構造や電気設備に対する改修が不要、または最小限である
- 行政手続きの負担が最小限である

総発電量は設計上限定されるものの、プラグインソーラーは比較的低い経済的リスクで家庭が太陽光発電を「試す」ことを可能にする。

2.4 プラグインソーラーの利点

1. 小さい初期投資

プラグインソーラーは、現在利用可能な系統接続型太陽光発電の中で最も低価格な形態である。この価格水準は、太陽光発電の導入の性質そのものを大きく変えている。屋根設置型の太陽光発電システムは通常数千ユーロ規模の投資を必要とし、専門業者による設置を伴うのに対し、プラグインソーラーは消費者向け製品として販売・認識されている。比較的小さな投資額であるため、経済的リスクが低く、ローン、施工契約、あるいは複雑な計画判断を伴わずに導入することが可能である。

2023 年以降、ドイツではプラグインソーラーを含むすべての太陽光発電システムが付加価値税（VAT）の免除対象となり、購入費用は 19%削減された。さらに、一部の自治体では地域レベルの補助金も提供されている²⁵。金額としては大きくない場合が多いものの、もともとの投資額が低いため、こうした支援策は経済的魅力を大きく高める要因となっている。

2. 電気料金の削減と回収期間

電気料金の削減は、プラグインソーラーを設置する最大の理由として挙げられている。これは

図 9 に示されたアンケート結果からも確認できる。プラグインソーラーは主として自家消費を目的として設計されている。発電された電力は家庭内の電気回路に直接供給され、系統から購入する電力を削減する。2.3 節で述べたように、平均的な条件の下では回収期間は通常 5 年未満である。償却後は、システムは残りの寿命期間にわたって純粋な経済的メリットを生み出す。

屋根設置型システムとは異なり、プラグインソーラーは売電収入の最大化を目的として設計されているわけではない。その経済的ロジックはシンプルさに基づいている。すなわち、小さな初期費用、最小限の設置作業、系統への事前承認の不要性、そして家庭の電気料金の即時削減である。

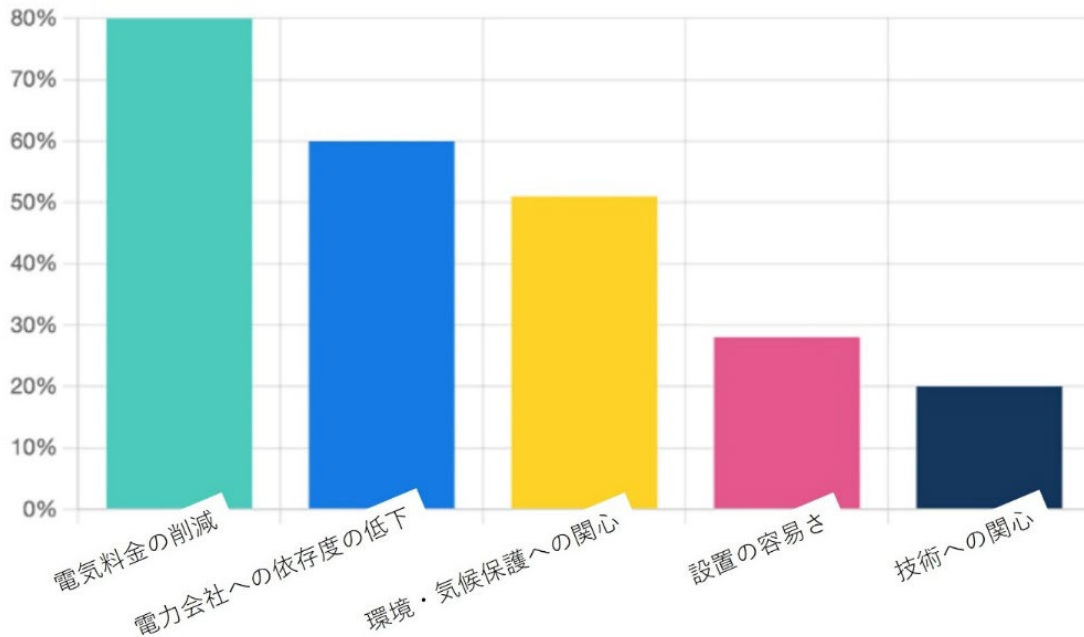
3. アクセスの容易さと可搬性

プラグインソーラーの最も重要なメリットの一つは、そのアクセスの容易さである。これにより、賃借人、集合住宅の居住者、あるいは屋根を所有していない世帯でも参加することが可能となる。これらはいずれも、従来は太陽光発電の導入から排除されてきた層である。

プラグインシステムは建物構造に恒久的に組み込まれるものではないため、引っ越しの際には取り外して持っていくことができる。この可搬性は、長期的なコミットメントや投資リスクを低減し、とりわけ転居の多い世帯や若年世帯にとって魅力的な技術となっている。

この意味で、プラグインソーラーは経済的な障壁だけでなく、自然エネルギー発電への参加における構造的な障壁も低減している。

図 9：プラグインソーラー購入の主な動機
 (ドイツの主要プラグインソーラー事業者による顧客調査、2024 年)



出典：YUMA²⁶を基に自然エネルギー財団作成。

4. 社会的・行動的影響

直接的な経済的メリットに加えて、プラグインソーラーはより広い社会的影響を持つ。ドイツでの観察によれば、システムを設置した多くの利用者が、その後自らの電力消費に対する意識を高める傾向がある。場合によっては、プラグインソーラーは「入口技術（ゲートウェイ技術）」として機能する。すなわち、家庭がまず小型のプラグインソーラーシステムから始め、その後より大規模な屋根設置型システムへ投資するようになる。

ドイツ連邦環境庁（UBA）は、プラグインソーラーの主な意義は国内の発電容量への絶対的な寄与ではなく、エネルギー転換に対する社会的受容性と市民参加を強化する役割にあると指摘している²⁷。目に見える形での参加を可能にすることにより、プラグインソーラーはエネルギー転換を抽象的な政策目標から個人の体験へと変えている。

5. 自立性と分散型発電

図 9 に示された調査結果によれば、プラグインソーラー購入の主な動機は電気料金の削減である。しかし、その次に重要な動機として、エネルギー供給に対するより高い自立性やコントロールを求める意識が挙げられている。

プラグインソーラーは電力を消費地点で発電するため、分散型発電の原則を強化する。システムは依然として系統に接続されているものの、とりわけエネルギー価格の変動や地政学的な不確実性が高まる状況において、自己発電によって利用者の自立性に対する認識を高める効果がある。

6. デジタル化とシステム認識への貢献

プラグインソーラーは、国内全体の発電容量という観点では必ずしもシステム全体に大きな影響を与えるものではないが、より広いエネルギーシステムの発展と前向きに相互作用する。従来型のメーター（回転円盤式の機械式電力量計）を備えた家庭では、逆方向の電力フローが発生するとメーターが逆回転する可能性がある。このような場合、正確な計量と規制への適合を確保するため、メーターは通常、デジタルメーターまたはスマートメーターへ交換される必要がある。プラグインソーラーの設置は、市場マスターデータ登録簿（MaStR）への登録によって系統運用者に通知され、必要に応じてメーター交換が手配される。この交換は系統運用者の責任で行われ、通常は利用者に追加費用は発生しない。

その結果、プラグインソーラーの設置は旧式の計量インフラの更新を加速させる可能性がある。このように、小規模な分散型発電は、ドイツにおけるスマートメーターの普及、システムのデジタル化、そして需要側の透明性向上に間接的に貢献している。

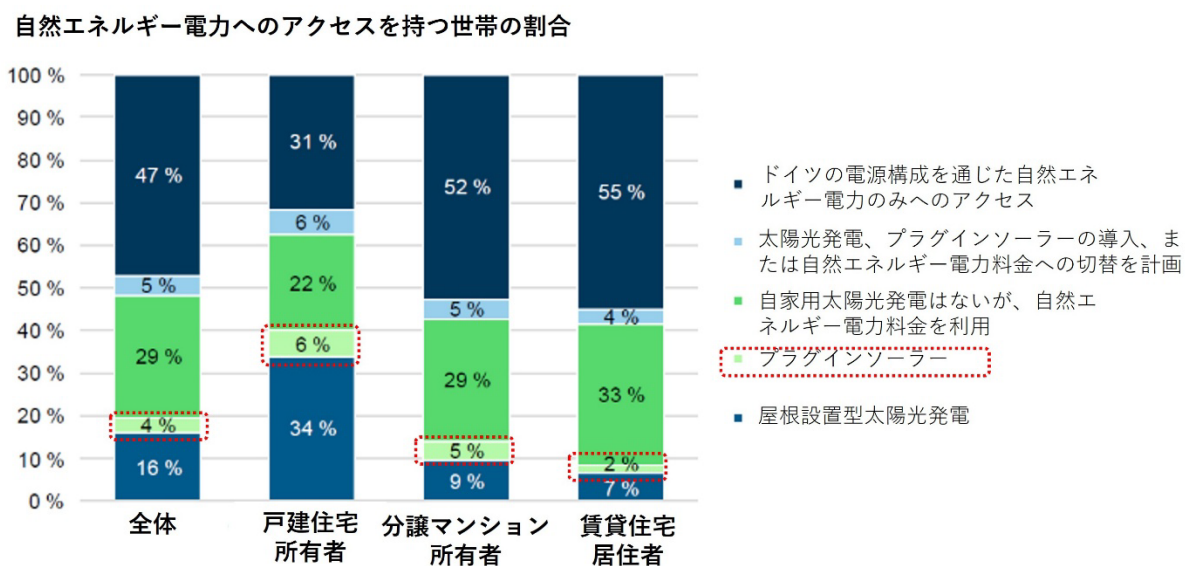
3. 集合住宅におけるプラグインソーラー

2024 年の重要な制度的進展の一つは、プラグインソーラーが法律上「優先措置」^{viii,28,29}として位置付けられたことである。これにより、安全上の正当な懸念や歴史的建造物の保護など、正当な理由がない限り、貸主は設置の申請を拒否することができなくなった。これは「プラグインソーラーを設置する権利」と呼ばれることもあり、集合住宅の居住者がプラグインソーラー製品を導入する能力を大きく強化した。ただし、この分類によって許可を得る必要がなくなるわけではない点に注意が必要である。多くの場合、賃借人や区分所有者は、依然として貸主または管理組合に通知し、承認を得る必要がある。

