IRENA
International Renewable Energy Agency

KOSTEN DER **STROMERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN** 2021

KURZFASSUNG

© sdf_qwe/Shutterstock.com

Diese Kurzfassung basiert auf:

IRENA (2022), *Kosten der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energiequellen 2021: Kurzfassung*, Internationale Agentur für Erneuerbare Energien, Abu Dhabi.

Die vorliegende Kurzfassung ist eine Übersetzung aus dem Englischen mit dem Originaltitel „Renewable Power Generation Costs in 2021“ ISBN: 978-92-9260-452-3 (2022). Im Falle von Abweichungen zwischen dieser Übersetzung und der englischen Originalfassung ist der englische Text maßgebend.

Haftungsausschluss

Diese Veröffentlichung und das hierin enthaltende Material werden wie besehen bereitgestellt. Von IRENA wurden alle angemessenen Vorsichtsmaßnahmen ergriffen, um die Zuverlässigkeit des in dieser Publikation behandelten Materials zu prüfen. Weder IRENA noch ihre Mitarbeitenden, Beauftragten, Daten- oder sonstigen Inhaltsanbietenden übernehmen jedoch irgendeine ausdrückliche oder implizite Gewähr bzw. Verantwortung oder Haftung für etwaige Folgen, die sich ggf. aus der Verwendung der Publikation bzw. des darin enthaltenen Materials ergeben.

Die hier enthaltenen Informationen entsprechen nicht notwendigerweise den Ansichten aller Mitglieder von IRENA. Die Erwähnung bestimmter Unternehmen, Projekte oder Produkte impliziert nicht deren Unterstützung bzw. Empfehlung durch IRENA gegenüber anderen ähnlicher Art, die nicht erwähnt werden. Die hierin verwendeten Bezeichnungen und die Darstellung des Materials implizieren nicht den Ausdruck einer Meinung seitens IRENA bezüglich des rechtlichen Status einer Region, eines Landes, eines Gebiets, eines Orts oder einer Gegend oder deren/dessen Behörden oder bezüglich der Festlegung von Grenzen.

KURZFASSUNG

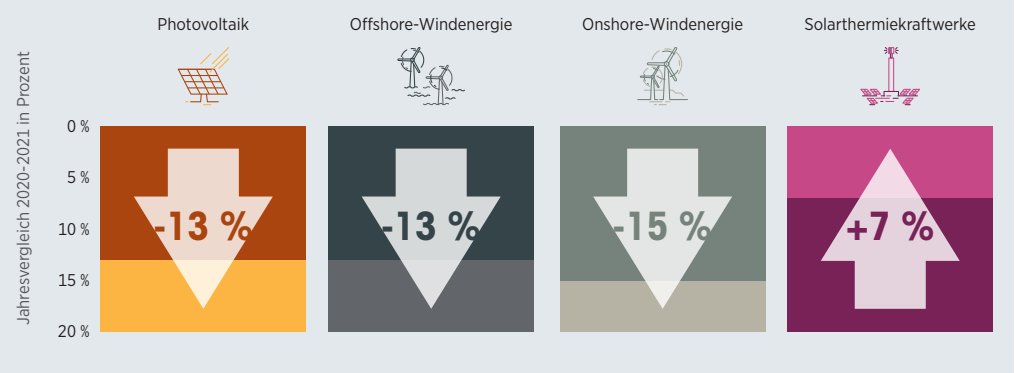
Die Wettbewerbsfähigkeit der erneuerbaren Energien hat sich im Jahr 2021 weiter verbessert. Daten aus der Renewable Cost Database von IRENA und Analysen der jüngsten Trends im Stromsektor bestätigen ihre zentrale Rolle auf dem Weg zu einer erschwinglichen und technisch machbaren Netto-Null-Zukunft.

