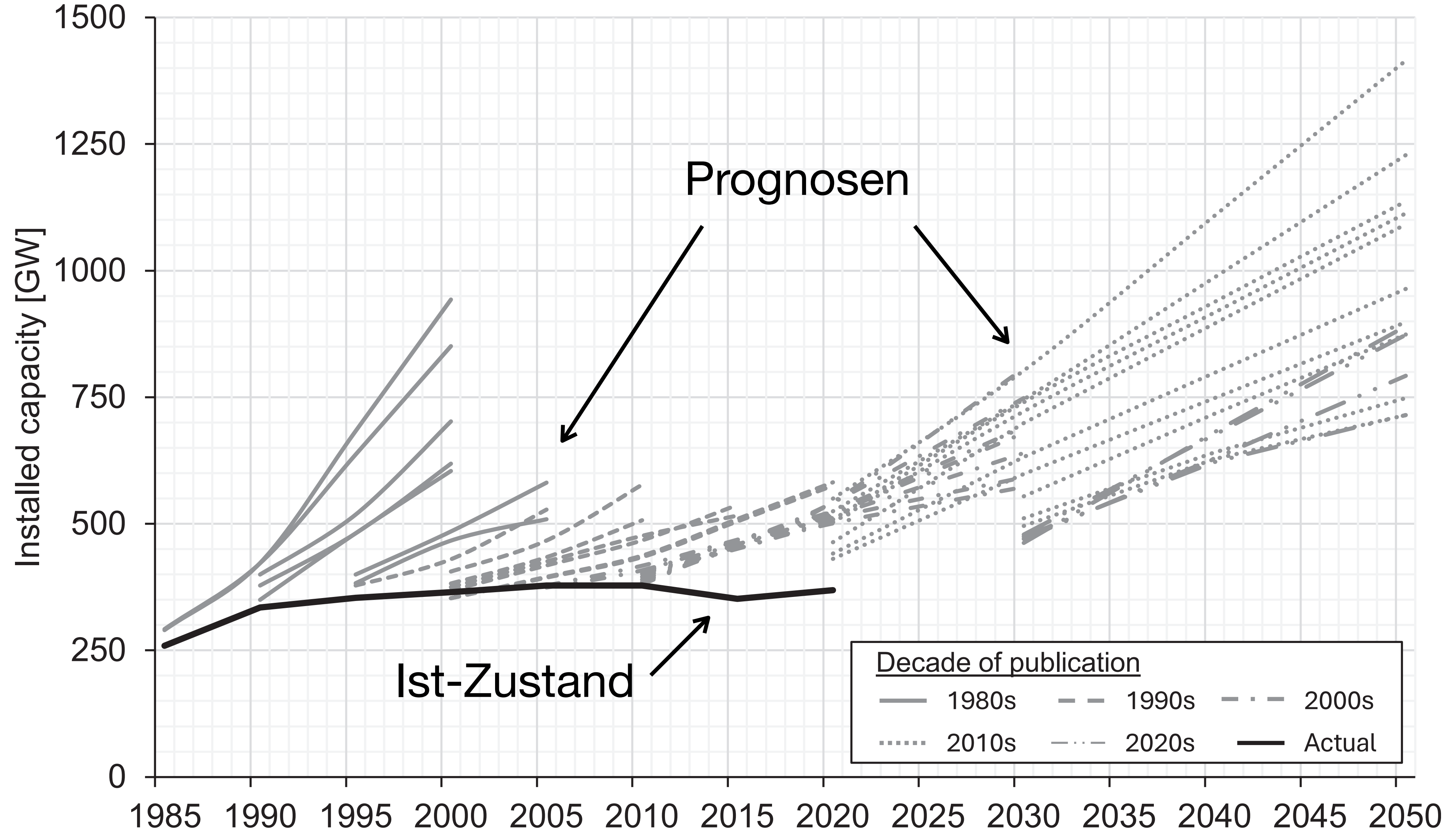
