

# Gesellschaftliches und wirtschaftliches Wachstum in China und Indien: Gelingt der Aufstieg zum Industrieland mit erneuerbaren Energien?

Antonia Mühleck, 5143642

Mit einer Bevölkerung von 1.4 und 1.39 Milliarden Menschen stellen China und Indien die bevölkerungsreichsten Länder der Welt dar. Es ist also offensichtlich, dass diese beiden Nationen auch bei einer Analyse der globalen Treibhausgasemissionen eine zentrale Rolle spielen. Beide Nationen befinden sich, wenn auch in sehr unterschiedlichen Stadien, in einer Phase des Übergangs von als Schwellenländer klassifizierten Nationen hin zu Industriestaaten. Die momentan zu den Industrienationen zählenden Länder erreichten diesen Entwicklungsschritt durch die Nutzung günstiger fossiler Brennstoffe. Durch den technologischen Fortschritt der letzten Jahrzehnte bietet sich nun die Möglichkeit, diesen Entwicklungsschritt, und den damit einhergehenden technologischen Aufschwung mit erneuerbaren Energien anzutreiben. Sowohl Indien als auch China besitzen geographisch gesehen gute Rahmenbedingungen für einen solchen Schritt. Des Weiteren kann von einem, auf lange Sicht hin, positiven Einfluss auf das wirtschaftliche Wachstum und die weitere Entwicklung hin zur Industrienation ausgegangen werden. Beide Länder haben ambitionierte Pläne vorgestellt, welche einen großen Ausbau des Sektors der erneuerbaren Energien vorsehen. Sollten China und Indien ihre aufgestellten Ziele im Bereich der erneuerbaren Energien erlangen, so wären sie damit die ersten großen Nationen, deren Wohlstand nicht mehr von fossilen Energiequellen abhängig ist. Im Folgenden wird ein grober Überblick über die gesellschaftliche sowie die wirtschaftliche Entwicklung beider Staaten gegeben. Darauf folgt eine Analyse im Hinblick auf die Realisierung der Klimaziele und die mögliche wirtschaftliche Entwicklung durch einen Ausbau des Sektors der erneuerbaren Energien.

## 1 Einleitung

China und Indien stellen aktuell nicht nur rund 36 % der gesamten Weltbevölkerung, sie gelten auch als die derzeit am schnellsten wachsenden Volkswirtschaften. China und Indien befinden sich, nicht nur die wirtschaftliche Entwicklung betreffend, ganz offensichtlich in sehr unterschiedlichen Stadien ihrer Entwicklung. Allerdings weisen ihre Entwicklungsgeschichten sehr viele Parallelen auf und es werden daher im Folgenden beide Länder gemeinsam auf die genannte Fragestellung analysiert.

Schon seit Beginn der Aufzeichnungen hatte China einen Anteil an der Weltbevölkerung von mindestens 15 % [1]. Diese hohe Bevölkerung und die damit verbundene hohe Anzahl an verfügbaren Arbeitskräften verhalf China dazu, in nur einer Generation zu einer der wirtschaftlich erfolgreichsten Nationen aufzusteigen. Eine hohe Bevölkerungsdichte bedeutete allerdings ebenfalls eine Knappheit der Ressourcen. Um dem entgegenzuwirken wurde im Jahr 1980 die Einkindpolitik eingeführt. Im Jahr 2015 wurde diese wieder abgeschafft, mittlerweile wird für die nächsten Jahrzehnte eine Abnahme der Bevölkerung Chinas prognostiziert. Es wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2100 ca. 1.02 Milliarden Menschen in China leben [2]. Die Bevölkerungsdichte Chinas ist sehr ungleich verteilt, ca. 60 % der chinesischen Bevölkerung leben aktuell in Großstädten im Osten Chinas.

Auch Indiens Einwohner machten aufgrund der fruchtbaren Böden historisch gesehen schon immer einen großen Teil der Weltbevölkerung aus. Bis zum 19. Jahrhundert stieg das Bevölkerungswachstum in Indien stetig an und die Städte wuchsen schnell. Die britische Herrschaft sorgte für eine Verschlechterung der Lebensbedingungen und das Bevölkerungswachstum erlebte einen starken Rückgang [1]. Mit Beginn des 20. Jahrhunderts sorgten bessere Lebensbedin-

gungen schließlich für eine langsame Beschleunigung des Bevölkerungswachstums. Im Falle Indiens wird von einem starken Bevölkerungszuwachs in Zukunft ausgegangen, Ende des Jahrhunderts sollen ca. 1.52 Milliarden Menschen in Indien leben [2].

Beide Länder zusammen sind aktuell für 29 % des globalen Energieverbrauchs, und für rund 35 % der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich [2]. Es steht also außer Frage, dass die zukünftige energiepolitische Entwicklung dieser beiden Staaten im Hinblick auf die globale Klimakrise von großer Relevanz für uns alle ist.

Der Folgende Text baut auf einer ausführlichen Literaturrecherche auf. Zur Beschaffung der Daten wurde hauptsächlich die Suchmaschine Google Scholar genutzt. Das Eingeben von Suchworten wie „renewable energy consumption and economic growth“ lieferte die im Folgenden dargestellten Informationen.

## 2 Hauptteil der Ausarbeitung

Im Folgenden wird zunächst ein grober Überblick über den generellen Zusammenhang des Energieverbrauchs und des wirtschaftlichen Wachstums gegeben. Darauf folgt eine Analyse im Hinblick auf diesen Zusammenhang für China und Indien. In den darauf folgenden Abschnitten werden Prognosen, Ziele und äußere Bedingungen im Bezug auf eine nachhaltige Entwicklung dieser Staaten analysiert.

### 2.1 Genereller Zusammenhang und Kategorisierung des wirtschaftlichen Wachstums und Energiekonsums

Um die Frage nach dem Einfluss von erneuerbaren Energien auf die wirtschaftliche Entwicklung eines Staates kompe-

tent beantworten zu können, ist zunächst die allgemeine Frage nach dem Zusammenhang des Energiekonsums und der wirtschaftlichen Entwicklung zu untersuchen. Verschiedenen Studien zu Folge gibt es für den Zusammenhang des wirtschaftlichen Wachstums und Energiekonsums eines Staates vier zentrale Hypothesen, welche nun im Folgenden knapp erläutert werden [3].