Die weltweit gewichteten durchschnittlichen Stromgestehungskosten von neu in Betrieb genommenen Photovoltaikanlagen sowie Onshore- und Offshore-Windenergieanlagen sind trotz steigender Preise für Rohstoffe und entsprechende Ausrüstung 2021 gesunken, da sich diese Preissteigerungen in den Gesamtanschaffungskosten der Vorhaben erst mit erheblicher Verzögerung niederschlagen. Im selben Jahr erhöhten sich aufgrund enormer Leistungsverbesserungen die Kapazitätsfaktoren, insbesondere im Bereich Onshore-Windenergie.

Im Vergleich zum Vorjahr sanken die weltweit gewichteten durchschnittlichen Stromgestehungskosten (LCOE, en: levelised cost of electricity) von neu in Betrieb genommenen PV-Kraftwerken von 0,055 USD/kWh auf 0,048 USD/kWh. Das entspricht einer Reduzierung um 13 %. Der Einsatz solarthermischer Kraftwerke (CSP, en: concentrated solar power) hält sich in Grenzen und die Kosten schwanken im Jahresvergleich. Vorbehaltlich dessen stiegen die durchschnittlichen Stromgestehungskosten aus dem neuen Solarthermiekraftwerk im Vergleich zum Vorjahresdurchschnitt um rund 7 %.

Bei den Onshore-Windenergievorhaben, die 2021 dazukamen, sanken die weltweit gewichteten durchschnittlichen Stromgestehungskosten von 0,039 USD/kWh auf 0,033 USD/kWh. Das ist im Vergleich zum Vorjahr ein Rückgang um 15 %. Auch im Jahr 2021 dominierte China beim Zubau von Onshore-Windenergiekapazitäten. Entgegen dem Trend in anderen Ländern sanken hier zudem die Preise für Windenergieanlagen. Die Stromgestehungskosten von neuen Onshore-Windenergievorhaben, ausgenommen die Vorhaben in China, sanken im Vergleich zum Vorjahr um bescheidenere 12 % auf 0,037 USD/kWh. Im Offshore-Windenergiemarkt war der Ausbau der Kapazitäten noch nie so groß wie 2021 (zusätzlich 21 GW). Grund dafür sind der Anstieg entsprechender Vorhaben in China und die Senkung der weltweit gewichteten durchschnittlichen Stromgestehungskosten um 13 % von 0,086 USD/kWh auf 0,075 USD/kWh im Vergleich zum Vorjahr.

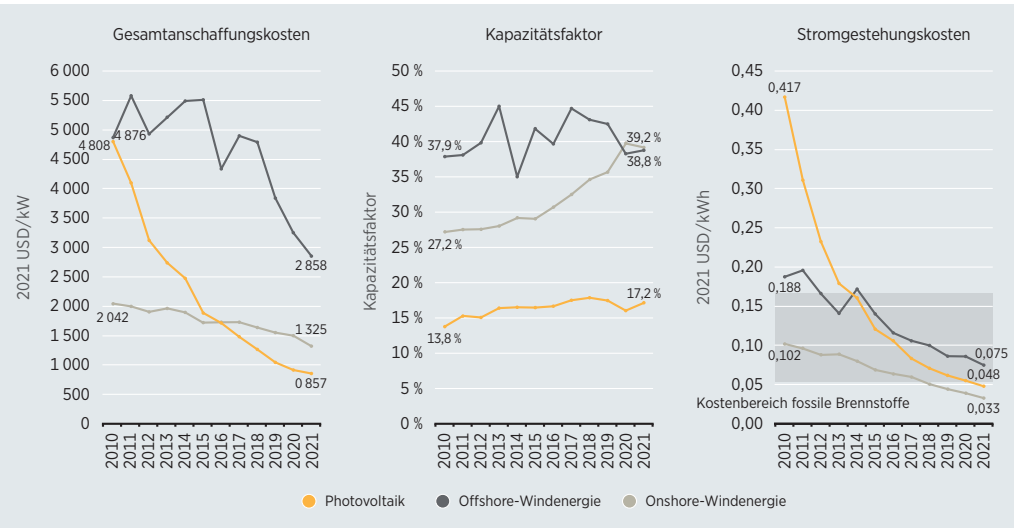
Abbildung S. 1 Veränderung der weltweit gewichteten durchschnittlichen Stromgestehungskosten nach Technologie, 2020–2021



Nicht überall kam es zu Kostensenkungen. Die nach Ländern gewichteten durchschnittlichen Gesamtanschaffungskosten für PV-Kraftwerke stiegen 2021 in drei der 25 wichtigsten Märkte und bei Onshore-Windenergieanlagen stiegen sie in sieben der 25 wichtigsten Märkte.

