



Stephan Bosch
Friederike Schlenker
Jochen Bohn
Simone Kupies
Matthias Schmidt

Energie-Weltatlas

Transformation des Energiesystems
in globaler Perspektive

Energie-Weltatlas

Stephan Bosch • Friederike Schlenker
Jochen Bohn • Simone Kupies
Matthias Schmidt

Energie-Weltatlas

Transformation des Energiesystems
in globaler Perspektive

Stephan Bosch
Institut für Geographie, Universität Augsburg,
Bayern, Deutschland

Friederike Schlenker
Institut für Geographie, Universität Augsburg,
Bayern, Deutschland

Jochen Bohn
Institut für Geographie, Universität Augsburg,
Bayern, Deutschland

Simone Kupies
Institut für Geographie, Universität Augsburg,
Bayern, Deutschland

Matthias Schmidt
Institut für Geographie, Universität Augsburg,
Bayern, Deutschland

ISBN 978-3-658-38448-7 ISBN 978-3-658-38449-4 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-38449-4>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Einbandabbildung: © Vit-Mar / shutterstock.com

Planung: Dr. D. Fröhlich

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort – Was ist der Energie-Weltatlas?

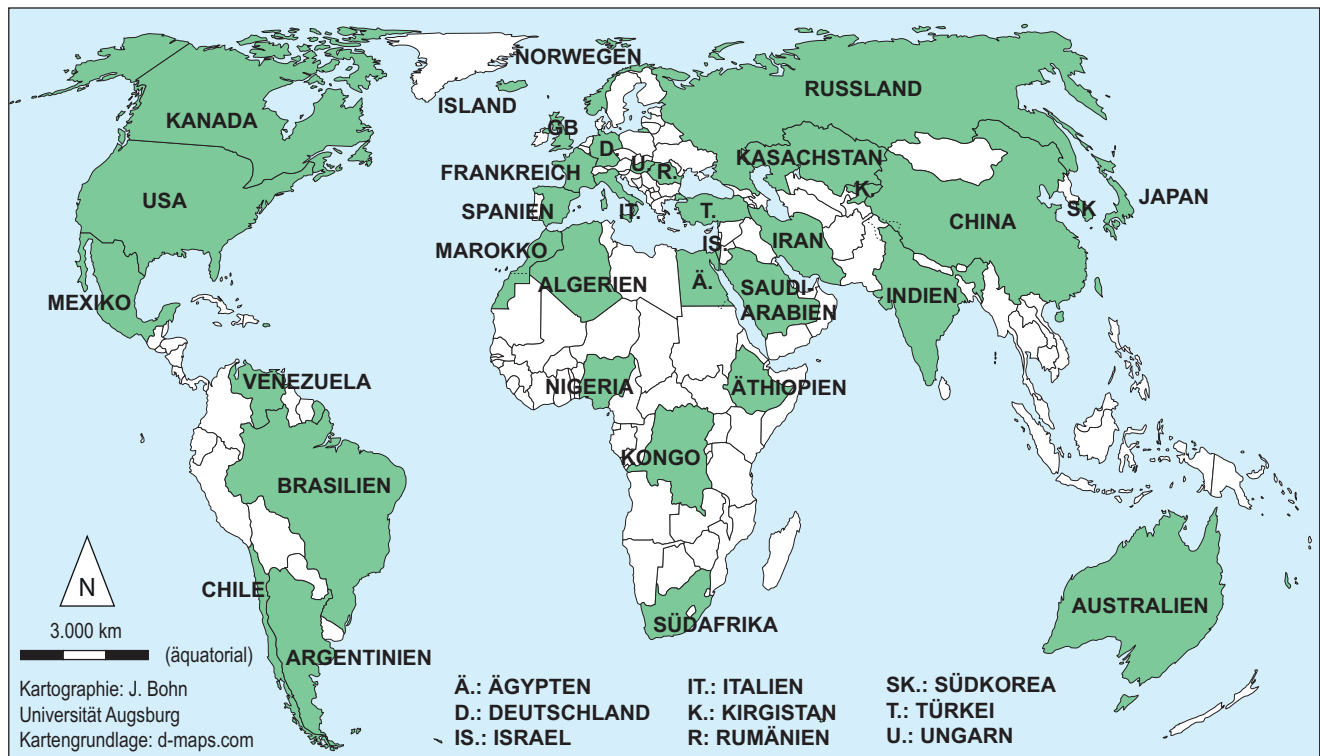
Der Energie-Weltatlas stellt das erste Werk dar, das zentrale Informationen zu nationalen Energiesystemen und Energiesystem-Transformationen weltweit bereithält und diese gut verständlich für Wissenschaftler:innen, Schüler:innen und interessierte Laien vermittelt. Hierzu werden prägnante Texte, Grafiken und Tabellen präsentiert, die die wichtigsten Informationen zu den Energiesystemen der Länder unserer Erde bereithalten. Den Leser:innen wird hierdurch die Möglichkeit gegeben, sich einen umfassenden Überblick über die Bedeutung fossiler, nuklearer sowie erneuerbarer Energieträger zu verschaffen und die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, die zu teils stark voneinander abweichenden nationalen Strategien bei der Energiepolitik führen, nachvollziehen zu können. Das Herzstück des Energie-Weltatlas stellen die zahlreichen thematischen Karten dar, die die wesentlichen „Charakterzüge“ der jeweils nationalen Energiesysteme visualisieren und räumlich verorten. Grundsätzlich war es bei der Anfertigung der einzelnen energiegeographischen „Ländersteckbriefe“ das Ziel, den spezifischen energiesystemischen Charakter eines jeden Landes freizulegen, und dies anhand einer gleichbleibenden Analysestruktur: Beginnend mit einem Überblick über wichtige Kennzahlen des jeweiligen nationalen Energiesystems folgen Grafiken zur Rohstoffgewinnung, zum Energie- und Strommix, zu Importen und Exporten bei Energieträgern sowie kartographische Visualisierungen zu den natürlichen Standortpotenzialen erneuerbarer Energien und zu den räumlichen Strukturen der nationalen Energiesysteme. Diese anschaulichen Elemente werden durch informative Texte zu Energie-Geschichte, Energie-Politik und Energie-Wirtschaft des entsprechenden Landes eingerahmt.