Die „**growth hypothesis**“ beschreibt einen einseitigen Zusammenhang zwischen Energiekonsum und wirtschaftlichem Wachstum. Ein erhöhter Energiekonsum führt zwingend zu einem wirtschaftlichen Wachstum und im Umkehrschluss führen jegliche Einschränkungen des Energiekonsums zu einer negativen Auswirkung auf die wirtschaftliche Entwicklung.

Die „**conservation hypothesis**“ beschreibt einen Zusammenhang in umgekehrter Richtung. Demnach ist es das wirtschaftliche Wachstum, welches den Energiekonsum bestimmt. In die andere Richtung ist nach dieser Hypothese kein Einfluss möglich, Maßnahmen zur Einschränkung des Energieverbrauchs hätten also keine negativen Auswirkungen auf das wirtschaftliche Wachstum.

Die „**feedback hypothesis**“ beschreibt einen bidirektionalen Zusammenhang der beiden betrachteten Größen. Änderungen des wirtschaftlichen Wachstums würden sich also im Energieverbrauch widerspiegeln, und Änderungen des Energieverbrauchs ebenso im wirtschaftlichen Wachstum.

Die „**neutrality hypothesis**“ geht davon aus, dass wirtschaftliches Wachstum und Energieverbrauch als voneinander unabhängige Größen betrachtet werden können.

In verschiedenen Studien wurden Länder auf die jeweils zutreffende Hypothese für den Zusammenhang der beiden Größen untersucht [3] [4]. Insbesondere wurde auch überprüft, welche der Hypothesen für den Zusammenhang von wirtschaftlichem Wachstum und dem Energiekonsum, bezogen auf erneuerbare Energien, jeweils am zutreffendsten ist. So hat sich beispielsweise für Frankreich, Italien, USA und Kanada die „**neutrality hypothesis**“ als am besten geeignet gezeigt, während der besagte Zusammenhang für England und Japan am akkuratesten durch die „**feedback hypothesis**“ beschrieben wird. Für Deutschland wird die „**conservation hypothesis**“ als am besten geeignet angesehen. Tendenziell lassen sich Entwicklungsländer sowie Schwellenländer meist zutreffend mit der „**growth hypothesis**“ beschreiben.

## 2.2 Analyse im Hinblick auf China

Es ist offensichtlich, dass Chinas Entwicklung in Richtung Industrienation im Vergleich zu Indien bereits deutlich weiter fortgeschritten ist. Es könnte einem sogar fragwürdig vorkommen, China überhaupt als Entwicklungsland zu klassifizieren. Die enormen Entwicklungsunterschiede zwischen der städtischen und ländlichen Bevölkerung in China rechtfertigen diese Bezeichnung allerdings sehr wohl.

Energy consumption by source, China

Primary energy consumption is measured in terawatt-hours (TWh). Here an inefficiency factor (the 'substitution' method) has been applied for fossil fuels, meaning the shares by each energy source give a better approximation of final energy consumption.

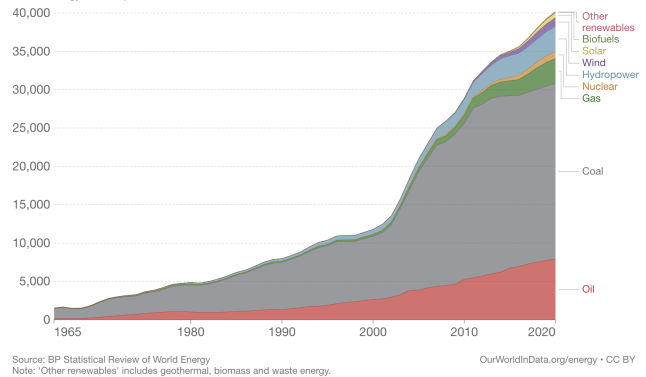


ABBILDUNG 1. Energieverbrauch in China nach Energiequelle. [5]

In China kam es in den vergangenen Jahrzehnten zu einem großen wirtschaftlichen Aufschwung in einer vergleichsweise sehr kurzen Zeit. Dies spiegelt sich auch, wie in Abbildung 1 zu sehen, in einem starken Anstieg des Energieverbrauchs wieder. Während eine Entwicklung zu einem vergleichbaren Level an Wohlstand in westlichen Staaten durch die über ein Jahrhundert andauernde industrielle Revolution zustande kam, gelang dies China in nur wenigen Jahrzehnten. So hat sich beispielsweise der Energieverbrauch des Landes seit dem Jahr 2000 mehr als verdreifacht. Dieser enorme Anstieg des Energiebedarfs wurde, wie in Abbildung 1 zu erkennen, hauptsächlich durch die Energiegewinnung mit Kohle gedeckt. Die schnelle Entwicklung der Kohleindustrie ermöglichte allerdings nicht nur den großen wirtschaftlichen Fortschritt, sondern brachte auch negative Folgen mit sich. China hat seit vielen Jahren mit massiven Umweltverschmutzungen, wie Verunreinigungen von Flüssen oder Luftverschmutzung zu kämpfen. Bejing galt beispielsweise lange als die Stadt mit der weltweit schlechtesten Luftqualität. Nun werden die ersten Plätze auf dieser Liste von indischen Metropolen belegt [6], was erneut auf die sehr ähnliche, zeitversetzte Entwicklung beider Länder schließen lässt.

Auch China wurde bereits auf die zutreffende Hypothese für den Zusammenhang von wirtschaftlichem Wachstum und Energieverbrauch analysiert. Für den allgemeinen Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und wirtschaftlichem Wachstum lässt sich in diesem Fall die „**growth hypothesis**“ feststellen [3]. Demnach ist also ein steigender Energiekonsum zwingend notwendig, um ein steigendes Wirtschaftswachstum zu erreichen und jegliche Einschränkungen des Energiekonsums wirken sich negativ auf das Wirtschaftswachstum aus. Die Dynamik dieser beiden Größen im Bezug auf erneuerbare Energien ist allerdings zunächst nicht konkret festzustellen. Der Artikel *Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience* von Yiping Fang [4] befasst sich mit der Frage nach genau diesem Zusammenhang. Fang unterscheidet hierbei zwischen direkten Auswirkungen auf die, auf dem Land lebende, Bevölkerung und auf die in Städten lebenden Men-

schen. Außerdem wird der Einfluss auf das wirtschaftliche Wohlergehen des Landes insgesamt untersucht. Die im Folgenden dargestellte Abbildung 2 stellt den Zusammenhang des BIP im Vergleich zum Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch Chinas von 1978 bis 2008 da.