Im Zeitraum 2010 bis 2021 hat sich das Gleichgewicht der Wettbewerbsfähigkeit zwischen erneuerbaren Energien und den etablierten Optionen fossile Brennstoffe und Atomkraft grundlegend verändert. Die weltweit gewichteten durchschnittlichen Stromgestehungskosten von neu in Betrieb genommenen PV-Kraftwerken sanken zwischen 2010 und 2021 um 88 %, während sie bei Onshore-Windenergie und Solarthermiekraftwerken um 68 % und bei Offshore-Windenergie um 60 % sanken (Abbildung S.2).

Abbildung S. 2 Weltweit gewichtete durchschnittliche Gesamtanschaffungskosten, Kapazitätsfaktoren und Stromgestehungskosten von neu in Betrieb genommenen PV-Kraftwerken sowie Onshore- und Offshore-Windenergieanlagen, 2010–2021



2021 waren die weltweit gewichteten durchschnittlichen Stromgestehungskosten von neuen PV-Kraftwerken und Wasserkraftwerken 11 % niedriger als die der günstigsten neuen, mit fossilen Brennstoffen betriebenen Anlagen. Onshore-Windenergieanlagen waren sogar 39 % günstiger. Geothermie und Bioenergie sind weltweit im Durchschnitt immer noch teurer als die günstigste mit fossilen Brennstoffen betriebene Anlage, bieten jedoch eine sichere Versorgung und können in Nicht-OECD-Ländern überaus wettbewerbsfähig sein.

Steigende Rohstoffpreise – insbesondere die Preise für Materialien wie Stahl, Kupfer, Polysilizium und Aluminium – trieben die Preise für Solarmodule und Windenergieanlagen etwa ab dem vierten Quartal 2020 in die Höhe. Je nach den Materialpreisen und anderen Belastungen für die Lieferketten im weiteren Verlauf dieses Jahres sind die Preise für PV-Module möglicherweise im Durchschnitt um ein Fünftel höher als 2020. Dennoch sind die weltweit gewichteten durchschnittlichen Stromgestehungskosten von neuen Photovoltaikanlagen und Onshore-Windenergieanlagen 2021 weltweit gesunken. Dafür gibt es eine Reihe möglicher Gründe, darunter folgende:

