FRANZÖSISCHE REPUBLIK

Ministerium für Wirtschaft, Finanzen
und die industrielle, energiebezogene
und digitale Souveränität

Erlass Nr. xx vom xx

über die Merkmale von Photovoltaikmodulen, die eine Verlängerung der Frist für die Verpflichtung in Bezug auf Parkflächen im Freien mit einer Fläche von über 1500 Quadratmetern ermöglichen

NOR: XX

Zielgruppe: *Betreiber von Parkplätzen im Freien mit einer Fläche von mindestens 1500 Quadratmetern.*

Gegenstand: *Mit dem Erlass werden die technischen und ökologischen Anforderungen sowie die Versorgungssicherheit von Photovoltaikmodulen festgelegt, mit denen Parkplatzbetreiber eine Verlängerung der Frist zur Erfüllung ihrer Installationspflicht in Anspruch nehmen können.*

Inkrafttreten: *Der Text tritt am Tag nach seiner Veröffentlichung in Kraft.*

Rechtsgrundlage: *Der Erlass wird gemäß Artikel 40 des Gesetzes Nr. 2023-175 vom 10. März 2023 über die Beschleunigung der Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen erlassen.*

Der Premierminister,

gemäß dem Bericht des Ministers für Wirtschaft, Finanzen und die industrielle, energiebezogene und digitale Souveränität;

gestützt auf die Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft;

gestützt auf das Gesetz Nr. 2023-175 vom 10. März 2023 über die Beschleunigung der Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen, insbesondere dessen Artikel 40;

gestützt auf das Dekret Nr. 2009-697 vom 16. Juni 2009 über die Normung, in der jeweils geltenden Fassung;

gestützt auf die Stellungnahme des Oberen Rates für Energie, datiert vom 3. März 2026;

gestützt auf die Notifizierung Nr. XX an die Europäische Kommission vom XX;

gestützt auf die Bemerkungen, die während der öffentlichen Konsultation vom … bis zum … vorgebracht wurden;

erlässt hiermit Folgendes:

Artikel 1

Gemäß Artikel 40 Abschnitt III Absatz 4 des vorgenannten Gesetzes vom 10. März 2023 wird Eigentümern von Parkplätzen im Freien mit einer Fläche von mindestens 10 000 Quadratmetern gemäß Artikel 40 Abschnitt III Absatz 5 eine zusätzliche Frist eingeräumt, sofern sie Fotovoltaikmodule installieren, die die folgenden Bedingungen erfüllen:

a) Energieeffizienzwert oder Ertrag, definiert als das Verhältnis zwischen der von der exponierten Oberfläche des Moduls in der tatsächlich installierten Form erhaltenen Energie und der erzeugten Energie, streng höher als 22 %;
b) nach dem ersten Jahr eine jährliche Abnahme der Energieeffizienz um weniger als 0,4 %;
c) Ein vereinfachter CO_2-Bewertungswert des Moduls von weniger als 740 kg CO_2-Äquivalent pro kWp;
d) Produktgarantie von 12 Jahren oder mehr (für Fertigungsfehler);
e) Leistungsgarantie von 30 Jahren oder mehr (das Modul muss mindestens 80 % seiner Nennleistung erbringen);
f) Fertigung des Moduls durch ein Unternehmen, das nicht den größten Teil seiner Modulproduktion in einem Drittland herstellt, auf das mehr als 50 % des in der Europäischen Union verfügbaren Angebots an Photovoltaikmodulen entfallen. Die Produktion wird auf der Ebene der Unternehmensgruppe gemäß der Definition des Nationalen Instituts für Statistik und

Wirtschaftsstudien (INSEE) bewertet, der das Unternehmen gegebenenfalls als Tochterunternehmen angehört.

Sofern der Parkplatzeigentümer einen Dritten mit der Installation von Photovoltaikmodulen beauftragt, muss er innerhalb der in Artikel 40 Abschnitt III Absatz 5 des Gesetzes Nr. 2023-175 vom 10. März 2023 festgelegten Fristen einen Durchführungsvertrag und eine Bestellung für Photovoltaikmodule vorlegen, die zur Ausstattung des betreffenden Parkplatzes bestimmt sind und die in den Buchstaben a bis f dieses Artikels festgelegten Bedingungen erfüllen.

Die in den Buchstaben a bis f dieses Artikels genannten Bedingungen müssen in dem Durchführungsvertrag oder der Bestellung gemäß Artikel 40 Abschnitt III Absatz 5 des oben genannten Gesetzes Nr. 2023-175 vom 10. März 2023 aufgeführt sein.

Die Verfahren zur Überprüfung der Einhaltung der in den Buchstaben a bis f dieses Artikels genannten Bedingungen sowie die Methode zur Berechnung des vereinfachten CO_2-Bewertungswert des Moduls sind im Anhang beschrieben.

Artikel 2

Gemäß Artikel 40 Abschnitt III Absatz 4 des vorgenannten Gesetzes vom 10. März 2023 wird Eigentümern von Parkplätzen im Freien mit einer Fläche von mindestens 10 000 Quadratmetern gemäß Artikel 40 Abschnitt III Absatz 5 eine zusätzliche Frist eingeräumt, sofern sie Fotovoltaikmodule installieren, die die folgenden Bedingungen erfüllen:

a) Energieeffizienzwert oder Ertrag, definiert als das Verhältnis zwischen der von der exponierten Oberfläche des Moduls in der tatsächlich installierten Form erhaltenen Energie und der erzeugten Energie, streng höher als 22 %;
b) nach dem ersten Jahr eine jährliche Abnahme der Energieeffizienz um weniger als 0,4 %;
c) Ein vereinfachter CO_2-Bewertungswert des Moduls von weniger als 740 kg CO_2-Äquivalent pro kWp;
d) Produktgarantie von 12 Jahren oder mehr (für Fertigungsfehler);
e) Leistungsgarantie von 30 Jahren oder mehr (das Modul muss mindestens 80 % seiner Nennleistung erbringen);
f) Fertigung des Moduls innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums. Die Herstellung der Module darf nicht in einem Drittland erfolgen, auf das mehr als 50 % des in der Europäischen Union verfügbaren Angebots an Photovoltaikmodulen entfallen.