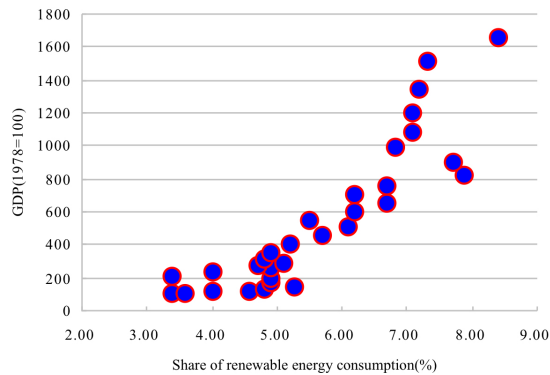


ABBILDUNG 2. BIP vs. Anteil der Erneuerbaren Energien [4]

Dieser Grafik ist eine deutliche Korrelation zwischen den beiden Werten zu entnehmen. Die Frage nach der Kausalität bleibt an diese Stelle allerdings zunächst offen. Die in den Jahren 1994 bis 2003 an 18 Schwellenländern durchgeführte Studie, welche von Sadorsky im Rahmen seiner Arbeit "Renewable energy consumption and income in emerging economies" [7] realisiert wurde, kam zu dem Ergebnis, dass der Anstieg des BIPs einen signifikanten positiven Einfluss auf den Anteil der erneuerbaren Energien hat. Ein bidirektionaler Zusammenhang wurde im Rahmen dieser Studie nicht festgestellt. Die hier abgebildeten Daten lassen also zunächst nicht auf eine positive Auswirkung des Ausbaus erneuerbarer Energien auf das wirtschaftliche Wachstum schließen.

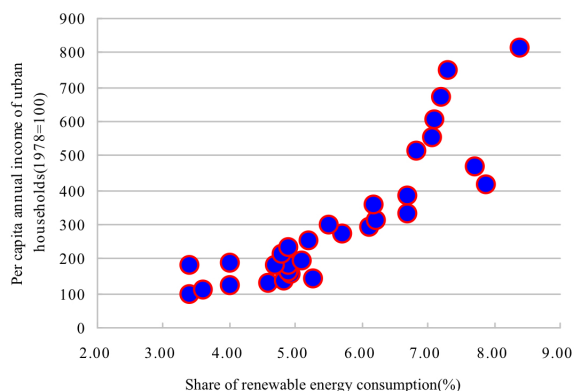


ABBILDUNG 3. Pro-Kopf-Einkommen städtischer Haushalte vs. Anteil der erneuerbaren Energien [4]

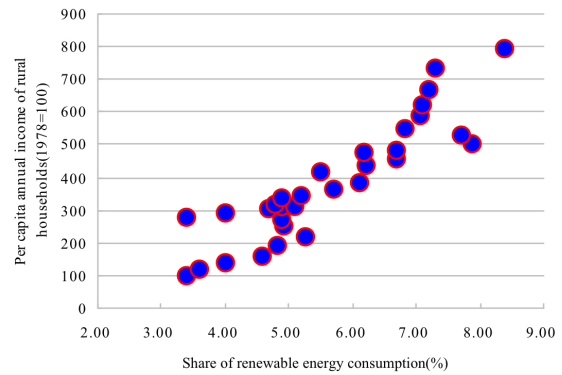


ABBILDUNG 4. Pro-Kopf-Einkommen ländlicher Haushalte vs. Anteil der erneuerbaren Energien [4]

Auch die in den Abbildungen 3 und 4 dargestellten Größen scheinen einen offensichtlichen Zusammenhang aufzuzeigen. Die Differenzierung zwischen städtischen und ländlichen Haushalten ist an dieser Stelle wichtig, da wie in der Einleitung beschrieben, hier große Unterschiede im Hinblick auf den Fortschritt der Entwicklung bestehen. Im Rahmen dieser Betrachtung lassen sich allerdings keine signifikanten Unterschiede feststellen. Im Durchschnitt steigt mit einem Anstieg des Anteils der erneuerbaren Energien um 1 % das Pro Kopf Einkommen ländlicher Haushalte um 0.44 %, das der städtischen Haushalte um 0.37 % [2]. Doch auch hier stellt sich die Frage nach der Kausalität. An dieser Stelle ist erneut auf Sadorskys Befunde zu verweisen. Es ist also davon auszugehen, dass ein Anstieg des pro-Kopf-Einkommens einen Anstieg der erneuerbaren Energien hervorruft, dies allerdings nicht ebenfalls in die umgekehrte Richtung möglich ist. Sadorsky untersuchte in seiner Arbeit, welche Auswirkungen ein Anstieg des Pro-Kopf-Einkommens in Schwellenländern auf den Ausbau erneuerbarer Energien und auf den Energieverbrauch insgesamt hat. Es stellte sich heraus, dass ein Anstieg des Pro-Kopf-Einkommens um 1 % ein signifikant größeres Wachstum im Sektor der erneuerbaren Energien verursachte, als einen Anstieg des Energieverbrauchs insgesamt [7]. Dies ist im Hinblick auf die globalen ökologischen Herausforderungen eine gute Nachricht. Es ist also davon auszugehen, dass der Ausbau erneuerbarer Energien in Schwellenländern mit größerer Geschwindigkeit voranschreitet als der Energieverbrauch insgesamt.

Wie bereits erwähnt, wurde für den Zusammenhang des allgemeinen Energieverbrauchs in China und des wirtschaftlichen Wachstums bereits die „growth hypothesis“ herausgearbeitet. Demnach wird davon ausgegangen, dass jegliche Maßnahme die den Energiekonsum in einer Weise einschränkt, negative Folgen im Wirtschaftswachstum hervorruft. Zumindest auf kurze Zeit gesehen wird die Versorgung mit erneuerbaren Energien für China durch den Bau von neuen Anlagen und die Ersetzung bereits bestehender Infrastruktur höhere Kosten als die konventionelle Energieversorgung mit sich bringen. Der Umstieg auf erneuerbare

Energien wird also zunächst durch zusätzliche Kosten den Energieverbrauch reduzieren. Nach der „**growth hypothesis**“ bedeutet dies auch zwingend eine negative Auswirkung auf das wirtschaftliche Wachstum.