この制度変更により、議論の焦点は「設置が認められるかどうか」から「どのような条件の下で設置できるか」へと移った。構造、安全性、外観に関する配慮は、合理的であり、かつ相応で、技術的に正当化されるものでなければならない。賃借人が設置した場合、プラグインソーラーは引き続きその所有物であり、転居時には取り外すことができる。その場合、取り外し後には建物の該当部分（例えばベランダ）を元の状態に戻す必要がある。

集合住宅に関する正確な統計は限られており、集合住宅にどの程度のプラグインソーラーが存在するかを正確に把握することは難しい。ある代表的な調査³⁰によれば、賃貸住宅の世帯の 2%、分譲マンションの所有者の 5%がプラグインソーラーを所有していると報告している。この結果を図 10 に示す。ただし、2.2 節で述べたように、実際にはこれより多くのシステムが存在している可能性が高い。

図 10：プラグインソーラーの保有割合（全体・戸建住宅・集合住宅別）



「屋根設置型太陽光発電」には、プラグインソーラーや自然エネルギー電力料金も併用している世帯が含まれる。
「プラグインソーラー」には、自然エネルギー電力料金も併用している世帯が含まれる。

出典：KfW³¹を基に自然エネルギー財団翻訳。

^{viii} ドイツ民法典（BGB）第 554 条およびドイツ区分所有法（WEG）第 20 条。

技術的には比較的シンプルであるものの、集合住宅での設置には特有の課題が存在する。そのため、設置数は戸建住宅と比べて少ない状況にある。

1. バルコニーの有無と適合性

- すべての住宅に適切なバルコニーがあるわけではない（バルコニーがない、北向きなど）
- 都市部では周囲の建物による日陰の問題
- 特に高層階では風の影響を受けやすい

2. 電気接続

- 屋外コンセントが設置されていない場合があり、その場合の対応としては次のような方法が考えられる。
 - フラット型の窓用ケーブル（ただし、この方法は公的機関では推奨されておらず、特に頻繁に開閉する窓では推奨されない）
 - 屋外コンセントを新たに設置する方法（コストが増加する）

3. 管理組合や貸主が外観に関する条件を求める場合がある。例えば、

- 特定の設置金具やサイズの使用
- 設置角度の制限（例：最大 30°）
- 設置場所の制限

4. 居住者間の調整

- 住民間のトラブルを防ぐこと（例えば反射光の問題）
- 責任の所在の明確化

2025年12月に公表された新しいプラグインソーラー専用製品規格（詳細は付録B参照）は、不確実性を低減することで、集合住宅におけるプラグインソーラーの導入数を増やすと期待されている。この規格では、機械的安全性、構造的検証、およびマニュアル、安全指示書、認証書類などの関連文書に関する責任が製造者に明確に割り当てられ、個々の居住者がシステムの安全性を証明する負担が軽減されている。

図 11：ドイツの大規模集合住宅に設置されたプラグインソーラー



出典：自然エネルギー財団撮影。

プラグインソーラープロジェクト

多くの貸主、住宅会社、マンション管理組合にとって、プラグインソーラーは新しく、まだ十分に知られていない技術である。技術的な専門知識を持たない主体であるため、構造安全性、電気的リスク、責任の所在、外観、事務手続きの負担などについて懸念を持つことが多い。また、入居者からの問い合わせにどのように対応すればよいのか分からない場合も多い。

このような不確実性を減らすため、一部の主体は実証プロジェクトを開始し、次のことを目的とした。

- 実務的な経験を得ること
- 実際の建物における技術的実現可能性を評価すること
- 安全性や導入方法に関する課題を明確にすること
- 物件の魅力を高めること

以下では、二つの事例を紹介する。ベルリンの Möckernkiez と、テューリンゲン州で実施された大規模プロジェクトである。

A. Möckernkiez（ベルリン）

Möckernkiez³²は、ベルリンにある協同組合型の住宅プロジェクトである。住宅団地は 14 棟の建物、471 戸の住宅、およそ 900 人の居住者で構成されている。このプロジェクトは自主管理型の協同組合モデルに基づいており、居住者は組合員として住宅に関する意思決定を共同で行う。

図 12：ドイツ・ベルリンの Möckernkiez に設置されたプラグインソーラー



出典：自然エネルギー財団撮影。

プラグインソーラーは任意で導入された。設置費用は入居者が負担したが、建物の外観の統一性を保つため、設置には共通のデザインルールが適用された。外観のばらつきを避けるため、

標準化された設置金具と指定された一つの事業者が使用された。Möckernkiez では、およそ 15～20%の世帯がプラグインソーラーを設置しており、これは比較的高い割合である。

この事例は、不確実性が解消され、ルールが明確に定められている場合、コミュニティ志向の住宅環境においてプラグインソーラーが高い受容性を得ることができることを示している。

B. テューリンゲン州における州主導の実証プロジェクト

テューリンゲン州は 2023 年から 2024 年にかけて、州内の 5 つの都市（ゼメルダ、エアフルト、イルメナウ、ミュールハウゼン、ゲーラ）で協調的な実証プログラムを開始した。プロジェクトの総予算は 53 万ユーロ³³であり、5 つのプロジェクトはいずれも次の共通した特徴を持っていた。

- 総投資費用の 80%を州が負担
- 残りの 20%を各住宅協同組合が負担
- プラグインソーラーは入居者ではなく住宅協同組合が所有
- 入居者は自宅内で発電された電力を無償で利用できる

この仕組みにより、双方に利益が生まれる。

- 住宅会社にとって：建物の魅力やイノベーション性の向上、プラグインソーラーおよびその利用に関する知見の獲得
- 入居者にとって：初期投資なしで電気料金を削減

一般的な入居者設置型のプラグインソーラーとは異なり、これらの実証プロジェクトでは家庭用標準的な Schuko プラグ接続は使用されなかった。システムは入居者による取り外しを想定していなかったため、固定された電気接続が設置された。また、発電データを収集するための専用の計測システムも設置されたことから、設置作業は専門業者によって行われた。

以下では、これらのプロジェクトのうち 3 つをより詳しく紹介する。

エアフルト：データ収集と性能分析に重点

エアフルトのプロジェクトでは、発電量のモニタリングとデータ評価に特に重点が置かれた。主な目的は、実証データを収集し、集合住宅における実際の発電性能をよりよく理解することであった。

重要な結果の一つとして、階によって発電量に大きな違いがあることが確認された。例えば、1 階と 5 階の住宅では、発電量に 30～50%の差が見られた。これは特に冬季の太陽高度が低い時期における日陰の影響によるものと考えられる。また、日中の発電に合わせて電力使用を調整した入居者と、そうでない入居者の間では、電力の利用率に明確な違いが見られた。

図 13：ドイツ・エアフルトのプラグインソーラー実証プロジェクト



出典：自然エネルギー財団撮影。

ゼメルダ：建築的統合に重点

ゼメルダでは、プラグインソーラーは建物の建築コンセプトの中に組み込まれた。半透明のモジュールが 40° の角度で設置され、発電だけでなく、夏季には下階のバルコニーの日よけとしての機能も果たしている。外観の統一性と機能的統合を確保するため、設計プロセスには建築家も関与した。

このプロジェクトは、プラグインソーラーが単なる追加的な技術としてではなく、パッシブハウス設計や外観のコンセプトの中に組み込むことができることを示している。

図 14：ドイツ・ゼメルダのプラグインソーラー実証プロジェクト



出典：自然エネルギー財団撮影。

ゲーラ：高層住宅への導入

ゲーラのプロジェクトでは、高層住宅^{ix}におけるプラグインソーラーの導入に重点が置かれた。このような建物では、次のような追加の安全要件が適用される。

- 構造安全性の検証
- 強化された防火基準
- モジュール設置角度の制限（多くの場合は垂直設置のみ）

その結果、本プロジェクトは技術面および規制面の双方でより高い複雑性を伴うものとなった。重点は、高層住宅の条件下での実現可能性を検証することと、外観を統一したファサード設計を実現することに置かれた。ゲーラの事例は、追加の安全要件に対応すれば、高層住宅でもプラグインソーラーを導入できることを示している。

図 15：ドイツ・ゲーラのプラグインソーラー実証プロジェクト



出典：自然エネルギー財団撮影。

^{ix} ドイツの建築規則（MBO 第 2 条第 4 項）では、高層建築物とは、居室のある階のうち少なくとも一つが地上から 22 メートルを超える高さに位置する建物と定義されている。