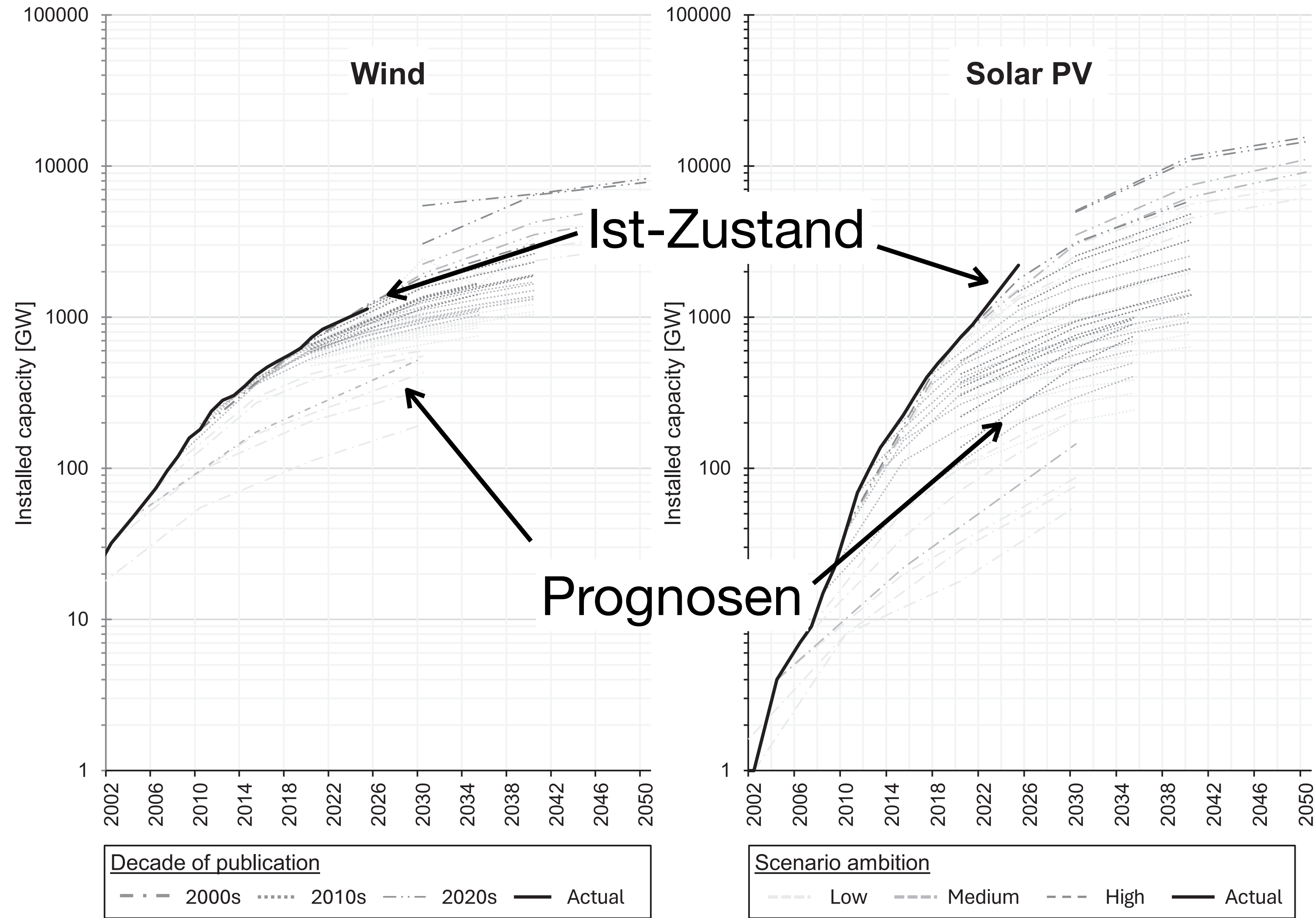