Nach den eben erwähnten Befunden Sadorskys findet mit dem Anstieg des Einkommens allerdings ein Ausbau der erneuerbaren Energien statt, was zunächst schwer mit den, durch die „**growth hypothesis**“ beschriebenen negativen wirtschaftlichen Auswirkungen zu vereinbaren ist. Es stellt sich also die Frage, aus welchem Grund diese temporäre Einschränkung des wirtschaftlichen Wachstums toleriert wird. Die Antwort ist wenig überraschend, und wird doch oft nicht in Prognosen miteinbezogen. Die ökologischen Folgen fossiler Brennstoffe verursachen reale Kosten für die Bevölkerung, beispielsweise durch gesundheitliche Belastungen durch Smog, Rückgänge von Fischpopulationen in verschmutzten Gewässern oder Beschädigungen der Infrastruktur durch Extremwetterereignisse. Wenn nun noch die mit dem Klimawandel verbundenen zu erwarteten Kosten in die Rechnung mit einbezogen werden steht fest, dass langfristig gesehen der Ausbau erneuerbarer Energien die kostengünstigere Option darstellt [4].

### 2.3 Potential und Prognosen China

Diese Realität scheint auch der chinesische Regierung mittlerweile bewusst geworden zu sein. Im September 2022 stellte Xi Jinping den Plan der Regierung vor, China bis zum Jahr 2060 zu einem emissionsneutralen Land umzuwandeln. Xi Jinping nennt als einen der Hauptgründe für dieses Umdenken die Corona-Pandemie [8]. Mit dieser wuchs die Erkenntnis, dass die Menschheit eine „grüne Evolution“ anstreben sollte. Es wird davon ausgegangen, dass China die Auswirkungen des Klimawandels deutlich zu spüren bekommen wird. So haben schon in den vergangenen Jahren Überflutungen im Land stark zugenommen, was die Reisproduktion in Teilen des Landes erheblich geschwächt hat [8]. Der von China vorgestellte Plan geht davon aus, dass China den Peak des fossilen Energieverbrauches im Jahr 2030 erreichen wird. Ab diesem Zeitpunkt soll in nur 30 Jahren komplette Emissionsneutralität, ein „Net Zero“ realisiert werden. Dies sind ohne Zweifel sehr ambitionierte Pläne. Auch wenn Chinas momentan sehr starke Abhängigkeit von Kohle die Umsetzung dieser Ziele schwierig erscheinen lassen, so sprechen auch viele Faktoren für eine klimaneutrale Zukunft Chinas. Schon jetzt wurde mit der Umsetzung vielversprechender Megaprojekte begonnen. So wurde beispielsweise in Qinghai im Westen Chinas mit den Bauarbeiten für einen 600 km<sup>2</sup> großen Solarpark begonnen. Allein mit dieser Anlage könnte ganz Israel versorgt werden [8].

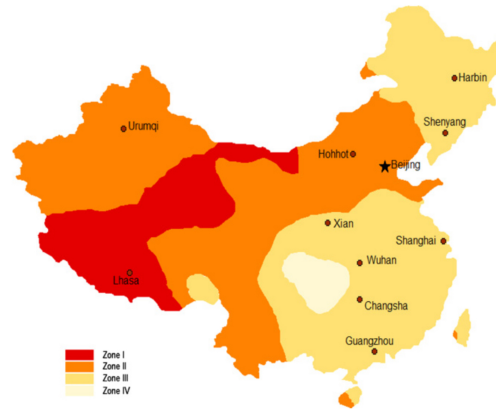


ABBILDUNG 5. Potenzial der für Solarenergie nutzbaren Flächen [9]

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der für Solarenergie nutzbaren Flächen je nach Intensität der Sonneneinstrahlung. Es ist unschwer zu erkennen, dass das höchste Potenzial für Photovoltaikanlagen im Westen Chinas zu finden ist. Das Problem ist an dieser Stelle, dass sich die meisten Großstädte im Osten befinden, wo demnach auch die meiste Energie benötigt wird. Schon seit dem Jahr 2009 setzt China aus diesem Grund auf UHV (Ultra-high-voltage) Hochspannungsleitungen [4]. Eine Technologie die in anderen Ländern kaum verbreitet ist, da der Energieverbrauch dort nicht im Ansatz eine ähnliche Größenordnung erreicht.

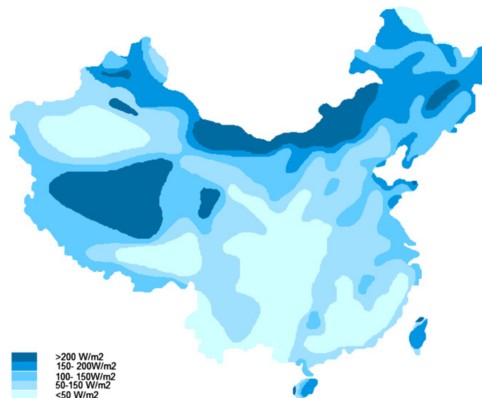


ABBILDUNG 6. Potenzial der für Windenergie nutzbaren Flächen [9]

Abbildung 6 zeigt die Verteilung der für Windenergie nutzbaren Flächen je nach Windstärke. Auch hier zeigt sich das selbe geographische Problem. Ein weiterer Grund für den Bau der UHV-Leitungen. Das jährliche Potenzial der durch Photovoltaik erzeugbaren Energie beträgt geographisch gesehen 6480 TW h pro Jahr. Für Windenergie ist das Potenzial mit 247.000 TW h deutlich höher. Vergleicht man diese Zahlen mit dem zuvor gezeigten momentanen Energieverbrauch in Abbildung 1 von etwa 40.000 TW h jährlich, so wird klar dass rein theoretisch die geographische Lage eine komplett nachhaltige Energieversorgung ermöglichen würde.



Ein großer Vorteil Chinas beim Umstieg auf erneuerbare Energien ist, dass keine Abhängigkeiten von anderen Ländern bestehen. Im Gegenteil, China ist momentan der größte Hersteller von Photovoltaik Anlagen weltweit. Auch was Rohstoffe betrifft, besitzt China einen großen Teil der relevanten Materialien. So wurden beispielsweise mehrere Kobaltminen im Kongo durch chinesische Unternehmen aufgekauft [8]. Des Weiteren finden in China ca. 90 % [8] der weltweiten Produktion an Polysilizium statt. Für andere Staaten bedeutet dies eine große Abhängigkeit von China während des Umstiegs auf erneuerbare Energien.