4. 安全性およびシステム適合性の確保

プラグインソーラー製品の安全性は、技術基準だけでなく、適切な設置と責任ある使用にも依存する。ドイツ連邦環境庁（UBA）³⁴およびドイツ消費者センター³⁵によれば、次の原則を守る必要がある。

- 認証された機器を使用すること（適用される VDE 規格への適合、CE マーキング）
- 延長コードや複数口アダプターを使用せず、固定されたコンセントに直接接続すること
- 電力量計 1 台につき 1 つのプラグインソーラー製品のみを使用すること
- 特に強風や積雪荷重の影響を受けやすいバルコニーでは、機械的に安全な固定方法を使用すること
- ケーブルに機械的な負荷がかからないよう適切に配線すること
- 公式オンライン登録簿（MaStR）でシステムを登録すること

さらに、

- 古い建物や配線状態が不確かな場合には、有資格の電気技術者への相談が推奨される。ただし、規格に適合したシステムについては、一般的に専門業者による設置は必要とされない。
- 集合住宅では、貸主との調整や、モジュールが避難経路を妨げないこと、また建物の外観を大きく変えないことなども考慮する必要がある。

ドイツでは市場が急速に拡大しているにもかかわらず、消費者保護機関³⁶や保険会社^{37,38}によれば、規格に適合したプラグインソーラーによって物的損害や人的被害が発生した事例は確認されていない。保険会社も、これらの小規模システムを特別なリスクとしては位置づけておらず、通常は既存の家財保険や賠償責任保険の対象として扱われている。

実際の運用経験に基づき、認証された製品が使用され、設置ガイドラインが守られ、システムが定められた技術的範囲内で運用される限り、プラグインソーラーは安全であると考えられている。

以下では、安全性の各側面についてさらに詳しく見ていく。

4.1 感電防止

プラグインソーラーは家庭用コンセントを通じて接続されるため、感電防止は重要な安全要件の一つである。ドイツでは、この点はインバーターの設計、プラグの要件、および家庭内の保護装置との適合性によって規制されている。

急速停止機能と残留電圧の制限

すべてのプラグインソーラー用インバーターは安全規制に適合し、自動的な系統監視機能を備えていなければならない。最も重要なのは、次のような場合にインバーターが停止し、電力の供給を停止することである。

- 停電が発生した場合
- 電圧または周波数が許容範囲を外れた場合
- プラグを抜いた場合

インバーターは ≤ 0.2 秒以内に停止しなければならない。プラグを抜いた後、内部コンデンサは放電し、残留電圧は 1 秒以内に 34V 未満まで低下しなければならない^x。これにより、触れることのできる接点に危険な電圧が残らないことが保証される。

プラグにおける安全対策

従来は、図 16a-b に示すように、専用の給電用プラグ/コンセントが必要とされていた^{xi}。

このようなプラグは、次の特徴を持つ。

- 接点が奥まっており、金属ピンに触れることができない
- 機械的に固定されており、誤って抜けることがない
- 通常は有資格の電気技術者によって設置される

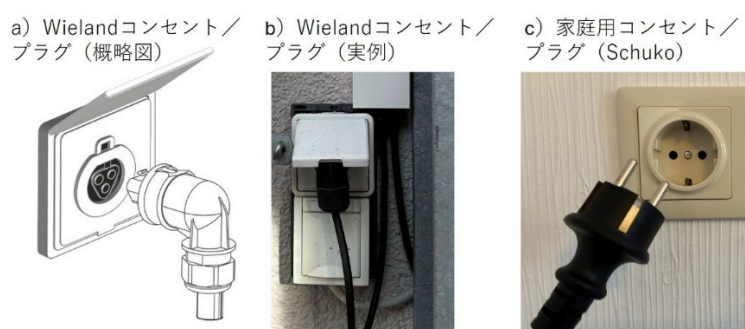
通電している部分に触れることができず、接続も固定されているため、感電のリスクは技術的に最小限に抑えられる。しかし、この方法には欠点もある。主に、このタイプのコンセントが一般家庭では普及しておらず、設置には有資格の電気技術者が必要である点である。その結果、コストが増加し、導入の容易さが低下する。

そのため、実際には多くのプラグインソーラーは、図 16c に示すように、標準的な Schuko (Type F) 家庭用プラグを用いて接続されている。基本的な感電防止は、前述したインバーターの停止仕様によって確保されている。その結果、標準的な Schuko プラグには金属ピンが露出しているものの、通常の未接続状態では通電していない。

^x DIN VDE V 0126-95 (プラグイン型太陽光発電機器に関する製品規格) および VDE-AR-N 4105 (低圧配電系統に接続される発電設備の系統連系要件を定める技術規則) により規定されている。

^{xi} DIN VDE V 0100-551-1 (低圧電気設備における発電設備の接続要件を定める規格) および DIN VDE V 0628-1 (発電機器の接続用プラグおよびコンセントに関する規格) により規定されている。

図 16 : a-b)専用コンセント／プラグの例と c)一般家庭用 Schuko コンセント／プラグ



出典：a) Wieland Electric³⁹、b) および c) は自然エネルギー財団による撮影。

追加的な保護措置として、2025 年のドイツ製品規格（詳細は付録 B 参照）では、標準的な Schuko 家庭用プラグを使用する場合、追加の接触防止対策を採用することができると規定されている。これには、1) プラグを抜いた際のさらに高速なインバーター停止 (≤ 0.1 秒)、または、2) 可動式カバーや内蔵安全スイッチを備えた専用プラグ設計などが含まれる。

このように、現在の標準的な Schuko プラグを用いたシステムは、専用の給電用プラグと同等の安全水準を実現している。

家庭内保護装置との適合性

ドイツの家庭用回路は、通常、漏電ブレーカー（RCD、FI スイッチとも呼ばれる）によって保護されている。RCD は、相線（L）と中性線（N）を流れる電流を常時比較している。電流の漏れを検出した場合、この装置は数ミリ秒以内に回路を遮断する。RCD の機能は電流の流れる方向には依存しない。そのため、プラグインソーラーが存在しても RCD の正常な動作が妨げられることはなく、プラグインソーラー用インバーターは家庭用 RCD の保護機能を損なわないよう設計されなければならない。製造者は、どの種類の RCD が当該機器と適合するかを、製品の文書に明記することが求められている。

4.2 家庭内回路の保護（回路過負荷）

プラグインソーラーに関して最も頻りに議論される懸念の一つは、既存の家庭内配線が過負荷になる可能性である。この問題が提起されるのは、もともと消費のみを想定して設計された回路に対して、電力が供給されるためである。

理論上の最悪のケース

一般的なドイツの家庭では、次のような条件である。

- コンセント回路は 16 A のブレーカーで保護されている
- プラグインソーラーは 800 W_{AC} に制限されており、230 V では約 3.5 A に相当する

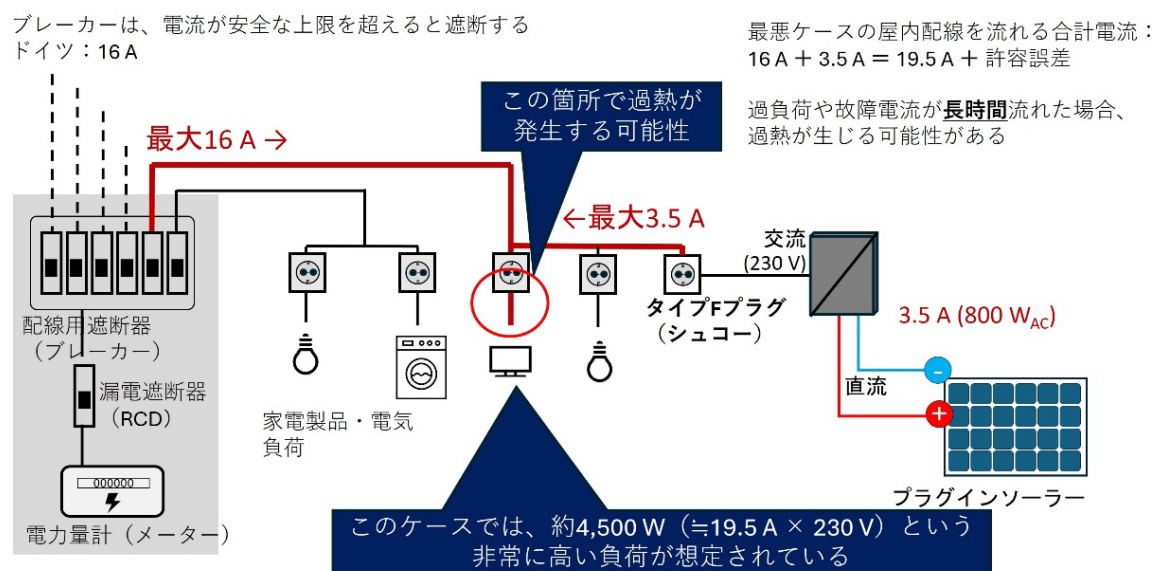
純粹に理論上のシナリオとして、次のような状況が考えられる。

- ある機器が系統から許容最大の 16 A を消費している、ブレーカーは作動しない
- 同時に、プラグインソーラーがブレーカーの下流側で最大の 3.5 A を供給する
- その結果、ブレーカーより下流の局所配線には一時的に 19.5 A 以上の電流が流れる可能性がある

この場合、ブレーカーは直ちには作動しない。これは、ブレーカーが分電盤から流れる電流のみを測定しており、局所的に追加される太陽光発電の電流は測定しないためである。このような過電流負荷は、最大負荷を流す配線や接続部において過熱を引き起こす可能性がある。