Sofern der Parkplatzeigentümer einen Dritten mit der Installation von Photovoltaikmodulen beauftragt, muss er innerhalb der in Artikel 40 Abschnitt III Absatz 6 des Gesetzes Nr. 2023-175 vom 10. März 2023 festgelegten Fristen einen Durchführungsvertrag und eine Bestellung für Photovoltaikmodule vorlegen, die zur Ausstattung des betreffenden Parkplatzes bestimmt sind und die in den Buchstaben a bis f dieses Artikels festgelegten Bedingungen erfüllen.

Die in den Buchstaben a bis f dieses Artikels genannten Bedingungen müssen in dem Durchführungsvertrag oder der Bestellung nach Artikel 40 Abschnitt III Absatz 6 des oben genannten Gesetzes Nr. 2023-175 vom 10. März 2023 aufgeführt sein.

Die Verfahren zur Überprüfung der Einhaltung der in den Buchstaben a bis f dieses Artikels genannten Bedingungen sowie die Methode zur Berechnung des vereinfachten CO_2-Bewertungswert des Moduls sind im Anhang beschrieben.

Artikel 3

Der Erlass Nr. 2024-1104 vom 3. Dezember 2024 über die Merkmale von Photovoltaikmodulen, die eine Verlängerung der Frist für die Verpflichtungen in Bezug auf Parkflächen im Freien mit einer Fläche von mindestens 10 000 Quadratmetern ermöglichen, wird aufgehoben.

Artikel 4

Der Minister für ökologischen Wandel, biologische Vielfalt und internationale Verhandlungen über Klima und Natur sowie der Minister für Wirtschaft, Finanzen und die industrielle, energiebezogene und digitale Souveränität sind jeweils in ihrem Zuständigkeitsbereich für die Umsetzung dieses Erlasses verantwortlich, der auf der Website des Amtsblatts der Französischen Republik veröffentlicht wird.

Geschehen am XX.

Der Premierminister:
[Vorname NACHNAME]

Der Minister für ökologischen Wandel, biologische Vielfalt und internationale Verhandlungen über Klima und Natur,
[Vorname NACHNAME]

Der Minister für Wirtschaft, Finanzen, und industrielle, energiebezogene und digitale Souveränität,
[Vorname NACHNAME]

Anhang

Die Bewertung der Einhaltung der in den Buchstaben a bis f der Artikel 1 und 2 dieses Erlasses genannten Bedingungen wird von einer Zertifizierungsstelle durchgeführt, die über eine Akkreditierung nach der Norm NF EN ISO/IEC 17065: 2012 sowie eine Akkreditierung nach der Norm NF EN ISO/IEC 17025: 2017 für da Erzeugnis „Photovoltaikmodul“ (Normenreihen NF EN IEC 61215 und NF EN IEC 61730 oder andere gleichwertige Verfahren)verfügt, die von der nationalen Akkreditierungsstelle oder der nationalen Akkreditierungsstelle eines anderen Mitgliedstaats der Europäischen Union ausgestellt ist, der Mitglied der Europäischen Kooperation für Akkreditierung ist und multilaterale Abkommen über die gegenseitige Anerkennung unterzeichnet hat.

Zu diesem Zweck stellt die Zertifizierungsstelle eine Bescheinigung aus, die folgende Angaben enthalten muss:

- Inhaber der Bescheinigung: Name und Anschrift;
- die genaue Modulbezeichnung, die Nennleistung, die Zelleigenschaften, das Modulgewicht;
- bei Photovoltaikmodulen aus kristallinem Silizium die Zeichen (Zahlen oder Buchstaben), die die Produktionsstandorte der drei Hauptkomponenten des Moduls kennzeichnen:
  - die Fertigungsanlage des Moduls;
  - die Fertigungsanlage der Solarzellen;
  - die Fertigungsanlage der Siliziumwafer;

  müssen auf dem Typenschild auf der Rückseite des Moduls angebracht werden, das die Seriennummer des Moduls trägt, wobei sie entweder direkt in die Seriennummer integriert oder als spezifischer Code angegeben sein können;
- Bei Dünnschicht-Photovoltaikmodulen müssen die Zeichen (Zahlen oder Buchstaben), die den Produktionsstandort des Moduls kennzeichnen, auf dem Typenschild auf der Rückseite des Moduls angebracht werden, das die Seriennummer des Moduls trägt, wobei sie entweder direkt in die Seriennummer integriert oder als spezifischer Code angegeben sein können;
- der Name und die Anschrift der oben genannten Produktionsstandorte;
- für jeden dieser Produktionsstandorte die am Produktionsstandort durchgeführten Herstellungsschritte;
- das Datum des letzten Audit, das am Herstellungsort des Moduls durchgeführt wurde (dies muss weniger als ein Jahr alt sein);
- j) die Gültigkeitsdauer der Bescheinigung;
- die Einhaltung der in den Buchstaben a bis f der Artikel 1 und 2 dieses Erlasses genannten Bedingungen und die Prüfergebnisse.

Die Bescheinigung hat eine maximale Gültigkeit von 12 Monaten.

Die Verwaltungsbehörde kann die betreffenden Module nach ihrem Inverkehrbringen jährlich durch eine oben genannte Zertifizierungsstelle stichprobenartig überprüfen lassen. Die Prüfungen umfassen:

- Konformität des Moduls mit dem vertraglich vereinbarten Wert des vereinfachten CO_2-Fußabdrucks,
- Überprüfung der auf dem Typenschild des Moduls angegebenen Nennleistung,
- Messung der Zelldicke.

Die Verwaltungsbehörde behält sich das Recht vor, alle weiteren Kontrollen durchzuführen oder durchführen zu lassen, die sie für erforderlich hält, um die Einhaltung der Bestimmungen dieses Erlasses sicherzustellen; dies gilt insbesondere für die Überprüfung – entweder anhand von Unterlagen oder vor Ort –, ob die von den Produktionsanlagen des Moduls und der Solarzellen vertraglich gebundenen Mengen mit deren jeweiligen Produktionskapazitäten im Einklang stehen.