Chinas Plan zur Klimaneutralität beinhaltet allerdings nicht nur Wind, Solar und Wasserkraftwerke, auch Atomkraft wird als  $CO_2$  neutral eingestuft. Es sollen im Zuge des Umstiegs zur  $CO_2$  Neutralität insgesamt über 150 neue Atomkraftwerke gebaut werden. Die Klimaneutralität von Atomkraftwerken ist in Frage zu stellen, da diese Art der Energiegewinnung zahlreiche, schwer vorhersehbare Risiken mit sich bringt.

Ein weiterer Kritikpunkt stellt ein Vorfall auf der Conference of the Parties 26" (COP26) dar. Fast ein Jahr nachdem China seine ambitionierten Pläne veröffentlichte. Sowohl China als auch Indien zeigten wenig Bereitschaft, sich einem Ausstieg von Kohle zu verpflichten. Statt einer Phase out im Bezug auf Kohle wurde von diesen beiden Staaten darauf beharrt von einer Phase down zu sprechen [10].

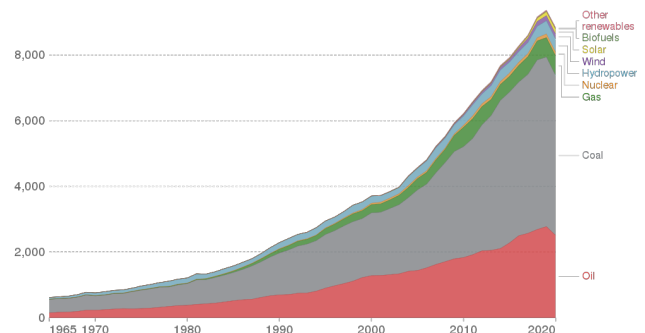
Eine weitere zentrale Rolle bei der Realisierung der Klimaziele Chinas spielt der Einfluss der autoritären Politik. An dieser Stelle gehen die Meinungen und Einschätzungen stark auseinander. So schreibt Bruce Gilley in seinem Artikel "Authoritarian environmentalism and China's response to climate change" [11] aus dem Jahr 2012 von einem deutlichen Vorteil bei der Effektivität der Umsetzung großer Projekte. China verfügt über ein zentrales Entscheidungssystem, welches mit hoher Konsequenz und Entscheidungssicherheit vorgeht. Dabei entfallen langwierige Genehmigungs- und Beteiligungsprozesse. Bei der Verteilung der gewonnenen Energie beispielsweise, müssen die höchsteffizienten UHV Hochspannungsleitungen einen langen Weg durch das Land zurücklegen. In demokratischen Ländern würden für ein solches Projekt viele verschiedene Autorisierungen von verschiedenen Gremien benötigt werden, in China wird dies von einem zentralen Entscheidungssystem durchgeführt.

Im Hinblick auf die Covid-Strategie Chinas kommen allerdings Zweifel an dem positiven Einfluss zentral getroffener Entscheidungen auf große Projekte auf. Zunächst gelang durch großflächige, streng kontrollierte Lockdowns im Rahmen einer Zero-Covid Strategie eine gute Eindämmung des Virus. Das konsequente Festhalten an dieser Strategie, in Kombination mit einer Ablehnung der mRNA-Impfstoffe aus westlichen Ländern, führt allerdings zunehmend zu negativen wirtschaftlichen Konsequenzen und hoher Unzufriedenheit in der Bevölkerung [12]. Dieses aktuelle Beispiel macht die Unsicherheiten und Risiken deutlich, die von einem zentralen und autoritären Entscheidungssystem ausgehen können.

## 2.4 Analyse im Hinblick auf Indien

### Energy consumption by source, India

Primary energy consumption is measured in terawatt-hours (TWh). Here an inefficiency factor (the 'substitution' method) has been applied for fossil fuels, meaning the shares by each energy source give a better approximation of final energy consumption.



Source: BP Statistical Review of World Energy  
Note: 'Other renewables' includes geothermal, biomass and waste energy.

ABBILDUNG 7. Energieverbrauch in Indien nach Energiequelle. [5]

Die hier dargestellte Grafik weist einen ähnlichen Verlauf zu der äquivalenten, auf China bezogenen Abbildung 1 auf. Auch für Indien ist in den letzten Jahrzehnten ein enormer Anstieg des Energieverbrauchs zu verzeichnen, und auch hier wurde dieser primär durch Kohlekraft erreicht.

Indien stellt momentan das Land mit der zweitgrößten Bevölkerung weltweit dar. Prognosen nach soll sich Indien allerdings spätestens Mitte dieses Jahrhunderts mit 1.6 Milliarden Menschen sogar auf Platz eins befinden. Des Weiteren steht Indien auf Platz drei der Liste der Länder mit den insgesamt höchsten Treibhausgasemissionen, und das obwohl zwei Drittel der indischen Haushalte gar keinen Zugang zu konventionellen Energiequellen besitzen. Die Unterschiede zwischen der städtischen und der auf dem Land lebenden Bevölkerung sind hier deutlich ausgeprägter als in China. Die auf dem Land lebende Bevölkerung ist auf Holz sowie andere Bioenergiequellen angewiesen. Nur 6 % der Bevölkerung besitzen ein Auto, 2 % eine Klimaanlage [6]. Dies wird sich vermutlich in den nächsten Jahrzehnten durch den prognostizierten Aufschwung und die damit einhergehende Entwicklung einer neuen Mittelschicht schnell ändern. Diese Fakten machen deutlich, wie viel Gefahr für sehr viel höhere Emissionen an dieser Stelle droht. Sollte der in Indien prognostizierte Wirtschaftsaufschwung weiterhin durch fossile Brennstoffe angetrieben werden, so kann davon ausgegangen werden, dass Indien damit zum Land mit den höchsten Treibhausgasemissionen wird.