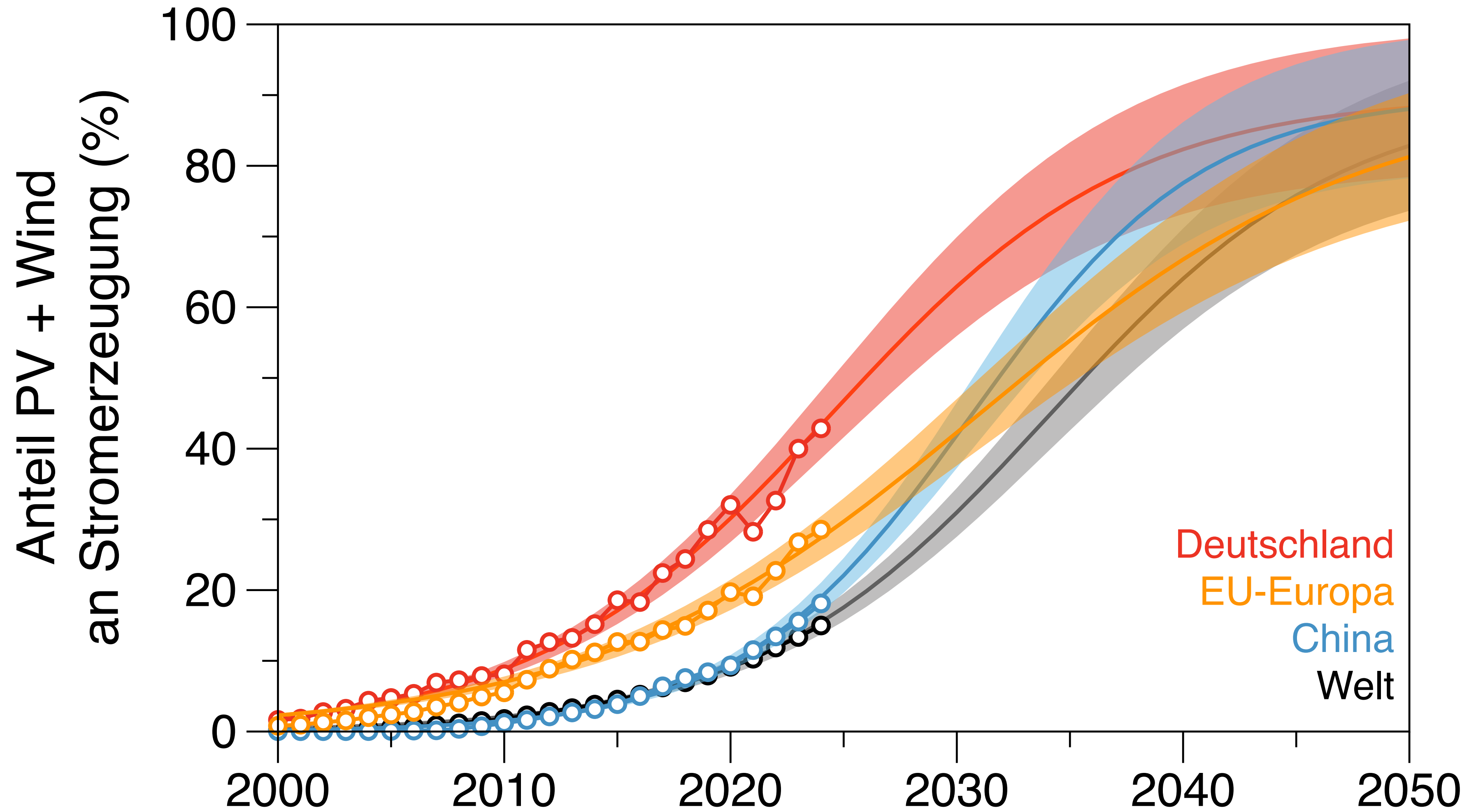
Kernkraftwerke weltweit (installierte Leistung)