A. Vereinfachte CO_2-Bewertungsmethode

Die vereinfachte CO_2-Bewertung gilt als gültig, wenn ein nach den obigen Bestimmungen nach der Norm NF EN ISO/IEC 17025: 2017 akkreditiertes Labor bescheinigt, dass die Module den Normen NF EN IEC 61215 und NF EN IEC 61730 oder anderen gleichwertigen Methoden entsprechen, und die Herkunft sowie die Lieferkette jedes einzelnen Materials, das für die Herstellung der Photovoltaikmodule oder -folien benötigt wird und in die Berechnung des CO_2-Fußabdrucks einfließt (in Anhang A aufgeführt), im Rahmen der Durchführung der Berechnung dokumentiert wurde.

I. Annahmen und Anwendungsbereich der vereinfachten CO_2-Bewertungsmethode

Die vereinfachte CO_2-Bewertung von Photovoltaikanlagenmodulen beruht ausschließlich auf der vereinfachten CO_2-Bewertung des Photovoltaiklaminats (rahmenloses Photovoltaikmodul). Die Spitzenleistung der Module wird nur auf der Vorderseite berücksichtigt (die Leistung auf der Rückseitenfolie wird nicht berücksichtigt).

Bei der vereinfachte CO_2-Bewertung ist eine negative Toleranz für die Spitzenleistung nicht zulässig.

Treibhausgasemissionen, die mit anderen Komponenten der Anlage verbunden sind, werden nicht berücksichtigt.

Aus Gründen der Einfachheit und Rückverfolgbarkeit werden bei der vereinfachten CO_2-Bewertung des Moduls nur die folgenden Herstellungsschritte berücksichtigt:

Bei kristallinem Silizium:

- Herstellung von metallurgischem Silizium (MG-Si)
- Herstellung des Polysiliziums
- Herstellung von Ingotss (ingot as-grown)
- Herstellung des Siliziumblocks (ingot to brick)
- Herstellung des Wafers
- Herstellung der Solarzelle (vor dem Schneiden am Ort der Modulmontage)
- Herstellung des Moduls
- Herstellung von Glas und gehärtetem Glas
- Herstellung der Verkapselungen (EVA, POE oder sonstiges)
- Herstellung der Rückseitenfolie (PET, PVF, POE oder sonstiges)

Bei Dünnfilm-Modulen:

- Herstellung des Moduls
- Herstellung von Glas und gehärtetem Glas
- Herstellung der Verkapselungen (EVA, PET, PVF, POE oder sonstiges)
- Herstellung der Rückseitenfolie (PET, PVF, POE oder sonstiges).

Treibhausgasemissionen aus anderen Lebenszyklusphasen des Moduls werden nicht berücksichtigt (Transport zum Inbetriebnahme- und Betriebsstandort, Installation, Nutzung, Ende der Lebensdauer).

II. Verwendete Berechnungsformel

Die vereinfachte CO_2-Bewertung der für die Photovoltaikanlage verwendeten Module beruht auf folgender Formel 1:

Formel 1

$$G = \sum_{i\ Komponenten\ des\ Moduls} G_i$$

wobei:

- **G**, [kg CO_2Äq/kWp], ist die Menge an Treibhausgasen, die bei der Herstellung eines Kilowatt-Peak eines Photovoltaik-Moduls entstehen.

G wird durch Addition der Gi-Werte ermittelt, die die Treibhausgasemissionswerte jeder Komponente i des Photovoltaikmoduls pro Kilowatt-Peak Leistung darstellen. Gi wird in derselben Einheit wie G ausgedrückt. Jedes Gi wird mit Hilfe der Formel 2 ermittelt.

Formel 2

$$G_i[kg\ eq\ CO_2/kWc] = \sum_j (GWP_{ij} * X_{ij}) * Q_i$$

wobei:

- **Qi** stellt die Menge der Komponente i (bestimmt in Schritt 1) dar, die für die Herstellung von 1 kWp Photovoltaikmodul oder Photovoltaik-Folie erforderlich ist, einschließlich Verluste und Brüche.
- **xij**, ohne Einheit, entspricht dem Verteilungsanteil (ermittelt in Schritt 2) der Produktionskomponente i des Produktionsstandorts j. Dieser Koeffizient wird über ein Lieferjahr gemittelt.
- **Einheit GWPij** ausgedrückt in Kilogramm CO_2-Äquivalent pro Quantifizierungseinheit der Komponente, bezeichnet die spezifische CO-$_2$Äq-Emission im Zusammenhang mit der Herstellung der Komponente i pro Komponentenquantifizierungseinheit (z. B. m² für Modul) am Produktionsstandort j (bestimmt in Schritt 3) (GWP = Global Warming Potential).

III. Schritte zur Berechnung des vereinfachten CO_2-Fußabdrucks eines Photovoltaikmoduls oder einer Photovoltaikfolie

III.1/ Verzeichnis der für die Herstellung des Photovoltaikmoduls oder der Photovoltaikfolie erforderlichen Materialmenge

Der erste Schritt bei der Berechnung der vereinfachten CO_2-Bewertung des Photovoltaikmoduls besteht darin, die Komponenten zu erfassen und zu quantifizieren, die für die Herstellung von

Photovoltaikmodulen bezogen auf 1 kWp Leistung erforderlich sind. Um Verluste und Brüche bei der Herstellung von Modulen unter Verwendung der kristallinen Siliziumtechnologie zu berücksichtigen, werden die Koeffizienten in Tabelle 2 angewendet, die sich auf die Menge der für die Herstellung des Zwischenprodukts erforderlichen Materialien und Komponenten beziehen.

Die mit Qi bezeichnete Menge jeder Komponente, die zur Herstellung von 1 kWp Modulleistung benötigt wird, wird in einer für die jeweilige Komponente spezifischen Einheit angegeben:

- **MG-Si-** in kg. Dieser Wert wird auf die Siliziummenge heruntergerechnet, die zur Herstellung von 1 kWp Modulleistung benötigt wird. Verluste und Brüche werden berücksichtigt.