Auch für Indien wurde der Zusammenhang des wirtschaftlichen Wachstums und des Energiekonsums in verschiedenen Forschungsarbeiten untersucht. In "A structural VAR analysis of renewable energy consumption, real GDP and CO2 emissions: Evidence from India" [13] wurde der Einfluss des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf das BIP in Indien durch Modellrechnungen simuliert. Zunächst wurde ebenfalls die „growth hypothesis“ als die für Indien am zutreffendste Hypothese herausgearbeitet. Dies ist aufgrund der zahlrei-

chen Entwicklungsp parallelen zwischen Indien und China keine Überraschung. In dieser Phase eines wirtschaftlichen Aufschwungs ist ein Anstieg des Energiekonsums essentiell für einen Anstieg des wirtschaftlichen Wachstums. Da ein Ausbau der erneuerbaren Energien meist mit einer Umstrukturierung bereits vorhandener Infrastruktur zusammenhängt, führt dies oft zu verhältnismäßig hohen Kosten. Die bereits vorhandenen, funktionierenden Strukturen werden nun nicht mehr genutzt und es entstehen durch den Aufbau der neuen Strukturen zusätzliche Kosten. Ein klarer Vorteil Indiens ist in diesem Fall jedoch, dass eine Substitution bestehender Infrastruktur an vielen Stellen nicht nötig ist, da diese schlicht noch nicht bestehen. In „A structural VAR analysis of renewable energy consumption, real GDP and CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from India“ [13] wird aus diesem Grund von einer direkten positiven Auswirkung einer Erhöhung der Erneuerbaren Energien auf das BIP gerechnet. In China wurde zuvor aufgrund der „**growth hypothesis**“ zunächst von kurzfristigen negativen Auswirkungen auf das BIP ausgegangen. Dieser Unterschied lässt sich auf die Tatsache zurückführen, dass in Indien weniger Verluste durch die Nichtnutzung bereits bestehender Strukturen entstehen [13].

Des Weiteren lassen sich auch die in Abschnitt 3 häufig zitierten Befunde Sadorskys aus der Arbeit „Renewable energy consumption and income in emerging economies“ [7] ebenfalls auf Indien beziehen. Demnach hat ein Anstieg des wirtschaftlichen Wachstums einen höheren positiven Einfluss auf den Ausbau der erneuerbaren Energien als auf den Anstieg des Energiekonsums insgesamt.

## 2.5 Potential und Prognosen Indien

Indien besitzt die historische Chance, als erstes großes Industrieland von Grund auf auf erneuerbaren Energien aufgebaut zu sein.

Um dies zu erreichen müssen Solar- und Windkraftanlagen massiv ausgebaut werden, Kohlekraftwerke ersetzen, aber auch sehr viel zusätzliche Energie liefern. Energienetze müssen ausgebaut und erweitert werden, um auch Regionen und Wirtschaftszweige mit Energie zu versorgen, die bisher keinen Zugang zu dieser hatten [6].

Im Folgenden soll dargestellt werden, dass Indien gute Voraussetzungen erfüllt, um diese ambitionierten Ziele umzusetzen.

Indien wird bis Mitte des Jahrhunderts einen Energiebedarf ähnlicher Größe des heutigen Bedarfs der USA decken müssen [6]. Hierbei spielt aufgrund der günstigen Lage Indiens und der damit verbundenen hohen Sonneneinstrahlung vorrangig Solarenergie eine wichtige Rolle.

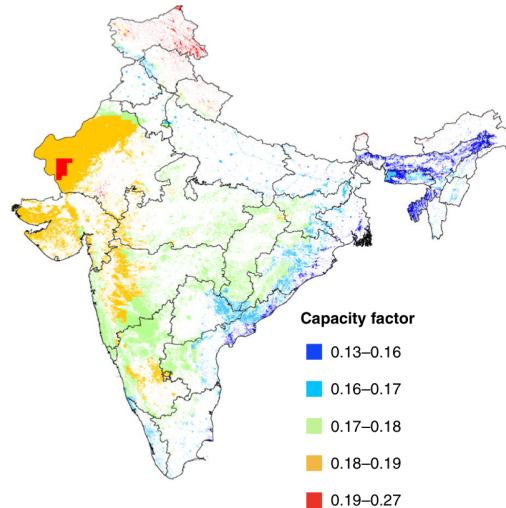


ABBILDUNG 8. Potenzial der für Solarenergie nutzbaren Flächen [14]

Eine Simulation, im Rahmen der Forschungsarbeit „India’s potential for integrating solar and on- and offshore wind power into its energy system“ [14] (Siehe Abbildung 8) entwickelt, zeigt das Potenzial der für Solarenergie nutzbaren Flächen auf. Die Simulation wurde anhand von Parametern wie Neigung zur Sonne, Sonnenstunden, Temperatur und Bevölkerungsdichte erstellt. Rechnungen zufolge könnte der benötigte Energiebetrag allein durch Solarenergie, bezogen über 10 % der wirtschaftlich nicht nutzbaren Flächen [6], erzeugt werden. Das gesamte Potenzial der für Solarenergie nutzbaren Flächen liegt Rechnungen der Simulation zufolge bei 20 900 TW h pro Jahr.

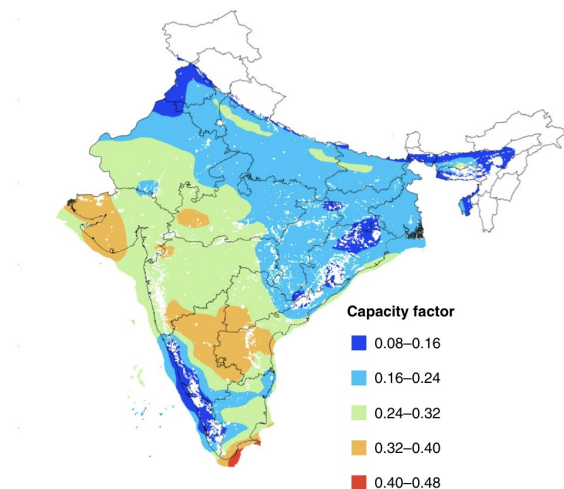


ABBILDUNG 9. Potenzial der für Windenergie nutzbaren Flächen [14]

Eine Simulation im Rahmen der selben Forschungsarbeit zeigt das Potenzial der für Windenergie nutzbaren Flächen auf. Die off-shore Bedingungen sind aufgrund der überdurchschnittlich tiefen Gewässer der Region relativ limitiert, da-

für ist aber in diesen wenigen Gebieten mit einer hohen Kapazität zu rechnen. Das jährliche Potenzial beträgt hier 1546 TW h. Die on-shore Bedingungen sind über viele Teile Indiens hinweg als sehr gut einzustufen, Berechnungen der jährlichen Kapazität belaufen sich hier auf 22 200 TW h [14]. Indien wird schätzungsweise im Jahr 2040 einen Energiebedarf von 2800 TW h [14] erreichen. Dieser Betrag ist also rein rechnerisch durch Wind und Solarenergie zu decken.