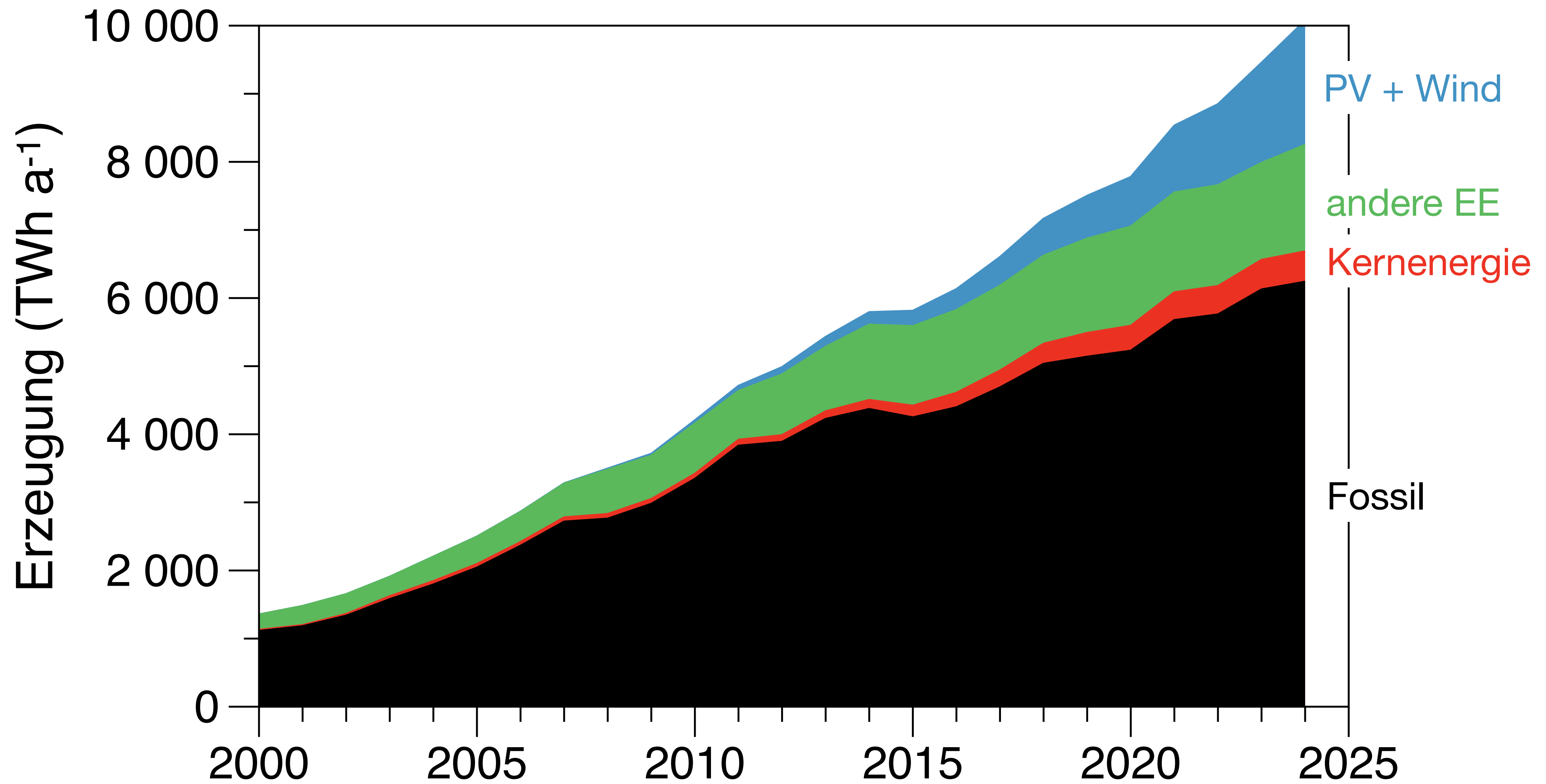
Windenergie und Photovoltaik weltweit (installierte Leistung)