- **Polysilizium** in kg. Dieser Wert wird auf die Siliziummenge heruntergerechnet, die zur Herstellung von 1 kWp Modulleistung benötigt wird. Verluste und Brüche werden berücksichtigt.
- **Ingots** in kg Silizium. Dieser Wert wird auf die Siliziummenge heruntergerechnet, die zur Herstellung von 1 kWp Modulleistung benötigt wird. Verluste und Brüche werden berücksichtigt.
- **Block** in kg Silizium. Dieser Wert wird auf die Siliziummenge heruntergerechnet, die zur Herstellung von 1 kWp Modulleistung benötigt wird. Verluste und Brüche (vorne, hinten und Fläche) werden berücksichtigt.
- **Wafer** in m² Wafer. Dieser Wert wird auf die für die Erzeugung von 1 kWp erforderliche Waferfläche heruntergerechnet. Verluste und Brüche werden berücksichtigt. Die Berechnung der Verluste und Brüche ist in Tabelle 2 dargestellt, mit einer festgelegten Schnittfugenbreite von 70 µm und einer Siliziumdichte von 2330 kg/m².
- **Zellen** in m² Zellen. Dieser Wert wird auf die für die Erzeugung von 1 kWp erforderliche Zellfläche heruntergerechnet. Verluste und Brüche werden berücksichtigt.
- **Module** in m² Module. Dieser Wert ist die Modulfläche, die bei kristallinen Modulen oder Dünnschicht-Modulen für die Erzeugung von 1 kWp benötigt wird.
- **Glas** in kg. Dieser Wert gibt die Glasmasse an, die für die Erzeugung von 1 kWp erforderlich ist, (berechnet auf Basis von Glasfläche und -dicke, Referenzdichte 2700 kg/m^3).
- **Gehärtetes Glas** in kg. Dieser Wert ist die Masse an gehärtetem Glas, die für die Erzeugung von 1 kWp erforderlich ist (berechnet auf Basis von Fläche und Dicke des gehärteten Glases, Referenzdichte 2700 kg/m^3).
- **Verkapselung: EVA-** oder ein anderes gleichwertiges Material in kg. Dieser Wert entspricht der Masse an Verkapselung, die zur Erzeugung von 1 kWp benötigt wird (berechnet auf Basis von Fläche und Dicke der Verkapselung; Referenzdichte 963 kg/m^{33}).
- **Rückseitenfolie: PET, Rückseitenfolie** oder anderes gleichwertiges Material in kg. Dieser Wert entspricht der Masse an Rückseitenfolie, die zur Erzeugung von 1 kWp benötigt wird (berechnet auf der Basis von Fläche und Dicke der Rückseitenfolie; Referenzdichte 1400 kg/m^3).

- **PVF-** in kg. Dieser Wert ist die für die Erzeugung von 1 kWp erforderliche PVF-Masse (berechnet auf der Basis von Fläche und Dicke des PVF, Referenzdichte 1400 kg/m^3).

III.2 / Identifikation des Fertigungsstandorts/der Fertigungsstandorte der einzelnen Komponenten

Für die Berechnung der vereinfachten CO2-Bewertung müssen die Produktionsstandorte der einzelnen Komponenten des Photovoltaikmoduls bekannt sein. Die Menge an Treibhausgasen, die entsprechend direkt oder indirekt entstehen (Stromerzeugung), ist in hohem Maße vom Herstellungsland abhängig.

Der Produktionsstandort und das Herstellungsland jeder Komponente sind in Spalte 6 der Tabelle 1 anzugeben.

Stammt dieselbe Komponente i aus verschiedenen Produktionsstandorten j, sind die Verteilungskoeffizienten xij der Bezugsquellen über die verschiedenen Produktionsstandorte (gemittelt über ein Lieferjahr) in Spalte 3 der Tabelle 1 anzugeben (für jede Komponente i ist die Summe von xij über j gleich 1).

III.3 / Bestimmung der Menge der Treibhausgase als CO_2-äquivalente Emissionen, die direkt oder indirekt bei der Produktion der Komponente i pro Quantifizierungseinheit der Komponente am Produktionsstandort j ausgestoßen werden (GWPij-Bedingungen)

Die einheitlichen GWPij-Werte werden anhand der in Tabelle 3 angegebenen Werte nach der im nachstehenden Absatz beschriebenen Methode bestimmt. Tabelle 3 gibt die Treibhausgasemissionswerte für CO_2Äq für die Produktionsschritte der Komponenten von Photovoltaikmodulen je nach Land oder geografischem Gebiet des Herstellungslandes an.

- Jede Zeile in der Tabelle entspricht einer Art von Photovoltaikmodultechnologie: monokristallin, CdTe-Folie oder CIGS-Folie. Wenn das Herstellungsland/die Herstellungsländer in der Tabelle aufgeführt ist/sind, sollte der spezifische CO_2Äq-Emissionswert der entsprechenden Spalte verwendet werden.
- Wenn das Herstellungsland/die Herstellungsländer nicht in Tabelle 3 aufgeführt ist/sind: es wird ein konservativer spezifischer Emissionswert verwendet:
  - ✓ Ist das Land Teil des Europäischen Wirtschaftsraums, wird der zu verwendende Wert in der Spalte „anderes Land in Europa“ angegeben;
  - ✓ Ist das Land nicht Teil des Europäischen Wirtschaftsraums, wird der zu verwendende Wert in der Spalte „Anderes Land weltweit“ angegeben.

Bei der vereinfachten CO_2-Bewertung des Photovoltaik-Laminats wird ein Anteil an recyceltem Silizium (GWPij-Werte gemäß Tabelle 3) von 33 % berücksichtigt.

III.4 / Endgültige Berechnung von G

Die endgültige Berechnung von G anhand der Formel 1 erfolgt durch Addition der Gi-Werte für alle Komponenten i des Photovoltaikmoduls oder der Photovoltaik-Folie.