Der Bau eines Windrads ist zudem fast vollständig im eigenen Land möglich, und stellt somit eine Förderung der Wirtschaft des Landes dar [6]. Zudem ist die Halbleiterindustrie in Indien ein boomender Wirtschaftszweig.

Außerdem ist an dieser Stelle anzumerken, dass die Herstellungskosten der benötigten Bauteile für einen Umstieg auf erneuerbare Energien mit dem technischen Fortschritt der letzten Jahrzehnte grundsätzlich stark gesunken sind. So sind die Preise für Lithium-Ionen-Batterien in den letzten 30 Jahren beispielsweise um 98 % gesunken [15]. Indien besitzt also nicht nur geographisch gesehen günstige Voraussetzungen für den massiven Ausbau erneuerbarer Energien, der wirtschaftliche Aufschwung des Landes, der einen solchen zusätzlichen Bedarf an Energie fordert, spielt sich auch in einer Zeit ab in welcher der Ausbau der erneuerbaren Energien so günstig ist wie noch nie zu vor. Statistiken gehen davon aus, dass die Entwicklung in Indien so schnell voranschreiten wird, dass im Jahr 2030 die heutige Infrastruktur gerade einmal 30 % der gesamten Infrastruktur des Landes ausmachen wird [6]. Indien stellt in dieser Hinsicht quasi eine weiße Landkarte dar, mit dem Potenzial, von Anfang an bei der Planung dieser zukünftigen Infrastruktur auf erneuerbare Energien zu setzen.

Auch wenn, wie eben dargestellt, Indien in vielerlei Hinsicht gute Voraussetzungen für diesen Umstieg und Ausbau besitzt, so stehen diesem auch viele Hindernisse entgegen. Wie bereits erwähnt ist die Kohleindustrie in Indien derzeit dominant und wird auch weiter ausgebaut. Wie in anderen Ländern auch, haben hier große Unternehmen einen gewissen politischen Einfluss und versuchen, im eigenen Interesse handelnd, dem Ausbau einer erneuerbaren Energieversorgung entgegenzuwirken [2]. Investitionen aus dem Ausland in erneuerbare Energien und andere damit verbundenen Technologien können an dieser Stelle helfen, diese Technologien voranzutreiben und deutlich zu machen, dass diese, auch wirtschaftlich gesehen zu einer besseren Zukunft beitragen. Dabei sind diese Investitionen auch für die Investoren profitabel, so könnte der Aufbau einer solchen nachhaltigen Infrastruktur als eine Art Pilotprojekt für andere Länder gesehen werden [6]. Der Kampf gegen den Klimawandel muss schließlich von der gesamten Weltbevölkerung gemeinsam geführt werden und ein Umstieg auf erneuerbare Energien ist demnach nicht nur in Indien nötig.

Die Relevanz des Umstiegs und dessen zahlreiche Vorteile scheinen auch bei der indischen Regierung zu einem Umdenken geführt zu haben. Im November 2021 auf der Conference of the Parties 26", COP26 in Glasgow stellte Premierminister Modi einen Plan zur Emissionsneutralität für Indien vor. Der

Plan hat zum Ziel, bis zum Jahr 2070 die Emissionsneutralität, ein Net-Zero zu erreichen. Meilensteine die in den nächsten neun Jahren erreicht werden sollen beinhalten einen Anteil der Erneuerbaren an der Gesamtenergieversorgung von 50 %, sowie eine Reduktion der  $CO_2$ -Emissionen um 45 %. Die Vorstellung dieses Planes stellt ohne Frage einen großen Schritt in die richtige Richtung dar, die Ausarbeitung des Plans lässt jedoch auch Raum für Kritik. Um das pariser Abkommen einzuhalten und somit zum Ende des Jahrhunderts eine globale Erwärmung von über 1.5 °C zu verhindern, müsste der weltweite  $CO_2$  Ausstoß Mitte des Jahrhunderts auf nahezu null sinken [16]. Für den Ausstoß aller Emissionen insgesamt müsste dies im Jahr 2070 erfolgen. Um in Übereinstimmung mit dem pariser Abkommen zu sein, welchem Indien zugestimmt hat, ist also nicht nur die Emissionsneutralität im Jahr 2070 essentiell, die  $CO_2$ -Neutralität sollte schon im Jahr 2050 erreicht sein. Während die Emissionsneutralität im Jahr 2070 als klares Ziel in dem vorgestellten Plan erhalten ist, lassen sich keine eindeutigen Anhaltspunkte für eine angestrebte  $CO_2$ -Neutralität bis zum Jahr 2050 finden [17]. Ein weiterer Punkt welcher an dieser Stelle für Verunsicherung sorgt, ist die bereits im Abschnitt 4 erwähnte mangelnde Bereitschaft, die Vertreter Indiens und China auf der COP26 Konferenz einer Verpflichtung zum Ausstieg aus der Kohle gegenüber gezeigt hatten [10].

Selbstverständlich spielt auch hier die politische Entwicklung eine große Rolle, wenn es um die Realisierung dieser Pläne geht. Bei Indien handelt es sich im Gegensatz zu China um eine Demokratie. Die derzeitige Regierung Indiens ist stark von populistisch agierenden Politikern dominiert. Die demokratischen Strukturen und das dezentrale Entscheidungssystem sorgen trotzdem potenziell für eine geringere Effektivität beim Umsetzen großer Projekte [11], erschweren aber auf der anderen Seite auch das Festhalten an Strategien, mit welchen ein Großteil der Bevölkerung nicht einverstanden ist.