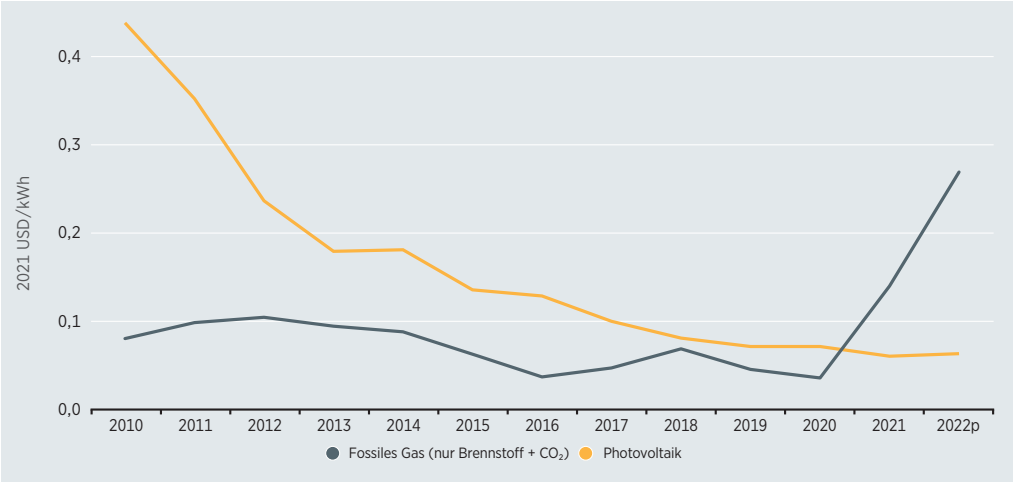
- Die Gesamtkosten für Ausrüstung stiegen Ende 2020 bis Anfang 2021 nur geringfügig, da viele Vorhaben, die 2021 in Betrieb genommen wurden, bereits Aufträge erteilt hatten.
- Größere Vorhaben haben eine größere Kaufkraft und längere Vorlaufzeiten und dominieren zunehmend den Kapazitätsausbau außerhalb Europas.
- Verteilzeitzuschläge fangen bei vielen Vorhaben einen Teil oder die Gesamtheit der gestiegenen Kosten auf.
- Die Technologie wird immer besser (*z. B.* effizientere PV-Module und größere Windenergieanlagen) und die Produktion wird immer effizienter und umfangreicher.
- China bleibt der dominierende Markt für neue Solar- und Windenergieanlagen und verzeichnet niedrigere Rohstoffpreise und Transportkosten, während Windenergieprojektentwickler 2021 auf die Preise der Hersteller von Windenergieanlagen Druck ausübten.

Die Daten weisen jedoch darauf hin, dass sich nicht alle bisher beobachteten Materialkostensteigerungen auf die Preise für Ausrüstung niederschlugen und dass auf die Gewinnspannen der Hersteller ebenfalls Druck ausgeübt wurde. Wenn die Materialpreise auch 2022 weiterhin hoch bleiben, deutet dies – einhergehend mit der Verzögerung zwischen den Materialkostensteigerungen und den Projektkosten – darauf hin, dass der Preisdruck 2022 deutlicher ausfallen wird als 2021 und die Gesamtanschaffungskosten in diesem Jahr wahrscheinlich in mehr Märkten steigen werden.

Auf die Stromgestehungskosten für Photovoltaik und Onshore-Windenergie dürften sich diese Faktoren jedoch nicht so sehr auswirken – bei PV-Kraftwerken um 2 % bis 4 % und bei Onshore-Windenergieanlagen um 4 % bis 9 %. Durch eine Rückkehr zu den nachhaltigeren Gewinnmargen des Jahres 2017 könnte sich diese Zahl bei Onshore-Windenergie auf 8 % bis 12 % erhöhen, aber es ist nicht klar, ob alle diese Kostensteigerungen im Jahr 2022 weitergegeben werden können. Noch wichtiger ist, dass die zusätzlichen Kosten angesichts der extrem hohen Preise für fossile Brennstoffe, die sich 2022 aller Voraussicht nach halten werden, durch die wirtschaftlichen Vorteile neuer erneuerbarer Kapazitäten um ein Vielfaches aufgewogen werden.

Die Vorteile der erneuerbaren Energien werden 2022 ein historisches Ausmaß annehmen. Geht man bei fossilem Gas von einem 2022 in Europa geltenden durchschnittlichen Großhandelspreis von 0,109 USD/kWh aus, werden die durchschnittlichen reinen Brennstoffkosten für bestehende fossile Gasgeneratoren (ohne Kohlendioxid-Preise) im Bereich von 0,23 USD/kWh liegen, d. h. um 540 % höher als im Jahr 2020. Durch den Emissionspreis des Emissionshandelssystems der Europäischen Union (EU-EHS) erhöhen sich die Brennstoffkosten 2022 auf 0,27 USD/kWh, d. h. im Vergleich zu 2020 um 645 % (Abbildung S.3). Zur Orientierung: 0,27 USD/kWh ist vier- bis sechsmal teurer als die neuen 2021 in Europa zugebauten Solar- und Onshore-Windenergiekapazitäten. Dies übersteigt den durchschnittlichen Stromendpreis (ohne Steuern und Abgaben), den die Haushalte in 13 der 27 EU-Länder 2020 zur Deckung der Kosten für Übertragung, Verteilung, Stromgroßhandel, Vertrieb und Gemeinkosten zahlten.