Tabelle 1:

- Aufstellung der Zusammensetzung eines Photovoltaikmoduls oder einer Photovoltaik-Folie (Qi) bezogen auf 1 kWp
- Ermittlung der Produktionsstandorte und Verteilung der Bezugsquellen für eine Komponente, die auch aus mehreren Produktionsstandorten stammen kann
- GWPij-Werte (Global Warming Potential) für jede Komponente des Photovoltaikmoduls oder der Photovoltaik-Folie gemäß Tabelle 3

	Quantifizierung jede Komponente, die zur Erzeugung von 1 kWp Leistung benötigt wird.	**Koeffizienten für die Verteilung der Bezugsquellen auf die verschiedenen Produktionsstätten**	**Typreferenz der Komponente**	**Firmenname des Produktionsstandorts der Komponente**	**Vollständige Anschrift und Land des Produktionsstandorts der Komponente**	**Standardmäßig zu verwendende einheitliche GWPij-Werte**
Metallurgisches Polysilizium (Mg-Si)	Menge: kg	X 1: % X 2: %	Ref. 1 Ref. 2	Standort 1 Standort 2	Vollständige Anschrift 1 Land Vollständige Anschrift 2 Land	Wert 1: kg $ÄqCO_2$/kg Wert 2: kg $ÄqCO_2$/kg
Polysilizium Siemensverfahren (SoG-Si)	Menge: kg	X 1: % X 2: % …	Ref. 1 Ref. 2 …	Standort 1 Standort 2 …	Vollständige Anschrift 1 Vollständige Anschrift 2	Wert 1: kg $ÄqCO_2$/kg Wert 2: kg $ÄqCO_2$/kg
Ingots	Menge: kg	X 1: % …	Ref. 1 …	Standort 1: …	Vollständige Anschrift 1	Wert 1: kg $ÄqCO_2$/kg
Blöcke	Menge: kg	X 1: % …	Ref. 1 …	Standort 1: …	Vollständige Anschrift 1	Wert 1: kg $ÄqCO_2$/kg
Wafer	Länge: mm Breite: mm Dicke: mm	X 1: % …	Ref. 1 …	Standort 1: …	Vollständige Anschrift 1	Wert 1: kg $ÄqCO_2/m^2$
Zellen	Technologie: Länge: mm Breite: mm Dicke: mm	X 1: % …	Ref. 1 …	Standort 1: …	Vollständige Anschrift 1 …	Wert 1: kg $ÄqCO_2/m^2$ …
Module	Länge: mm Breite: mm Leistungsbereich pro Schritt von 5 Wc	X 1: % …	Ref. 1 …	Standort 1: …	Vollständige Anschrift 1 …	Wert 1: kg $ÄqCO_2/m^2$ …

Glas	Länge: mm Breite: mm Dicke: mm	X 1: % …	Ref. 1 …	Standort 1: …	Vollständige Anschrift 1 …	Wert 1: kg $ÄqCO_2$/kg …
Gehärtetes Glas	Länge: mm Breite: mm Dicke: mm	X 1: % …	Ref. 1 …	Standort 1: …	Vollständige Anschrift 1 …	Wert 1: kg $ÄqCO_2$/kg …
Verkapselung	Dicke: µm	X 1: % X 2: % …	Ref. 1 Ref. 2 …	Standort 1: Standort 2:	Vollständige Anschrift 1 Vollständige Anschrift 2	Wert 1: kg $ÄqCO_2$/kg: Wert 2: kg $ÄqCO_2$/kg:
Rückseitenfolie	Dicke: µm	X 1: % X 2: % …	Ref. 1 Ref. 2 …	Standort 1: Standort 2: …	Vollständige Anschrift 1 Vollständige Anschrift 2 …	Wert 1: kg $ÄqCO_2$/kg: Wert 2: kg $ÄqCO_2$/kg: …

Tabelle 2: Verlust- und Bruchkoeffizienten für Zwischenprodukte.

Prozessschritt / Material	Materialmenge, die für die Herstellung des Zwischenprodukts erforderlich ist, einschließlich Verluste und Brüche
Polysilizium, as-grown	1,13 kg MG-Si/kg Polysilizium
Ingot, mono, as-grown	1,04 kg PolySi/kg Ingot
Block, mono (ingot to brick)	1,79 kg Ingot/kg Block
Wafer,	[(Schnittfuge + Waferdicke) * Siliziumdichte in kg/m² Wafer
Zelle, mono, poly und monoähnliche Zelle	1,01 m² Wafer/m² Zelle
Modul, mono/poly, m² Zellen	1,02 m² Zelle/Modul
Glas	1 kg Glas/kg Glas pro Modul
Gehärtetes Glas	1 kg Glas/kg Glas pro Modul
Verkapselungsfolie (EVA, POE usw.)	1,01 kg Verkapselung/kg Verkapselung pro Modul
Rückseitenfolie (PET/POE/PVF)	1,02 kg Rückseitenfolie pro Modul
Module, CdTe,	trifft nicht zu
Module, CIGS	trifft nicht zu

Das Recycling von Polysilizium aus Verlusten und Brüchen bei der Herstellung der Ingots ist mit einem GWPij-Emissionswert gemäß Tabelle 3 (Standardwert = 0 kg CO2-Äq/kg) zu berücksichtigen.

Beispiel:
Nehmen wir ein 2,56 m² großes Modul, das 72 monokristalline Siliziumzellen mit einer Größe von 182×182 mm² enthält. Die Waferdicke beträgt 160 µm.
Die Masse der in diesem Modul enthaltenen Verkapselung (EVA) beträgt 2,5 kg. Die für die Herstellung eines Moduls erforderliche Masse an Verkapselung beträgt unter Berücksichtigung der Verluste 2,525 kg. 2,5 kg wird mit dem Koeffizienten in Tabelle 2 multipliziert, der bei dem Modul 1,01 kg EVA/kg EVA entspricht
Die folgende Tabelle enthält die Menge der für die Herstellung des Moduls erforderlichen Menge an Komponenten, einschließlich Verluste und Brüche:

Werkstoffe/Komponente	***In einem Modul enthaltene Menge (ohne Verluste und Brüche)***	***Für die Herstellung eines Moduls benötigte Menge***	***Verlust- und Bruchkoeffizient***
Verkapselung	2,5 kg	2,525 kg	1,01 kg/kg EVA
Rückseitenfolie	1,08 kg	1,10 kg	1,02 kg/kg PET
Glas	20,5 kg	20,5 kg	1,00 kg/kg Glas
Gehärtet	20,5 kg	20,5 kg	1,00 kg/kg Glas
Modul (m²)	2,56	2,56	1
Zellen (m²)	2,38 *= 72 * 0,182 * 0,182*	2,43	1,02 x m² Zelle/Modul
Wafer (m²)	2,38	2,46	1,01 m² Wafer/m² Zelle
Block (kg)	0,89	1,32 $=2,46*(160+70)*2330*10^{-6}$	
Ingot mono Si (kg)	0,89	2,36	1,79 kg Ingot/kg Block
Polysilizium (kg)	0,89	2,45	1,04 kg PolySi/kg Ingot
Metallurgisches Silizium (MG-Si)	0,89	2,77	1,13 kg MG-Si/kg Poly Si

Um G zu berechnen, müssen dann noch Q, die für die Herstellung eines kWp-Moduls erforderliche Komponentenmenge, bestimmt und die Formel 2 angewendet werden.

Tabelle 3: Treibhausgasemissionen bei der Herstellung von Bauteilen in CO_2-Äq:
GWP = Treibhauspotenzial, Methode: IPCC 2021, GWP über 100 Jahre, Software: Sima Pro 3.9
Datenbank: Ecoinvent 3.9, Quellen: CEA INES

Fertigungsstufe/Werkstoff	Einheit	Österreich	Belgien	Bulgarien	Schweiz	Zypern	Tschechische Republik	Deutschland	Dänemark	Estland	Spanien	Finnland	Frankreich
Metallurgisches Silizium MG-Si	kg CO_2-Äq/kg	7,73	7,11	10,74	5,22	16,89	12,25	10,06	7,21	11,96	7,82	7,34	5,73
PolySi, Siemens-Verfahren	kg CO_2-Äq/kg	29,72	25,81	48,88	13,78	88,02	58,51	44,59	26,40	56,64	30,30	27,23	17,04
Herstellung von Ingots, Mono	kg CO_2-Äq/kg	16,52	14,74	25,28	9,24	43,17	29,68	23,32	15,01	28,83	16,79	15,39	10,73
Herstellung von Blöcken	kg CO_2-Äq/kg	0,87	0,80	1,20	0,59	1,87	1,36	1,12	0,81	1,33	0,88	0,82	0,65
Herstellung von Mono-Wafern	kg CO_2-Äq/m²	3,72	3,44	5,08	2,59	7,86	5,76	4,77	3,48	5,63	3,76	3,54	2,82
Herstellung von Zellen	kg CO_2-Äq/m²	20,52	19,12	27,37	14,82	41,37	30,82	25,84	19,33	30,15	20,73	19,63	15,99
Glas	kg CO_2-Äq/kg	1,00	1,00	1,03	0,98	1,09	1,05	1,02	1,00	1,04	1,00	1,00	0,98
Gehärtetes Glas	kg CO_2-Äq/kg	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Verkapselung (EVA oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	2,69	2,65	2,88	2,54	3,25	2,97	2,84	2,66	2,95	2,70	2,67	2,57
Rückseitenfolie (PET oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	3,71	3,67	3,90	3,56	4,27	3,99	3,86	3,68	3,97	3,72	3,69	3,59
Rückseitenfolie (PVF)	kg CO_2-Äq/kg	20,52	20,37	21,29	19,89	22,86	21,68	21,12	20,39	21,60	20,55	20,43	20,02
Kristallines Modul	kg CO_2-Äq/m² Modul	4,96	4,75	5,99	4,10	8,10	6,51	5,76	4,78	6,41	4,99	4,82	4,27
Herstellung von CdTe-Modulen,	kg CO_2-Äq/m² Modul	25,55	22,30	41,45	12,31	73,95	49,45	37,89	22,79	47,90	26,03	23,48	15,02
Herstellung von CIGS-Modulen	kg CO_2-Äq/m² Modul	39,73	32,89	73,23	11,87	141,65	90,06	65,72	33,93	86,80	40,75	35,38	17,56

Fertigungsstufe/Werkstoff	Einheit	Vereinigtes Königreich	Griechenland	Kroatien	Ungarn	Irland	Island	Italien	Litauen	Luxemburg	Lettland	Malta	Niederlande
Metallurgisches Silizium MG-Si	kg CO_2-Äq/kg	8,12	12,77	9,40	9,30	9,65	5,44	9,29	9,84	9,24	10,60	10,11	10,43
PolySi, Siemens-Verfahren	kg CO_2-Äq/kg	32,21	61,83	40,38	39,75	41,96	15,17	39,64	43,18	39,33	47,98	44,85	46,95
Herstellung von Ingots, Mono	kg CO_2-Äq/kg	17,66	31,20	21,40	21,11	22,12	9,87	21,06	22,68	20,92	24,87	23,44	24,40
Herstellung von Blöcken	kg CO_2-Äq/kg	0,91	1,42	1,05	1,04	1,08	0,61	1,04	1,10	1,03	1,18	1,13	1,16
Herstellung von Mono-Wafern	kg CO_2-Äq/m²	3,89	6,00	4,47	4,43	4,59	2,68	4,42	4,67	4,40	5,01	4,79	4,94
Herstellung von Zellen	kg CO_2-Äq/m²	21,41	32,00	24,33	24,11	24,90	15,32	24,07	25,34	23,96	27,05	25,93	26,68
Glas	kg CO_2-Äq/kg	1,01	1,05	1,02	1,02	1,02	0,98	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03
Gehärtetes Glas	kg CO_2-Äq/kg	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Verkapselung (EVA oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	2,72	3,00	2,79	2,79	2,81	2,55	2,79	2,82	2,78	2,87	2,84	2,86
Rückseitenfolie (PET oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	3,74	4,02	3,81	3,81	3,83	3,57	3,81	3,84	3,80	3,89	3,86	3,88
Rückseitenfolie (PVF)	kg CO_2-Äq/kg	20,62	21,81	20,95	20,93	21,01	19,94	20,92	21,06	20,91	21,26	21,13	21,21
Kristallines Modul	kg CO_2-Äq/m² Modul	5,09	6,69	5,53	5,50	5,62	4,17	5,49	5,68	5,47	5,94	5,77	5,88
Herstellung von CdTe-Modulen,	kg CO_2-Äq/m² Modul	27,61	52,21	34,40	33,88	35,71	13,47	33,78	36,72	33,53	40,71	38,11	39,85
Herstellung von CIGS-Modulen	kg CO_2-Äq/m² Modul	44,09	95,87	58,37	57,27	61,14	14,29	57,07	63,27	56,53	71,66	66,19	69,85