この理論的なシナリオが、過負荷に関する議論の基礎となっている。

図 17：回路過負荷シナリオの模式図



出典：自然エネルギー財団作成。

実際のリスク評価

いくつかの要因により、この最悪ケースの想定が実際に生じる可能性は大きく低減される。

1. 出力制限

インバーターの出力は 800 W_{AC} (約 3.5 A) に制限されており、ユーザーがこれを増加させることはできない。

2. 負荷の同時発生

系統からの最大消費と太陽光からの最大供給が同時に継続的に発生する可能性は極めて低い。特に、コンロなどの高負荷機器は通常、別の専用回路に接続されている。何らかの故障により電気負荷がさらに増加した場合には、ブレーカーが作動する。このため、この最悪ケースが発生するのは、負荷がちょうど最大許容値に達しており、同時にインバーター出力も最大となっている場合に限られる。

3. 配線の熱的許容性

住宅の標準的な配線は、公称値である 16 A を短時間上回る電流に対しても、直ちに損傷が生じない熱的余裕を持っている。上記のような最悪ケースが仮に発生したとしても、それが長時間継続する可能性は低い。

4. 実証試験

ドイツの WIPANO プログラム⁴⁰の支援を受けた連邦研究プロジェクト（2020～2023 年、連邦経済・気候保護省の資金による）が実施された。この研究は Fraunhofer ISE、DKE（DIN および VDE における電気・電子・情報技術委員会）、ドイツ太陽エネルギー協会（DGS）などによって行われた。このプロジェクトでは、プラグインソーラーによって家庭内回路に生じ得る過負荷リスクが体系的に調査された⁴¹。調査には次の内容が含まれていた。

1. 古い住宅建物における現地測定（1950 年代から 1980 年代の配線を含む設置の試験。古いアルミニウム配線および銅配線を含む）
2. 制御された実験室試験
3. 付随するシミュレーション分析

最悪条件を意図的に作り出して試験が行われた。

- 定格 16A の回路容量を大きく上回る 25.8A の試験電流を長時間流して試験を実施
放熱が不利となるケーブル配置（放熱が制限される条件を含む）
- 最大 1.5 時間に及ぶ高負荷状態での曝露

温度測定（サーモグラフィを含む）は、コンセント接続部、接続ボックス、壁内部の空間において直接実施された。

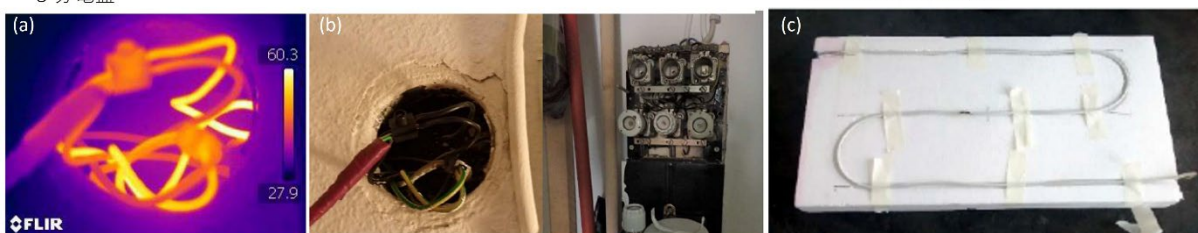
主な結果

- 測定された温度上昇は許容される安全範囲内にとどまった。
- 25.8 A の試験電流を継続的に流した場合でも、体系的な危険な過熱は確認されなかった。
- 朽化した配線を含む設置においても、プラグインソーラーに起因する火災リスクは確認されなかった。

図 18：老朽住宅配線および最悪条件における過負荷試験

(a) 25.8 A試験電流を継続印加した際のコンセント配線部の温度測定
(b) 試験対象となった1950年代の住宅電気設備の開放された接続ボックスおよび分電盤

(c) 最悪条件を再現するため、発泡スチロール断熱板の間にケーブルを挟んで熱をこもらせた実験室試験装置



出典：a) - b) はDKEが公表したプロジェクト報告書⁴²に基づき自然エネルギー財団が作成、c) は本プロジェクトに関連し引用された先行実験研究であるPI Photovoltaik-Institut Berlin AGによる家庭内設備におけるプラグインソーラー安全性試験報告⁴³に基づき自然エネルギー財団が作成。

さらに、設置ガイドラインでは次の点が推奨されている。

- 1回路につき1つのプラグインソーラーのみ設置すること
- 延長コードを使用せず、壁のコンセントに直接接続すること
- 設置状況が不明確な場合や懸念がある場合には電気技術者に相談すること

結論として、理論上は数学的に過負荷シナリオを構築することは可能であるが、実証的な証拠と技術的制約から次のことが示されている。

- 追加される電流（約 3.5 A）は、一般的な回路定格に対して小さい。
- 最悪条件の同時負荷が長時間続く可能性は極めて低い。
- 大規模な実地試験においても、体系的な火災リスクは確認されていない。

規格に適合した設置および 800 W_{AC} の制限内で運用される限り、家庭内回路の過負荷リスクは技術的に低いと考えられている。

4.3 単独運転防止（系統保護）

プラグインソーラーは系統連系型の発電機器である。そのため、系統からの電力供給が停止または不安定な場合に、電力が系統へ供給されないことを確保する必要がある。この要件は、単独運転防止機能によって対応されている。

ドイツでは、すべてのプラグインソーラー用インバーターが系統連系規格 VDE-AR-N 4105⁴⁴（低圧配電系統に発電設備を接続するためのドイツの技術規則）に適合する必要がある。

インバーターは次の項目を継続的に監視している。

- 系統電圧
- 系統周波数
- 系統インピーダンスの状態

次のいずれかが発生した場合、

- 公共電力系統が停止した場合（停電）
- 電圧または周波数が許容範囲を外れた場合
- 異常な系統状態が検出された場合

インバーターは ≤ 0.2 秒（200ms）以内に自動的に系統から切り離される。

これにより、いわゆる「単独運転」、すなわち電力が供給されていない系統区間に対して意図せず通電が継続される状態が防止される。

単独運転防止機能には主に次の三つの目的がある。

1. 系統保守作業員の保護

修理や保守作業の際には、系統区間を確実に無電圧状態にする必要がある。インバーターの自動停止により、プラグインソーラーが送電線に通電することを防ぐ。

2. 系統安定性の確保

小規模な分散型発電設備は、不安定な電圧や周波数条件下で独立して運転してはならない。

3. システムの保全

インバーターは、系統が安定した状態に回復し、それが一定時間確認された場合のみ再接続することができる。

系統保護の観点から見ると、規格に適合したプラグインソーラーは、他の小規模な系統連系発電設備と同様に動作し、ドイツの低圧配電網における既存の安全要件を満たしている。

4.4 構造および機械的安全性

電気的安全性に加えて、プラグインソーラーは構造および機械的安全性の要件も満たす必要がある。システムは風荷重、積雪荷重、および風雨による劣化の影響を受ける。ドイツの住宅用バルコニーは一般的に建築基準に基づき、定められた荷重要件（例えば居住者による荷重や環境荷重）に耐えられるよう設計されている。通常の構造条件下では、プラグインソーラーモジュールの追加重量はこれらの設計限界を超えるものではない。

2025年12月以降、世界初のプラグインソーラー製品規格⁴⁵では次の事項が求められている。

- プラグインソーラーセットに含まれる設置システム全体について、専門家による構造検証が行われていること
- 許容される風荷重および積雪荷重が明示されていること
- 地上からの最大設置高さが定められていること
- 耐腐食性および耐紫外線性が確保されていること
- 設置説明書において許可された設置方法が明確に示されていること

専用のプラグインソーラー製品規格の下で、設置システムの構造検証が義務付けられたのはこれが初めてである。これにより責任はユーザーから製造者へと移り、製造者は機械的安全性の技術的証明を提供する必要がある。2025年12月に製品規格が公表される以前から、信頼性の高いプラグインソーラー製造者は通常、構造情報や荷重仕様を提供していた。新しい規格は、こうした文書提供をすべての製造者に対して義務化したものである。

ユーザーの観点から見ると、規格に適合した設置システムを使用する場合、一般的な住宅建物では追加の構造計算は通常必要とされない。ただし、例えばバルコニーが明らかに老朽化している場合や損傷が見られる場合など、特定の懸念や不確実性がある場合には、専門家による評価が推奨される。一部の製造者は、比較的低い費用で遠隔評価サービス（例えば設置や状況の写真確認）を提供している。このようなサービスは、正式な構造評価が必要な場合の代替となるものではないが、不確実性がある場合に追加的な安心材料を提供することができる。

防火安全

防火安全は、一般的な建築規制および製品に関する要件の双方によって確保されている。

主なポイントは次のとおりである。

- 太陽光モジュールは適用される防火分類基準に適合する必要がある（一般的な太陽光モジュールでは通常クラス B2^{xii}。特定の建物ではより高い分類が適用される場合がある）。
- ケーブルは難燃性であり、屋外使用に適したものでなければならない。
- 設置は避難経路および救助経路を妨げてはならない。これは特に集合住宅のバルコニーにおいて重要である。