Abbildung S. 3 Die gewichteten durchschnittlichen Stromgestehungskosten von PV-Kraftwerken im Vergleich zu den reinen Brennstoff- und CO_2-Kosten für fossiles Gas in Europa, 2010–2022



Hinweis: Die Angaben für 2022 sind mögliche Ergebnisse für 2022 und keine Prognose.

In den Ländern zahlen sich Investitionen in erneuerbare Energien 2022 enorm aus. Weltweit könnten angesichts der Preiskrise bei fossilen Brennstoffen durch die 2021 neu hinzukommenden Kapazitäten an erneuerbaren Energien allein in diesem Jahr 55 Mrd. USD eingespart werden. Sieht man sich den Nutzen des kumulierten Bestands an erneuerbaren Energien an, ergibt sich ein noch deutlicheres Bild. Zwischen Januar und Mai 2022 wurden in Europa wahrscheinlich allein durch die Erzeugung von Solar- und Windenergie Importe fossiler Brennstoffe – vor allem von fossilem Gas – in einer Größenordnung von 50 Mrd. USD vermieden. Das historische Ausmaß der Preiskrise bei fossilen Brennstoffen 2022 hat die Tatsache überschattet, dass die Situation für Verbraucher, Wirtschaft und Umwelt ohne erneuerbare Energien um ein Vielfaches schlimmer wäre.

Die Grenzkosten für die Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen sind 2022 so hoch, dass die 2021 zugebauten Anlagen für erneuerbare Energien ein Vielfaches der erforderlichen jährlichen Kapitalrückzahlungen einbringen könnten. Eine Onshore-Windenergieanlage, die am oder vor dem 1. Januar 2022 in Betrieb ging und in der Lage ist, die Grenzkosten für die Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen 2022 zu erfassen, könnte zwischen dem Doppelten (in Mexiko) und dem Dreizehnfachen (in Brasilien) der für das Jahr erforderlichen Kapitalrendite einbringen. Da die Länder dem beschleunigten Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten aus erneuerbaren Energien keine Priorität eingeräumt haben, sondern dies weitgehend Privatpersonen und Unternehmen überließen, wird die Gesellschaft in diesem und im nächsten Jahr wahrscheinlich mit Milliarden von Dollar an direkten Energiekosten belastet. Dabei wurden die makroökonomischen Schäden, die durch die Preiskrise bei fossilen Brennstoffen entstehen, noch nicht berücksichtigt.

Tabelle S. 1 Entwicklung der weltweit gewichteten durchschnittlichen Gesamtanschaffungskosten, Kapazitätsfaktoren und Stromgestehungskosten nach Technologie, 2010 und 2021

	Gesamtanschaffungskosten (2021 USD/kW)			Kapazitätsfaktor (%)			Stromgestehungskosten (2021 USD/kWh)		
	2010	2021	Prozentuale Änderung	2010	2021	Prozentuale Änderung	2010	2021	Prozentuale Änderung
Bioenergie	2 714	2 353	-13 %	72	68	-6 %	0,078	0,067	-14 %
Geothermie	2 714	3 991	47 %	87	77	-11 %	0,050	0,068	34 %
Wasserkraft	1 315	2 135	62 %	44	45	2 %	0,039	0,048	24 %
Photovoltaik	4 808	857	-82 %	14	17	25 %	0,417	0,048	-88 %
CSP (Solarthermie)	9 422	9 091	-4 %	30	80	167 %	0,358	0,114	-68 %
Onshore-Windenergie	2 042	1 325	-35 %	27	39	44 %	0,102	0,033	-68 %
Offshore-Windenergie	4 876	2 858	-41 %	38	39	3 %	0,188	0,075	-60 %

IRENA
International Renewable Energy Agency

www.irena.org

© IRENA 2022