Fertigungsstufe/Werkstoff	Einheit	Norwegen	Polen	Portugal	Rumänien	Schweden	Slowenien	Slowakei	China	Japan	Südkorea	Malaysia	Philippinen
Metallurgisches Silizium MG-Si	kg CO_2-Äq/kg	5,18	15,28	8,57	9,32	5,28	8,83	9,41	15,37	12,24	12,56	14,24	14,98
PolySi, Siemens-Verfahren	kg CO_2-Äq/kg	13,54	77,81	35,08	39,89	14,15	36,74	40,43	75,21	55,27	57,34	68,02	72,72
Herstellung von Ingots, Mono	kg CO_2-Äq/kg	9,12	38,51	18,97	21,17	9,40	19,73	21,42	38,77	29,66	30,60	35,49	37,64
Herstellung von Blöcken	kg CO_2-Äq/kg	0,59	1,70	0,96	1,04	0,60	0,99	1,05	1,71	1,36	1,40	1,58	1,66
Herstellung von Mono-Wafern	kg CO_2-Äq/m²	2,57	7,13	4,10	4,44	2,61	4,22	4,48	7,37	5,95	6,10	6,86	7,19
Herstellung von Zellen	kg CO_2-Äq/m²	14,73	37,71	22,44	24,16	14,95	23,03	24,35	37,91	30,78	31,52	35,34	37,02
Glas	kg CO_2-Äq/kg	0,98	1,08	1,01	1,02	0,98	1,01	1,02	1,08	1,04	1,05	1,06	1,07
Gehärtetes Glas	kg CO_2-Äq/kg	0,066	0,079	0,071	0,071	0,067	0,071	0,072	0,059	0,055	0,055	0,057	0,058
Verkapselung (EVA oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	2,54	3,15	2,74	2,79	2,54	2,76	2,80	3,45	3,26	3,28	3,38	3,42
Rückseitenfolie (PET oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	3,56	4,17	3,76	3,81	3,56	3,78	3,82	4,14	3,95	3,97	4,07	4,11
Rückseitenfolie (PVF)	kg CO_2-Äq/kg	19,88	22,45	20,74	20,93	19,90	20,81	20,95	21,97	21,17	21,26	21,68	21,87
Kristallines Modul	kg CO_2-Äq/m² Modul	4,08	7,55	5,24	5,50	4,12	5,33	5,53	7,57	6,50	6,61	7,19	7,44
Herstellung von CdTe-Modulen,	kg CO_2-Äq/m² Modul	12,11	65,47	30,00	33,99	12,61	31,38	34,44	65,92	49,36	51,08	59,95	63,85
Herstellung von CIGS-Modulen	kg CO_2-Äq/m² Modul	11,43	123,80	49,10	57,50	12,50	52,01	58,46	124,75	89,88	93,50	112,17	120,39

Fertigungsstufe/Werkstoff	Einheit	Taiwan	USA	Russland	Kanada	Türkei	Tunesien	Vietnam	Thailand	Singapur	Mexiko	Jordanien	Indien
Metallurgisches Silizium MG-Si	kg CO_2-Äq/kg	13,32	10,08	12,72	6,97	11,34	12,00	12,31	13,49	10,40	11,92	11,23	19,40
PolySi, Siemens-Verfahren	kg CO_2-Äq/kg	62,18	41,56	58,35	21,79	49,56	53,78	55,75	63,25	43,61	53,24	48,87	100,84
Herstellung von Ingots, Mono	kg CO_2-Äq/kg	32,82	23,39	31,07	14,35	27,05	28,98	29,88	33,31	24,33	28,73	26,73	50,49
Herstellung von Blöcken	kg CO_2-Äq/kg	1,48	1,13	1,42	0,78	1,26	1,34	1,37	1,50	1,16	1,33	1,25	2,15
Herstellung von Mono-Wafern	kg CO_2-Äq/m²	6,44	4,98	6,17	3,58	5,55	5,85	5,99	6,52	5,13	5,81	5,50	9,19
Herstellung von Zellen	kg CO_2-Äq/m²	33,25	25,88	31,88	18,81	28,74	30,25	30,95	33,63	26,61	30,05	28,49	47,07
Glas	kg CO_2-Äq/kg	1,06	1,02	1,05	0,99	1,04	1,04	1,05	1,06	1,03	1,04	1,03	1,12
Gehärtetes Glas	kg CO_2-Äq/kg	0,056	0,052	0,056	0,049	0,054	0,055	0,055	0,057	0,053	0,055	0,054	0,064
Verkapselung (EVA oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	3,32	3,13	3,29	2,94	3,20	3,24	3,26	3,33	3,15	3,24	3,20	3,70
Rückseitenfolie (PET oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	4,01	3,82	3,98	3,63	3,89	3,93	3,95	4,02	3,84	3,93	3,89	4,39
Rückseitenfolie (PVF)	kg CO_2-Äq/kg	21,45	20,62	21,30	19,83	20,94	21,11	21,19	21,49	20,71	21,09	20,92	23,00
Kristallines Modul	kg CO_2-Äq/m² Modul	6,87	5,76	6,67	4,70	6,19	6,42	6,53	6,93	5,87	6,39	6,16	8,96
Herstellung von CdTe-Modulen,	kg CO_2-Äq/m² Modul	55,10	37,98	51,92	21,56	44,62	48,13	49,77	55,99	39,69	47,68	44,05	87,20
Herstellung von CIGS-Modulen	kg CO_2-Äq/m² Modul	101,97	65,92	95,28	31,35	79,90	87,28	90,73	103,84	69,51	86,34	78,69	169,55