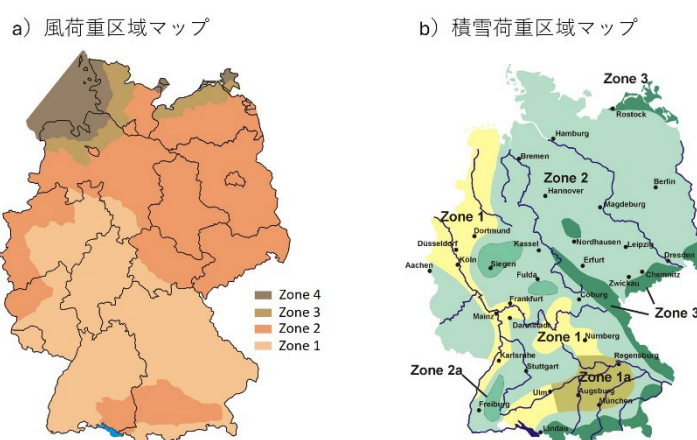
^{xii} ドイツでは、建材の防火分類は DIN 4102 および DIN EN 13501-1（ユーロクラス分類）によって定められている。クラス B2 は「通常可燃性材料」を示し、一般的なフレーム付き太陽光モジュール（例：ガラス・フィルム構造）で広く用いられている。ガラス・ガラス構造のモジュールは防火性能がより高い場合が多く、設計および認証によっては A2（「不燃材料」）などのより高い分類に達することもある。

実際には、規格に適合したプラグインソーラーは、認証された太陽光発電設備に通常伴うもの以外の追加的な発火源を導入するものではない。

風荷重および積雪荷重

ドイツでは、規格に基づく構造基準の下^{xiii}で、風荷重区域および積雪荷重区域が定められている。製造者は、自社の設置システムがどの風荷重区域および積雪荷重区域に対応しているか、また設置高さの制限が適用されるかどうかを明示する必要がある。

図 19：ドイツにおける (a) 風荷重区域および (b) 積雪荷重区域の地図。区域番号が高いほど想定される荷重が大きい。



出典：Störfix による画像 (CC BY 2.5, Wikimedia Commons)⁴⁶を基に、自然エネルギー財団が作成・翻訳。

高層建築物の特例

高層建築物（ドイツでは一般に州建築規則に基づき、少なくとも一つの居室階が地上約 22m を超える高さにある建物と定義される）は、より厳格な構造および防火要件の対象となる。

このような場合には次のことが求められる場合がある。

- 追加の構造計算
- より厳しい防火要件（例えば地域の建築規則に応じたより高い建材分類。例としてクラス A2 の防火分類の使用）
- 特定の設置方法の制限（例：傾斜設置モジュール）

高層建築物は通常、建築法上の特殊建築物に分類されるため、設置には建物所有者とのより緊密な調整が必要となり、場合によっては地方当局との調整も必要となる。実証プロジェクト（例：ゲーラ、第 3 章参照）では、プラグインソーラーが高層建築物でも導入可能であることが示された。これらのプロジェクトは技術的な実現可能性を示したが、標準的なバルコニー設置と比較して設置コストは大幅に高かった。

^{xiii} DIN EN 1991-1-4（風荷重）および DIN EN 1991-1-3（積雪荷重）に基づく。

5. おわりに

ドイツにおけるプラグインソーラーの経験は、規制の明確化、技術的標準化、そして行政手続きの簡素化が組み合わされることで、小規模な分散型発電を安全かつ効率的に統合できることを示している。

明確な容量制限の設定、標準的な家庭用プラグの使用の許可、事前の系統接続許可の廃止、入居者の参加の可能化、そして専用の製品規格の導入により、ドイツはプラグインソーラーを法的なグレーゾーンから制度化され、消費者が利用可能な技術へと転換した。

このモデルは、次の点の重要性を示している。

- 明確な法的分類
- 規格に基づくリスク管理
- 手続きの簡素化
- 賃貸住宅における導入機会の確保
- 製造者責任の明確化

プラグインソーラーが総発電量に占める割合は限定的であるものの、その社会的および参加型の効果は大きい。自然エネルギーへの参加の障壁を下げ、エネルギー転換への関与をより広い層へと広げる。

以下の付録では、追加の技術的および手続き的な詳細を示す。

付録

付録 A：ドイツの家庭用電気システム

図 20 に示すように、ドイツの住宅では電力は三相システムとして建物に供給される。

- 三つの相導体：L1、L2、L3
- 一つの中性線：N
- 一つのプロテクト接地線：PE

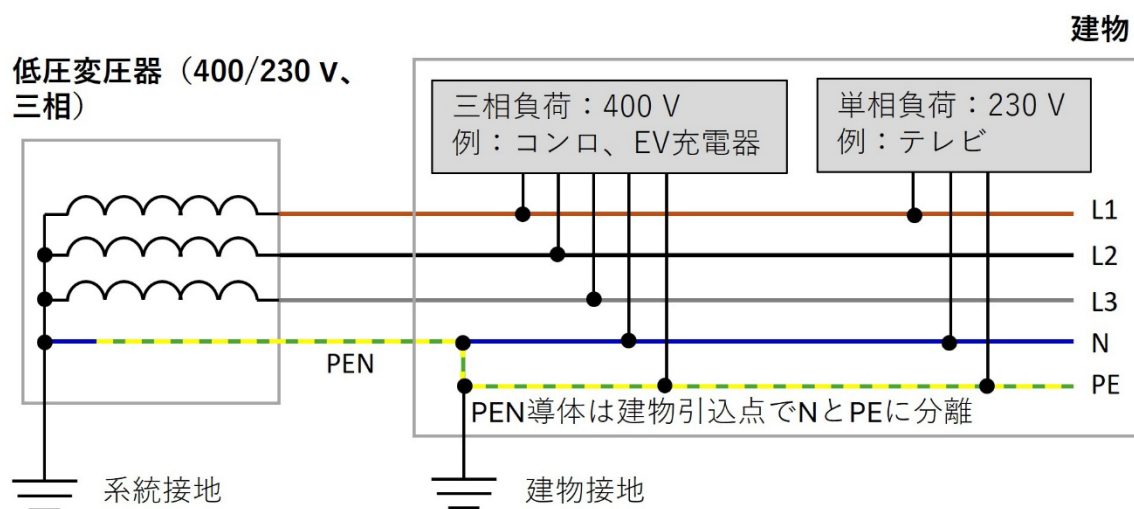
電圧レベルは以下の通りである。

- 任意の相 (L) と中性線 (N) の間は 230 V であり、一般的な家庭用コンセントや家電製品に使用される。
- 二つの相 (L-L) の間は 400 V であり、電気コンロや EV 充電器などの高出力機器に使用される。

電気コンロや EV 充電器などの大型機器は、三つの相 (L1、L2、L3) すべてに接続されることが多く、これにより電力を電力網全体に均等に分配することができる。一般的なアパートでは、各部屋やコンセント回路は異なる相に分配されている (例：キッチンが L1、リビングが L2、寝室が L3)。

プラグインソーラーのシステムは、通常の家電用電気機器と同様に、常に単相 (230 V) で接続される。

図 20：ドイツの 400/230 V 三相システム (TN-C-S) の簡略図



出典：RP Energie Lexikon⁴⁷を基に、自然エネルギー財団が作成。

接地方式：TN-C-S

ドイツでは TN-C-S 接地方式が採用されており、これはドイツおよびヨーロッパの多くの国で広く用いられている方式である。国際的には、接地方式には TN 方式、TT 方式、IT 方式など複数の種類が存在する。住宅用配電システムでは、TN 方式と TT 方式が最も一般的である。

TN 方式と TT 方式の主な違いは、保護接地 (PE) の接続方法にある。TN 方式では、保護接地 (PE) は配電システムに接続され、最終的には変圧器の接地点に接続されている。これに対して TT 方式では、保護接地は配電システムとは独立した、建物側の接地極 (アース) に接続される。

ドイツで採用されている TN-C-S 方式の仕組みは以下のとおりである。

1. 配電用変圧器から建物までの区間では、中性線 (N) と保護接地線 (PE) は一つの導体 (PEN) としてまとめられている。
2. 建物の接続点で、この PEN 導体は N と PE の二つの導体に分離される。
3. 建物内部では
 - N は運転電流を流す導体として使用される。
 - PE は保護接地専用として使用される。

ドイツの家庭用コンセントおよびプラグ

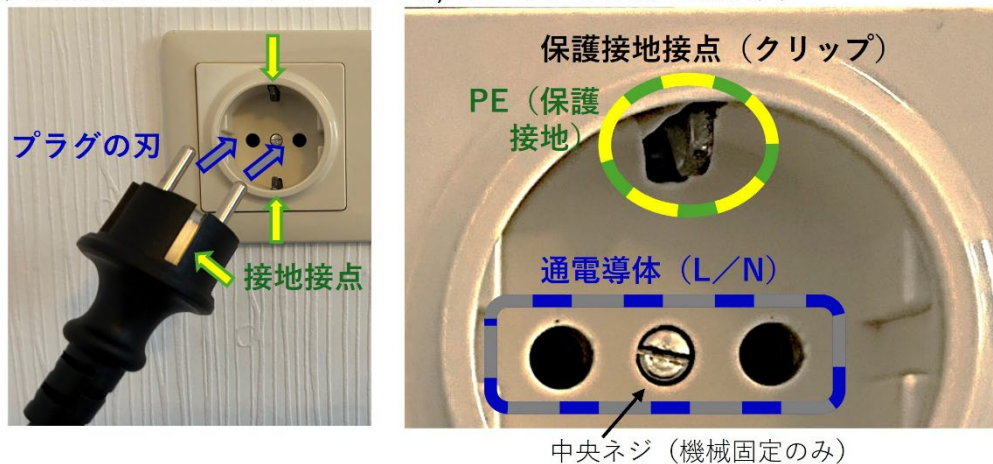
ドイツの標準的なコンセントを図 21 に示す。主な特徴は以下の通りである。

- 定格：230 V / 16 A
- 上下の側面接点により保護接地 (PE) が提供される
- プラグを差し込む際には、保護接地の接点が通電導体より先に接触し、抜く際には最後に離れる構造になっている