Logistisches Wachstum der Stromerzeugung von Windenergie und Photovoltaik



Stromerzeugung in China



Literatur



Original research article

The “Nuclear Energy Paradox”- Investigating nuclear imaginaries in energy projections

Fanny Böse ^{a,b}, Alexander Wimmers ^{b,c,*}, Björn Steigerwald ^{b,c}, Christian von Hirschhausen ^{b,c}

^a Federal Office for the Safety of Nuclear Waste Management (BASE), Wegelystraße 8, 10623, Berlin, Germany
^b Workgroup for Infrastructure Policy, TU Berlin, Straße des 17. Juni 135, 10623, Berlin, Germany
^c German Institute for Economic Research (DIW Berlin), Anton-Wilhelm-Amo-Straße 58, 10117, Berlin, Germany

ARTICLE INFO

Keywords:
Paradox
Energy scenarios
Pattern
Nuclear power
Plutonium economy
Narratives

ABSTRACT

Current energy projections often envision an expansion of nuclear capacities to decarbonize future energy systems. However, this contrasts with the historic and current status of the nuclear industry, marked by techno-economic challenges for both light-water and non-light-water reactor technologies. Regardless, projections of strong nuclear growth have persisted since the 1970s. This paper investigates the “nuclear energy paradox” which shows the recurring divergence between historical projections and actual developments. A data compilation of long-term energy projections from international organizations such as the IAEA and the IEA as well as energy system models like GCAM and MESSAGE, as used in the IPCC, reveal a recurring pattern of high-growth projections for nuclear power. Such projections often rest on techno-economic assumptions such as substantial cost reductions. We propose the concept of nuclear imaginaries to show that these assumptions are embedded into techno-economic visions of nuclear power development, which shape model assumptions and narratives. The historic perspective helps to show that nuclear imaginaries may never materialize and remain in a hypothetical state for decades. Our findings support decision-makers in making more informed decisions and urge for caution when interpreting energy scenarios and projections, especially for nuclear power.

1. Introduction

Nuclear power has gained new momentum in recent years as low-carbon technologies are urgently required to decarbonize energy systems. This low-carbon momentum of nuclear power is emphasized by the nuclear industry as well as state actors, who pledged to triple global installed nuclear capacity by 2050 at COP28 in Dubai [1], see Fig. 1. The pledge was justified by referring to the energy scenarios collected by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which apparently showed such a necessity to stay within the 1.5 °C limit for global warming [2]. This is a recent example that energy scenarios—which are by definition explorative tools that do not have to be feasible—have real-world relevance because they are used for decision making and are thus important tools for energy policy making [3].

In contrast to the tripling pledge, the global nuclear industry is characterized as being in decline, particularly in Western countries with aging fleets [4,5]. In fact, nuclear power plant construction project starts peaked in 1975, and since then, numbers have been declining [6].

Notably, over the last decade, Chinese projects have led to an increase in construction starts, but the global levels are still far below those of the 1970s, and so, since the 1990s, the globally installed capacity has been stagnating. The share of nuclear electricity generation peaked in 1996 at 17.5% and has been decreasing since, falling below 10% as of 2023 [7]. Nowadays, only a few reactors (mostly GEN III/III+ high-capacity light-water reactors (LWR)) are under construction, of which many are facing cost overruns and are behind schedule, such as Hinkley Point C in the UK, Flamanville-3 in France or the recently completed Vogtle Project in the US. The Vogtle project in Georgia, US, was completed with overnight construction cost of 15,000 USD/kW after substantial delays and cost increases [8]. As of 2022, the latest completed European projects in Finland and France cost at least 7600 and 12,600 USD/kW, respectively, with final costs being even higher due to additional financing cost [6,9]. This is in line with the findings by Koomey and Hultman [10] as well as Göke et al. [11], who note that actual and assumed costs in models and projections vary substantially. The exceptions to the rule are state-owned niches, in which China mainly builds domestically, and Russia

* Corresponding author at: Workgroup for Infrastructure Policy, TU Berlin, Straße des 17. Juni 135, 10623, Berlin, Germany.
E-mail address: awi@wip.tu-berlin.de (A. Wimmers).