Fertigungsstufe/Werkstoff	Einheit	Südafrika	Katar	Saudi-Arabien	VAE	Algerien	Marokko	Ägypten	Brasilien	Ukraine	Nordmazedonien	Serbien
Metallurgisches Silizium MG-Si	kg CO_2-Äq/kg	16,77	11,36	16,53	11,24	12,44	14,91	12,21	6,72	10,85	15,33	15,22
PolySi, Siemens-Verfahren	kg CO_2-Äq/kg	84,12	49,68	82,59	48,91	56,57	72,31	55,12	20,15	46,44	78,09	74,27
Herstellung von Ingots, Mono	kg CO_2-Äq/kg	42,85	27,10	42,15	26,75	30,25	37,45	29,59	13,61	25,62	38,64	38,34
Herstellung von Blöcken	kg CO_2-Äq/kg	1,86	1,27	1,83	1,25	1,38	1,66	1,36	0,76	1,21	1,70	1,69
Herstellung von Mono-Wafern	kg CO_2-Äq/m²	8,00	5,56	7,89	5,50	6,05	7,16	5,94	3,46	5,33	7,15	7,30
Herstellung von Zellen	kg CO_2-Äq/m²	41,10	28,78	40,55	28,51	31,24	36,87	30,72	18,22	27,62	37,82	37,57
Glas	kg CO_2-Äq/kg	1,09	1,04	1,09	1,03	1,05	1,07	1,04	0,99	1,03	1,08	1,07
Gehärtetes Glas	kg CO_2-Äq/kg	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06
Verkapselung (EVA oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	3,53	3,20	3,52	3,20	3,27	3,42	3,26	2,92	3,17	3,16	3,44
Rückseitenfolie (PET oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	4,22	3,89	4,21	3,89	3,96	4,11	3,95	3,61	3,86	4,18	4,13
Rückseitenfolie (PVF)	kg CO_2-Äq/kg	22,33	20,95	22,27	20,92	21,22	21,85	21,17	19,77	20,82	22,46	21,93
Kristallines Modul	kg CO_2-Äq/m² Modul	8,05	6,20	7,97	6,16	6,57	7,42	6,49	4,61	6,03	7,56	7,52
Herstellung von CdTe-Modulen,	kg CO_2-Äq/m² Modul	73,32	44,72	72,05	44,09	50,44	63,52	49,24	20,21	42,03	65,71	65,14
Herstellung von CIGS-Modulen	kg CO_2-Äq/m² Modul	140,33	80,11	137,65	78,78	92,16	119,68	89,62	28,49	74,45	124,29	123,10

Fertigungsstufe/Werkstoff	Einheit	Anderes Land in Europa	Anderes Land weltweit
Metallurgisches Silizium MG-Si	kg CO_2-Äq/kg	8,60	12,67
PolySi, Siemens-Verfahren	kg CO_2-Äq/kg	35,29	58,03
Herstellung von Ingots, Mono	kg CO_2-Äq/kg	19,07	30,92
Herstellung von Blöcken	kg CO_2-Äq/kg	0,96	1,41
Herstellung von Mono-Wafern	kg CO_2-Äq/m²	4,11	6,15
Herstellung von Zellen	kg CO_2-Äq/m²	22,51	31,77
Glas	kg CO_2-Äq/kg	1,01	1,05
Gehärtetes Glas	kg CO_2-Äq/kg	0,07	0,06
Verkapselung (EVA oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	2,75	3,28
Rückseitenfolie (PET oder gleichwertig)	kg CO_2-Äq/kg	3,77	3,97
Rückseitenfolie (PVF)	kg CO_2-Äq/kg	20,75	21,28
Kristallines Modul	kg CO_2-Äq/m² Modul	5,26	6,65
Herstellung von CdTe-Modulen,	kg CO_2-Äq/m² Modul	30,17	51,66
Herstellung von CIGS-Modulen	kg CO_2-Äq/m² Modul	49,46	94,72

B. Verfahren für die Anwendung des Resilienzkriteriums

Der Standort der Modulherstellungsanlage wird im Rahmen der vereinfachten CO_2-Bewertung überprüft, insbesondere durch Vorlage des Standortprüfungsberichts, der von einer dritten Stelle erstellt wurde, die über eine Akkreditierung nach der Norm NF EN ISO/IEC 17065: 2012 sowie eine Akkreditierung nach der Norm NF EN ISO/IEC 17025: 2017 für da Erzeugnis „Photovoltaikmodul“ (Normenreihen NF EN IEC 61215 und NF EN IEC 61730 oder andere gleichwertige Verfahren)verfügt, die von der nationalen Akkreditierungsstelle oder der nationalen Akkreditierungsstelle eines anderen Mitgliedstaats der Europäischen Union ausgestellt ist, der Mitglied der Europäischen Kooperation für Akkreditierung ist und multilaterale Abkommen über die gegenseitige Anerkennung unterzeichnet hat.

Drittländer, auf die mehr als 50 % des in der Europäischen Union verfügbaren Angebots an Photovoltaikmodulen entfallen, sind die in Tabelle 1 der Mitteilung C/2025/9034 der Europäischen Kommission oder deren späteren Änderungen aufgeführten Länder.

Zu den Mitgliedstaaten des Europäischen Wirtschaftsraums gehören die Mitgliedstaaten der Europäischen Union sowie Island, Liechtenstein und Norwegen.

Die Solarzellenfertigung umfasst sämtliche Verfahrensschritte zur Umwandlung des Siliziumwafers in eine Solarzelle, wozu auch die Qualitätskontrolle der eingehenden Wafer bis zur Metallisierung sowie die Leistungsmessungen der Zellen gehören.

Die Modulmontage umfasst sämtliche Arbeitsschritte im Zusammenhang mit dem Verschweißen der Zellen, des Zusammenbaus und der Laminierung der Zellen sowie der elektrischen Prüfungen der Module.