### 3 Zusammenfassung und Fazit

Es wurde zunächst für beide Staaten der generelle Zusammenhang des Energiekonsums und des wirtschaftlichen Wachstums untersucht. An dieser Stelle wurde wie für die meisten Schwellenländer die „**growth hypothesis**“ als passend herausgearbeitet. Im nächsten Schritt wurde der Zusammenhang eines Ausbaus der erneuerbaren Energien und des wirtschaftlichen Wachstums analysiert. Für China kann an dieser Stelle eher von einem Umstieg auf erneuerbare Energien gesprochen werden, welcher einen Umbau der momentan vorhandenen Infrastruktur erfordert. Dies verursacht zusätzliche Kosten und es ist von einer kurzfristigen negativen Auswirkung auf das BIP auszugehen. Für Indien ist im Gegensatz dazu von einem direkten positiven Einfluss eines Ausbaus der Erneuerbaren auf das BIP zu rechnen. An dieser Stelle kann eher von dem Aufbau einer neuen Infrastruktur gesprochen werden, da verhältnismäßig wenig Infrastruktur bereits besteht und ersetzt werden muss.

Sowohl der komplette Umstieg des bevölkerungsreichsten

Landes der Welt auf nachhaltige Energiequellen, als auch der Aufbau einer nachhaltigen Infrastruktur von Grund auf in der größten Demokratie der Welt stellen ohne Frage extrem relevante Projekte in unserer heutigen Zeit dar. Wie in diesem Bericht gezeigt wurde sind die geographischen Rahmenbedingungen für einen solchen Umstieg beziehungsweise Aufbau für beide Länder als sehr gut einzustufen. Des Weiteren sind auch die wirtschaftlichen Folgen eines Ausbaus der erneuerbaren Energiequellen insgesamt positiv zu bewerten. Ob und wie schnell diese Projekte tatsächlich realisiert werden, ist an dieser Stelle jedoch nicht eindeutig zu beantworten. Diese Entwicklungen hängen von vielen politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedingungen ab, welche schwer vorhersehbar sind.

## Review

Dieser Artikel wurde am 21.07.2022 Felix Lacher zum Review übersendet. Das Review war sehr hilfreich, durch die Anmerkungen und Vorschläge konnten einige Fehler behoben werden, und durch die zusätzliche Perspektive konnten einige Abschnitte allgemein besser verständlich formuliert werden.

## Bibliographie

1. C.Textor, Statista, URL [https://www.statista.com/topics/1276/population-in-china/#topicHeader\\_\\_wrapper](https://www.statista.com/topics/1276/population-in-china/#topicHeader__wrapper).
2. K. J. Warner and G. A. Jones, The 21st Century Coal Question: China, India, Development, and Climate Change, Atmosphere (2018), <https://www.mdpi.com/2073-4433/10/8/476/htm>
3. C. T. Tugcu, I. Ozturk, and A. Aslan, Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries, Science Direct (2012), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988312001910>
4. Y. Fang, Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience (2011), <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032111002851>
5. Our World in Data, URL <https://ourworldindata.org/global-energy-200-years>.
6. V. Sivaram, How India could pull off the world's most ambitious energy transition, URL [https://www.youtube.com/watch?v=Pgq\\_CODucg0&t=588s](https://www.youtube.com/watch?v=Pgq_CODucg0&t=588s).
7. P. Sadorsky, Renewable energy consumption and income in emerging economies (2009), <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421509003176>
8. Bloomberg, How China Plans to Win the Future of Energy, URL <https://www.youtube.com/watch?v=b1LQSezKxnA>.
9. W. Liua, et al., Potential of renewable energy systems in China (2010), [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261910002837?casa\\_token=k-NcVsmOYw8AAAAA:ChoR2DgtG\\_5zqXaFEDkLy16FdCaCO7UWMjIrHgJVp\\_T8KcU\\_EWztyQmWgxDVfeRbS07hby4s\\_vQ](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261910002837?casa_token=k-NcVsmOYw8AAAAA:ChoR2DgtG_5zqXaFEDkLy16FdCaCO7UWMjIrHgJVp_T8KcU_EWztyQmWgxDVfeRbS07hby4s_vQ)
10. C. H. Leslie Hook, India and China weaken pledge to phase out coal as COP26 ends, URL <https://www.ft.com/content/471c7db9-925f-479e-ad57-09162310a21a>.
11. B. Gilley, Authoritarian environmentalism and China's response to climate change (2012), [https://www.researchgate.net/publication/254232695\\_Authoritarian\\_environmentalism\\_and\\_China's\\_response\\_to\\_climate\\_change](https://www.researchgate.net/publication/254232695_Authoritarian_environmentalism_and_China's_response_to_climate_change)
12. S. Kennedy and J. S. M. and Yanzhong Huang, China's Zero-Covid: What Should the West Do?, URL <https://www.csis.org/analysis/chinas-zero-covid-what-should-west-do>.
13. A. K. Tiwari, A structural VAR analysis of renewable energy consumption, real GDP and CO2 emissions: Evidence from India (2011), <https://ideas.repec.org/a/eb1/ecbull/eb-10-00774.html>
14. T. Lu, et al., India's potential for integrating solar and on- and offshore wind power into its energy system (2020), <https://www.nature.com/articles/s41467-020-18318-7>
15. O. Schmidt, et al., The future cost of electrical energy storage based on experience rates (2017), <https://www.nature.com/articles/nenergy2017110>
16. Key aspects of the Paris Agreement, URL <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/key-aspects-of-the-paris-agreement>.
17. M. Singh, Ahluwalia, and U. Patel, Getting to Net Zero: An Approach for India at CoP-26 (2021), [https://csep.org/wp-content/uploads/2021/09/Getting-to-Net-Zero\\_An-Approach-for-India-at-CoP-26-29-Sept-21-1.pdf](https://csep.org/wp-content/uploads/2021/09/Getting-to-Net-Zero_An-Approach-for-India-at-CoP-26-29-Sept-21-1.pdf)



### **Abgabe und Eidesstaatliche Erklärung**

Durch das Hochladen dieser Ausarbeitung über das mir persönlich zugeordnete ILIAS-Konto erkläre ich gleichzeitig, dass ich die Ausarbeitung selbständig verfasst habe, keine anderen als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel verwendet habe und alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus ver-

öffentlichten Schriften entnommen wurden, als solche kenntlich gemacht habe. Darüber hinaus erkläre ich, dass diese Ausarbeitung nicht, auch nicht auszugsweise, bereits für eine andere Prüfung angefertigt wurde.

24.07.2022 Diese Erklärung gilt ohne Unterschrift