このコンセントには、Type C (保護接地接点なし) と Type F (保護接地接点あり) の両方のプラグを差し込むことができる。ただし、プラグインソーラーのシステムでは、Type F プラグ (一般に「Schuko」プラグ^{xiv}と呼ばれる) のみを使用可能である。したがって、プラグインソーラーのシステムは、洗濯機や冷蔵庫などの日常的な家庭用電気機器と同じ種類のコンセントを使用する。

図 21：保護接地接点を備えたドイツのコンセントおよび Schuko プラグ (Type F)

a) 家庭用コンセント／プラグ b) コンセント上部の拡大図



出典：自然エネルギー財団が撮影・作成。

^{xiv} 「Schuko」という名称は、ドイツ語の Schutzkontakt (直訳すると「保護接点」) に由来しており、プラグおよびコンセントの設計に組み込まれている保護接地接続を指している。

追加の保護装置

接地システムに加えて、ドイツの住宅用電気設備には分電盤に設置された保護装置が備えられている。コンセント回路は通常、16 A のサーキットブレーカーによって保護されており、過負荷または短絡が発生した場合に回路を遮断する。

住宅では残留電流装置（RCD）の設置が義務付けられている。RCD は、相導体（L）と中性線（N）に流れる電流の差を常時監視している。電流の不均衡が発生した場合、RCD はミリ秒単位で回路を遮断する。RCD は、感電、絶縁不良、漏れ電流に対する保護を提供する。古い設備では、1 台または 2 台の RCD が住宅内の広い範囲を保護している場合があるが、新しい設備では、より選択的で局所的な保護を行うために複数の RCD が使用されることが一般的である。ドイツの RCD は電流の流れる方向ではなく電流の不均衡を検出して動作するため、電力の流れの方向に依存せず機能する。プラグインソーラーの機器は、RCD の正常な動作を損なわないように設計されている。

付録 B：プラグインソーラー専用製品規格 DIN VDE V 0126-95（2025 年 12 月）の概要

規格の目的と適用範囲

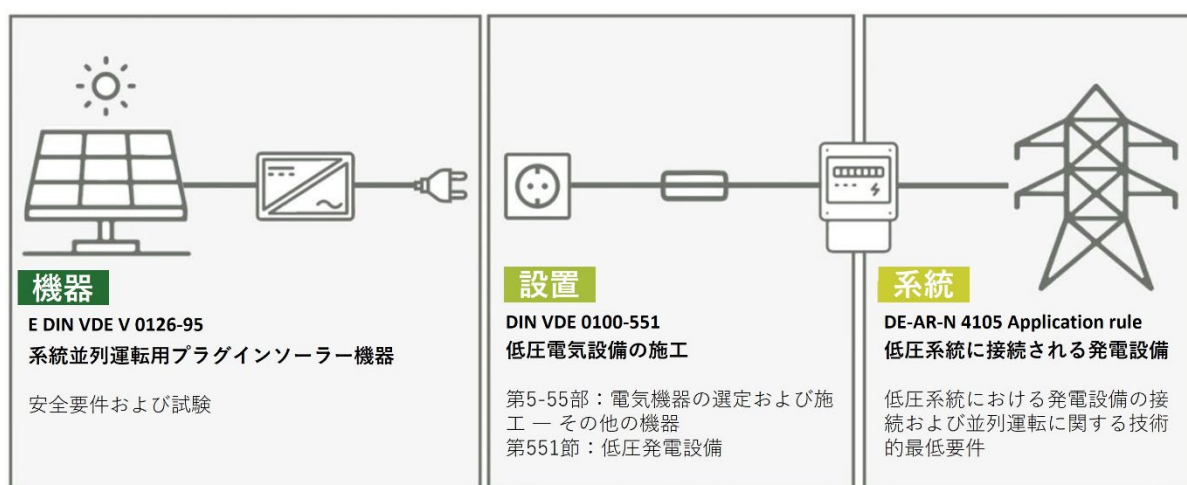
DIN VDE V 0126-95⁴⁸は、2025 年 12 月に公表された、プラグインソーラーに関する世界初の専用製品規格である。本規格は、プラグを用いて家庭用電気回路に接続することを想定したプラグインソーラーのシステム一式について、安全要件および試験方法を定めている。この規格は、ドイツにおけるプラグインソーラー市場の急速な拡大と、電気安全、機械的安全、設置条件、利用者向け文書を単一の枠組みで包括的に扱う製品レベルの規制が存在しなかった状況を背景として策定された。

重要な点として、DIN VDE V 0126-95 は製造事業者向けの製品規格であり、設置規則や系統連系規則ではない。本規格の主な役割は、プラグインソーラーの利用を原則として可能にすることではなく、安全に製造、試験、販売するための方法を定義することにある。DIN VDE V 0126-95 は既存の規格を置き換えるものではなく、これらを製品レベルで統合するものである。関連する主な規格および規制は以下の通りである。

- VDE-AR-N 4105：系統連系およびインバーターの安全要件
- DIN VDE 0100 シリーズ：家庭用電気設備
特に DIN VDE V 0100-551-1：低圧発電設備
- EU 製品安全指令および EMC 指令：CE 適合

これらを組み合わせることで、図 22 に示すように、プラグインソーラー機器を、その場限りの電気設備ではなく、安全な消費者向けエネルギー製品として扱う一貫した枠組みが形成されている。

図 22：プラグインソーラー設備に関連する主なドイツ規格の枠組み



出典：DGS の図⁴⁹を基に、自然エネルギー財団が翻訳。

プラグインソーラー製品の定義

本規格では、プラグインソーラー製品を、少なくとも以下の要素から構成される、利用者が使用可能な状態のシステムとして定義している。

- 一つ以上の太陽光モジュール
- 系統連系型マイクロインバーター
- 接続ケーブル
- AC（交流側）プラグ
- 付属または指定された取り付けシステム

このシステムは低圧の家庭用電気設備への接続を目的として設計されている。本規格により導入された重要な概念の変更は、システム全体を個別の部品の集合ではなく、一つの装置として評価する点である。

DIN VDE V 0126-95 では、三つのシステム構成が区別され、それぞれに特有の試験および文書要件が定められている。

- **コンパクト型システム**：太陽光モジュールとマイクロインバーターが一体化したユニットを構成する。モジュールとインバーター間のすべての直流側電気接続は製造事業者によって事前に組み立てられており、利用者が変更することは想定されていない。
- **二要素型システム**：太陽光モジュールとマイクロインバーターが分離している。モジュールとインバーター間の直流側電気接続は、製造事業者が指定した接続部品を使用し、設置説明書に厳密に従って利用者が行う。
- **多要素型システム**：プラグインソーラー機器が複数の太陽光モジュールおよび／または複数のマイクロインバーターから構成され、それらが電氣的に接続されて一つの機能装置として運転される。すべての直流側接続は、製造事業者が指定するシステム構成および設置説明書に従って利用者が行う。

電気性能の制限

本規格は、ドイツの法制度で定められている出力上限を確認するとともに、それを技術的に具体化している。

- 最大 AC 出力：800 W_{AC} (230 V において約 3.5 A)。この値は利用者が調整することはできない。
- DC モジュール容量：
 - 標準的な家庭用プラグ (Schuko) で接続する場合は最大 960 W_{DC} (800 W_{AC} + 20%)。これは、専門資格を持たない利用者による設置および既存の一般的な家庭用配線条件を想定した安全余裕を反映したものである。この値 (DC/AC 比 1.2) は、一般的な太陽光発電システムの設計慣行を反映する。これはしばしば「DC オーバーサイズ」と呼ばれる。

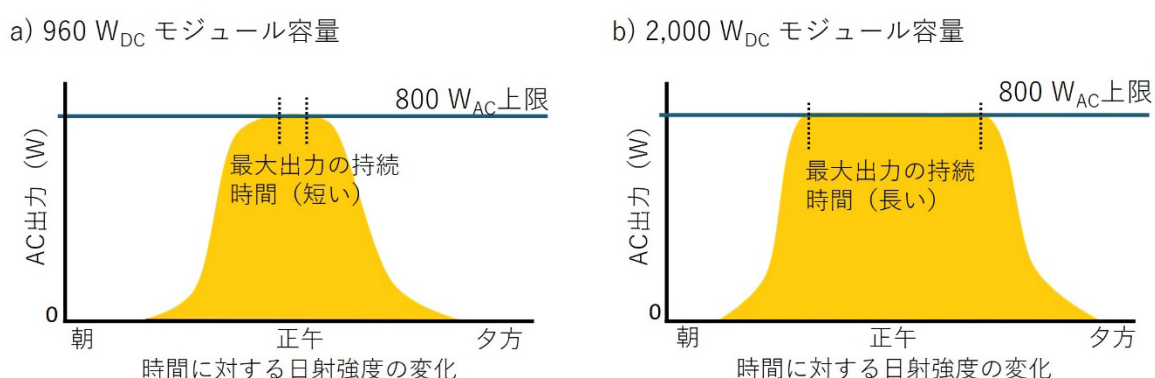
- 専用の給電用プラグおよびコンセントシステム^{xv}を使用する場合は最大 $2,000 \text{ W}_{\text{DC}}$ 。これらのシステムは通常、有資格の電気技術者によって設置される。
- 将来的には、電流制限または最終回路の監視に関する追加の技術的措置が導入されることを条件として、標準的な家庭用プラグ Schuko を使用する場合でも最大 $2,000 \text{ W}_{\text{DC}}$ が認められる可能性がある。この目的のため、プラグインソーラー製品規格の将来の改訂において、代替となる技術的解決策が開発される可能性がある。