<https://doi.org/10.1016/j.erss.2026.104676>

Received 22 July 2025; Received in revised form 4 February 2026; Accepted 19 March 2026

Available online 27 March 2026

2214-6296/© 2026 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI: 10.1002/piuz.202501743



Zukunftstechnologien bei der Stromerzeugung Elektrizität im internationalen Vergleich

AXEL KLEIDON | HARALD LESCH | RUSS CONSER

Welche Technologien setzen sich bei der Stromerzeugung gerade durch? Die Antwort sieht man eindeutig in den Trends von weltweiten Stromerzeugungsdaten. Analysiert man diese Daten mithilfe der Theorie der Diffusion von Innovationen, dann zeigt sich, wie Photovoltaik und Wind sich weltweit durchsetzen. Andere Technologien – insbesondere Kohle und Kernkraft – werden jedoch verdrängt, wobei Deutschland eine Vorreiterrolle spielt.



Blick vom westlichen Odenwald über Bergstraße und Ried, mit dem stillgelegten Kernkraftwerk Biblis und Windkraftanlagen (Foto: D. Eidemüller).

Erlebt die Kernenergie ein Revival? Investiert China hauptsächlich in Kohlekraftwerke? Und ist Deutschland auf einem Sonderweg hinsichtlich seiner Energiepolitik? Diese Fragen lassen sich nüchtern und objektiv beantworten, wenn man sich die Daten der Stromerzeugung der letzten Jahre ansieht. Wir wollen dies hier tun mit einem Datensatz zur weltweiten Stromerzeugung [1], mit besonderem Fokus auf den Technologien, die sich gerade durchsetzen. Dazu nutzen wir die Theorie der Diffusion von Innovationen aus den Sozialwissenschaften [2]. Sie geht davon aus, dass sich die Entwicklung und Verbreitung von Innovationen als logistisches Wachstum beschreiben lässt. Die damit beschriebene Entwicklungsdynamik verbindet ein zunächst anfängliches exponentielles Wachstum der Innovationsausbreitung mit der Kapazität, die das Wachstum der Ausbreitung der Innovation begrenzt. Das ist eine Entwicklungslinie, die in vielen Prozessen zu finden ist.

Mithilfe dieser Theorie wollen wir die Stromerzeugung in Deutschland untersuchen und sie mit den Entwicklungen in anderen Ländern und Regionen weltweit vergleichen. Das Ziel dabei ist zu erkennen, welche Innovationen für die Stromerzeugung sich gerade durchsetzen. Wir gehen dann auf die Frage ein, warum sich gewisse Technologien gerade jetzt durchsetzen, indem wir diese Entwicklungen mit Wechselwirkungen und Rückkopplungen in Verbindung setzen. Zuletzt kommen

wir dann auf die eingangs gestellten Fragen zurück und werden erkennen, dass Deutschland keine Sonderrolle, sondern eine Vorreiterrolle spielt, und verbinden dies mit den Entwicklungen des Strompreises in Deutschland.

Wie Innovationen in den Markt diffundieren

Die Verbreitung von Innovation wird in biologischen, ökologischen, und sozialen Systemen schon lange in Form einer „S-Kurve“ beschrieben, die logistisches Wachstum darstellt (Abbildung 1a). Charakterisiert wird logistisches Wachstum durch zwei Parameter: eine relative Wachstumsrate r – sie führt zu anfänglich exponentiellem Wachstum – und der schon erwähnten Kapazität K , die das Wachstum mit einem Maximum begrenzt. Beispiele für solch logistisches Wachstum sind die Ausbreitung von Epidemien oder auch neuer Produkte wie Smartphones oder eben die Verbreitung von Technologien zur Stromerzeugung. Bei diesen Beispielen stellt die Kapazität dann zum Beispiel die Bevölkerung dar, die infiziert werden kann, oder den Markt, der gesättigt werden kann, oder die gesamte Stromerzeugung eines Landes. Ursprünglich stammt diese Beschreibung aus der Populationsbiologie, wobei r die Wachstumsrate einer Population beschreibt und K die Kapazität der Umwelt, diese Population zu erhalten.

Mathematisch wird logistisches Wachstum durch eine Differentialgleichung dargestellt, welche die Verbreitung einer Innovation N wie folgt beschreibt:

<https://doi.org/10.1016/j.erss.2026.104676>

<https://doi.org/10.1002/piuz.202501743>