標準化委員会は、標準的な家庭用プラグ Schuko を使用する設置に対してこの低い DC 上限を設定した理由として、以下の点を挙げている。

- プラグインソーラーシステムは、配線の品質や接続条件を事前に確認できない、未知または比較的古い電気設備に設置される可能性がある。
- DC オーバーサイズの程度は、AC 出力が最大となる時間の長さに影響する。 $960 \text{ W}_{\text{DC}}$ の場合、インバーターが $800 \text{ W}_{\text{AC}}$ の上限に到達するのは、日射が最大となる限られた時間帯（例えば夏季の最適条件下における正午頃）に限られ、持続時間も短い。
- $2,000 \text{ W}_{\text{DC}}$ の場合、最大 $800 \text{ W}_{\text{AC}}$ の出力がより頻繁に、かつより長時間発生することになり、下流側の配線や接続部における累積的な熱的負荷が増加する。

この考え方は図 23 に模式的に示されている。したがって、Schuko 接続を用いるシステムに対して DC 容量（モジュール容量）の上限を低く設定しているのは、建物種類の多様性および専門資格を持たない設置を考慮した予防的措置である。4.2 節で述べたように、WIPANO 研究プロジェクトは、最大負荷で約 1.5 時間に及ぶ日射条件を含む最悪条件下においても安全性が確保されることを確認している。この $960 \text{ W}_{\text{DC}}$ という上限は、それ以上に長い曝露時間が生じないことを確保するものである。

図 23：モジュール容量がインバーター最大出力（ $800 \text{ W}_{\text{AC}}$ ）の継続時間に与える影響の模式図



出典：Balkon.Solar.e.V.⁵⁰を基に、自然エネルギー財団が作成。

^{xv} DIN VDE 0618-1 に基づく。

プラグおよび感電防止（4.1 節参照）

プラグインソーラー機器は通常、利用者が触れることのできるプラグを介して接続されるため、感電防止は本規格の中心的な要素となっている。

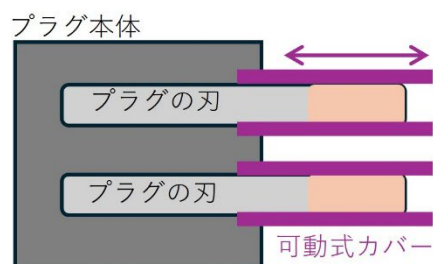
標準的な家庭用 Schuko プラグを使用する場合、機器は以下を確保しなければならない。

- プラグが抜かれている状態では、接触可能な端子に危険な電圧が存在しないこと
- プラグが抜かれた場合、電力変換が直ちに停止すること（0.1 秒以内に停止）^{xvi}
- 残留電圧が短時間のうちに安全なレベルまで低下すること（1 秒以内に 34 V 未満）

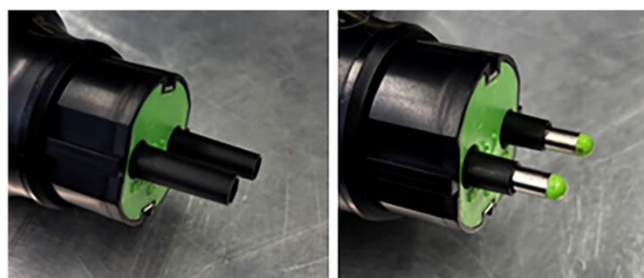
本規格では、感電防止を実現する別の方法についても説明している。それは、家庭用コンセント用に特別に設計された Schuko プラグを使用する方法である。この方法では、利用者は通常の家家庭用コンセントをそのまま使用することができる一方で、製造事業者が追加の感電防止機能を提供する。追加の感電防止機能を備えたプラグの例を図 24 に示す。この図では、プラグピンを覆う可動式カバーによって感電防止が実現されている。感電防止は例えば、プラグ内部にスイッチを設け、コンセントからプラグが抜かれた際に回路が切り離される構造によって実現することもできる。

図 24：プラグピン上の可動式カバーによる追加の感電防止

a) 模式図



b) 市販されているプラグの例



出典：(a) DIN VDE V 0126-95 および (b) Solar RRL publication⁵¹ / Seplugs⁵²を基に自然エネルギー財団作成。

系統および電気安全要件（4.3 節参照）

プラグインソーラー機器は、内蔵されたマイクロインバーターを通じて既存の系統連系安全規則に適合しなければならない。特に、低圧系統への接続に関する規格 VDE-AR-N 4105 への適合が求められる。各インバーターは、有資格の専門家によって個別に適合試験を受けなければならない^{xvii}。

さらに、本規格では以下の要件が求められている。

- 一般的な家庭用残留電流装置（RCD）との互換性
- 切断後の残留電圧の制限（例：コンデンサの迅速な放電）
- 住宅および商業環境における電磁両立性（EMC）要件への適合

^{xvi} これはインバーターによって実現され、その要件は VDE-AR-N 4105 によって定義されている。ただし、本節で説明する製品規格では、標準的な Schuko プラグを使用する場合、VDE-AR-N 4105 で定められている停止時間（0.2 秒未満）よりも速い停止時間が求められている。感電防止機能を備えた改良型 Schuko プラグまたは専用の給電接続システムを使用する場合には、インバーターの停止時間が 0.2 秒未満であれば許容される。

^{xvii} 国際規格 IEC 62109 に基づく。

機械的および構造的安全性（4.4 節参照）

プラグインソーラーの規格として初めて、特に取り付けシステムに関する機械的および構造的な安全要件が明確に含まれている。取り付けシステムは規格の仕様に従って試験を受ける必要があり、その試験は有資格の技術者によって実施されなければならない。太陽光モジュールも国際規格に基づいて安全試験を受ける必要がある^{xviii}。

この要件により、構造的安全性に関する責任は利用者から製造事業者へと移されるとともに、安全性評価のための客観的な根拠が提供される。これは特に賃貸住宅や集合住宅において重要である。

環境および耐久性要件

屋外に露出するすべての構成部品は、以下を満たす必要がある。

- 粉じんや粒子の侵入を防ぐための十分な保護等級（IP 等級）
- 紫外線および風雨に対する耐性
- 腐食耐性（ガルバニック腐食の防止を含む）
- 太陽光モジュールに一般的に適用される防火性能区分への適合

文書および利用者情報

本規格では、消費者向けの分かりやすい文書の提供が強く求められており、専門知識を持たない一般の利用者でも安全に機器を使用できることが重視されている。製造事業者は以下を提供しなければならない。

- 専門知識がなくても理解できる設置説明書（必ずドイツ語で）
- 許容される設置構成の明確な指定
- 明確な制限事項（出力、高さ、風荷重および積雪荷重の適用範囲）
- 適合する家庭用保護装置に関する情報

すべての文書は、試験が行われたシステム構成と一致していなければならない。

^{xviii} 国際規格 IEC 61730 に基づく。

付録 C：市場マスターデータ登録簿（MaStR）へのオンライン登録

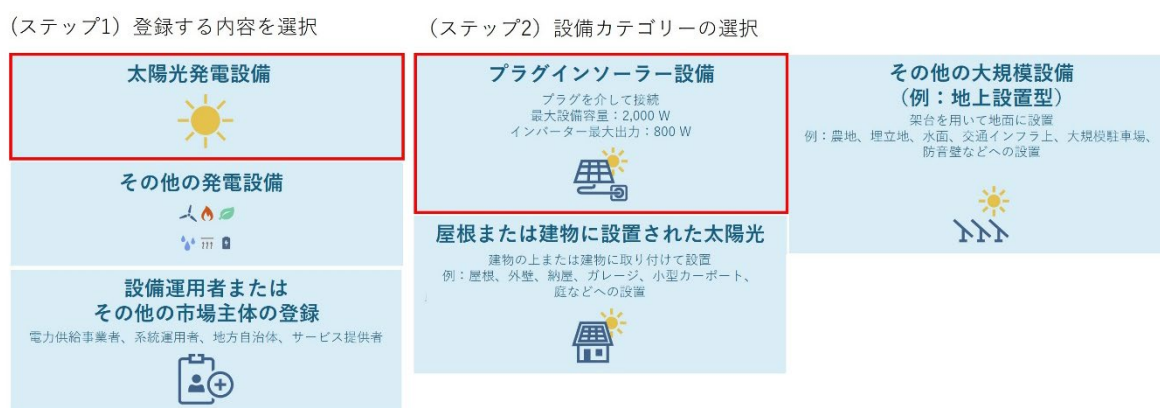
ドイツでは、プラグインソーラーのシステムを設置する際、系統運用者による事前承認は必要ない。その代わりに、利用者は市場マスターデータ登録簿（Marktstammdatenregister、MaStR）にオンラインでシステムを登録する必要がある。登録は以下のサイトから行う。

<https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>

MaStR は、連邦ネットワーク庁（BNetzA）が運営する全国データベースであり、ドイツにおける電力およびガスの発電設備を登録する中央登録簿として機能している。すべての発電設備はこのシステムに登録する必要がある。

プラグインソーラーのシステムについては、図 25 に示すように簡易な登録カテゴリーが用意されている。プラグインシステムは専門家ではない一般利用者が登録することを想定しているため、サイト上には追加の説明ページや動画も提供されている。

図 25：利用者が登録しやすいように簡易アイコンを用いた MaStR の登録画面



出典：MaStR の画面を基に自然エネルギー財団作成・翻訳。

登録手続きのステップ 2 で「プラグインソーラー設備」を選択した後（図 25）、利用者はアカウントを作成し、以下の情報を入力する必要がある。

- 設備名称
- 運転開始日
- 設置住所および地理的位置
- モジュール枚数
- 設置されたモジュールの合計容量
- インバーターの最大出力
- 電力メーター番号
- 蓄電池システムが設置されているかどうかの情報

技術図面、証明書、または電気工事士による確認書の提出は必要ない。

登録後、情報は自動的に該当する系統運用者に送信される。別途、系統連系申請を行う必要はない。必要に応じて、系統運用者は古い機械式電力量計を双方向メーターまたはスマートメーターに交換し、逆潮流が発生する可能性がある電力の流れを適切に計測する。

MaStR への登録はドイツのエネルギー法に基づき義務付けられているが、手続きは完全にデジタル化されており、通常は数分で完了する。事前承認、技術審査、待機期間などは存在しない。この低い行政的ハードルは、ドイツにおけるプラグインソーラー市場の急速な拡大に寄与した重要な要因の一つと広く考えられている。

参考文献

- ¹ VDE Standard [“DIN VDE V 0100-551-1 VDE V 0100-551-1:2018-05”](#), released 2018/05
- ² VDE Standard [“VDE-AR-N 4105 Anwendungsregel:2018-11”](#), released 2018/11
- ³ VDE Standard [“VDE-AR-N 4105 Anwendungsregel:2026-03”](#), released 2026/03
- ⁴ PV magazine, article, [“Bonn-Netz macht Anmeldung von Photovoltaik-Balkonmodulen möglich”](#), released 2018/10/04
- ⁵ Online platform, HP, [“MachDeinenStrom.de”](#), accessed 2026/02/17
- ⁶ EmpowerSource, HP, [“Empowersource.de”](#), accessed 2026/02/17
- ⁷ Plug-in PV Association, HP, [“Bundesverband Steckersolar BVSS”](#), accessed 2026/02/17
- ⁸ BVSS presentation by Christian Ofenheule, “Das Balkonkraftwerk- Technik, Markt und Perspektiven”, obtained 2025/11/10
- ⁹ Anwalt.de, HP article, [“Privilegierte Bauvorhaben nach dem WEG”](#), accessed 2026/02/17
- ¹⁰ VDE Standard [“DIN VDE V 0126-95 VDE V 0126-95:2025-12”](#), released 2015/12
- ¹¹ Commission Regulation (EU) 2016/631: [“Establishing a Network Code on Requirements for Grid Connection of Generators”](#), accessed 2026/03/13
- ¹² EU Directive 2024/1711: [“Improving the Union’s electricity market design”](#), accessed 2026/03/13
- ¹³ BVSS, press release, [“Verbände-Bündnis warnt: Smart-Meter-Desaster und mangelhafter Rechtsrahmen für Energy Sharing und Kleinspeicher bremsen Energiewende in Bürgerhand aus”](#), accessed 2026/02/17
- ¹⁴ BNetzA, article, [“Festlegung zur Marktintegration von Speichern und Ladepunkten \(MiSpeL\)”](#), accessed 2026/02/17
- ¹⁵ BVSS, press release, [“Stellungnahme zum Festlegungsverfahren zur Marktintegration von Speichern und Ladepunkten \(MiSpeL\) der Bundesnetzagentur”](#), accessed 2026/02/17
- ¹⁶ VDE Standard [“VDE-AR-N 4105 Anwendungsregel:2026-03”](#), released 2026/03
- ¹⁷ MaStR, HP, [“Marktstammdatenregister”](#) accessed 2026/02/09
- ¹⁸ MaStR, HP, [“Marktstammdatenregister”](#) accessed 2026/02/09
- ¹⁹ MaStR, HP, [“Marktstammdatenregister”](#) accessed 2026/02/09
- ²⁰ HTW Berlin, report, [“Nutzung von Stecker-Solargeräten 2022”](#), released 2022/05
- ²¹ KfW, report, [“KfW Energiewendebarmometer 2025”](#), released 2025/10
- ²² YUMA x Statista, study, [“Exklusive Studie zum Balkonkraftwerk-Markt”](#), released 2025/10/03
- ²³ BVSS, article based on a study, [“Auswertung Marktstammdatenregister 2025”](#), page accessed 2025/02/09
- ²⁴ HTW Berlin, Forschungsgruppe Solarspeichersysteme, [“Stecker-Solar-Simulator”](#), accessed 2026/03/03
- ²⁵ SmartGridsBW, HP, [“Förderprogramme für Stecker-Solaranlagen”](#), accessed 2026/03/03
- ²⁶ YUMA x Statista, study, [“Exklusive Studie zum Balkonkraftwerk-Markt”](#), released 2025/10/03
- ²⁷ UBA, HP, [“Steckersolargeräte \(Balkonkraftwerke\)”](#), released 2025/10/08

- ²⁸ Ministry of Justice and Consumer Protection [“Bürgerliches Gesetzbuch BGB § 554”](#), accessed 2026/02/17
- ²⁹ Ministry of Justice and Consumer Protection [“Wohnungseigentumsgesetz WEG § 20”](#), accessed 2026/02/17
- ³⁰ KfW, report, [“KfW Energiewendebarmeter 2025“](#), released 2025/10
- ³¹ KfW, report, [“KfW Energiewendebarmeter 2025“](#), released 2025/10
- ³² Möckernkiez, homepage, [“Möckernkiez”](#), accessed 2026/02/17
- ³³ Süddeutsche Zeitung, news article, [“Pilotprojekt: Balkonkraftwerke für mehr Mieter in Thüringen”](#), released 2024/01/15
- ³⁴ UBA, HP, [“Steckersolargeräte reduzieren eigene Stromkosten – auch für Mieter*innen“](#), released 2025/06/02
- ³⁵ Verbraucherzentrale, article, [“Steckersolar: Solarstrom vom Balkon direkt in die Steckdose“](#), released 2025/12/02
- ³⁶ Verein für Konsumenteninformation, [“Balkonkraftwerk Österreich: Solaranlage zum Einstecken“](#), released 2025-07-01
- ³⁷ MachDeinenStrom.de, HP, [“Mini-Solar News: Versicherungen Keine Schadensfälle bekannt“](#), accessed 2026/03/13
- ³⁸ Süddeutsche Zeitung, news article, [“Neues Balkonkraftwerk – Zeit, die Hausratversicherung zu prüfen“](#), released 2025/02/23
- ³⁹ Wieland electric, [“Mit Wieland-Stecker zum sicheren Balkonkraftwerk“](#), accessed 2026/02/18
- ⁴⁰ DKE, homepage, [“WIPANO”](#), accessed 2026/03/03
- ⁴¹ DKE, report, [“SteckerSolar: Entwicklung einer Produktnorm für PV-Geräte mit Stecker-Anschluss”](#), released 2024/12/04
- ⁴² DKE, report, [“SteckerSolar: Entwicklung einer Produktnorm für PV-Geräte mit Stecker-Anschluss”](#), released 2024/12/04
- ⁴³ PI Photovoltaik-Institut Berlin AG, report, [“Untersuchung der Beeinflussung der Schutzkonzepte von Stromkreisen durch Stecker-Solar-Geräte “](#), released 2017/05/20
- ⁴⁴ VDE Standard [“VDE-AR-N 4105 Anwendungsregel:2026-03“](#), released 2026/03
- ⁴⁵ VDE standard, [“DIN VDE V 0126-95 VDE V 0126-95:2025-12 Steckersolargeräte für Netzparallelbetrieb”](#), published 2025/12
- ⁴⁶ Wikimedia Commons licence by Störfix, [CC BY 2.5](#), for [wind zones](#), and [snow zones](#), accessed 2026/03/03
- ⁴⁷ RP Energie Lexikon, [“Das TN-C-S-System“](#), accessed 2026/03/02
- ⁴⁸ VDE standard, [“DIN VDE V 0126-95 VDE V 0126-95:2025-12 Steckersolargeräte für Netzparallelbetrieb”](#), published 2025/12
- ⁴⁹ DGS pvplug.de, HP article, [“VDE-Normen für Steckersolargeräte”](#), accessed 2026/03/10
- ⁵⁰ Balkon.Solar e.V., HP article, [“Neue Steckersolar Norm”](#), accessed 2026/03/02

- ⁵¹ Solar RRL, Volume: 9, Issue: 22, "[Assessment of Personal Safety Concerns of Plug and Play Photovoltaic Inverters using a Black Box Approach and Laboratory Measurements](#)", published 2025/10/14
- ⁵² SEplugs, HP, "[Neue Studie bestätigt: Der seplugs SEP-Stecker bietet höchsten Personenschutz bei Balkonkraftwerken](#)", accessed 2026/03/02

プラグインソーラー

誰もが設置できる太陽光発電の新しい形

2026年3月

公益財団法人 自然エネルギー財団

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-10-5 KDX虎ノ門一丁目ビル 11F TEL:03-6866-1020 (代表)

info@renewable-ei.org
www.renewable-ei.org