Die grundsätzliche Struktur, die wir als sinnvoll erachten, um sich unmittelbar ein umfassendes Bild von den nationalen Energietransformationen machen zu können, musste an wenigen Stellen angepasst werden, da einerseits nicht alle Informationen für jedes Land in der gewünschten Weise zur Verfügung standen und andererseits bestimmte Themengebiete in manchen Erdregionen keine Relevanz besitzen. In diesen Fällen haben wir dennoch versucht, den Charakter des nationalen Energiesystems einzufangen, indem wir andere thematische Schwerpunkte in den Fokus rückten. Aus Gründen des Aufwandes konnte zudem nicht jedes Land der Erde in die Erstellung des Energie-Weltatlas aufgenommen werden. Vielmehr richteten wir den Fokus auf jene 35 Staaten, die exemplarisch für die große Vielfalt an Energiesystemen und Energietransformationen auf allen Kontinenten stehen und nach unserer Einschätzung die spannendsten sowie informativsten sind. Der Umfang des Werkes und die Notwendigkeit, unterschiedliche Kompetenzen der geografischen Energieforschung zu vereinigen, machte es erforderlich, ein relativ großes Team aufzustellen. Neben Wissenschaftler:innen der Augsburger Humangeographie sind daher auch Kartograph:innen Teil der Autorenschaft. Ein großer Dank geht nicht zuletzt an die studentischen und wissenschaftlichen Hilfskräfte – Severin Altmann, Katharina Peuker, Paul Schloz, Martin Walter – die uns tatkräftig und mit großem Engagement bei der Datenrecherche, Datenakquise und

der textlichen sowie kartographischen Arbeit unterstützt haben. Wir hoffen, dass wir mit dieser Publikation das Fundament für eine konstruktive Debatte über die Vor- und Nachteile unterschiedlicher nationaler Strategien bei der Gestaltung und Transformation von Energiesystemen geschaffen haben und viele Leser:innen für eines der wichtigsten Themen unserer Zeit gewinnen können.

Augsburg, Deutschland
Mai 2022

Stephan Bosch
Friederike Schlenker
Jochen Bohn
Simone Kupies
Matthias Schmidt



Inhaltsverzeichnis

Ägypten – Große Energiepotenziale und große Projekte	1
Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen	1
Energiereform für ambitionierte Energieziele	4
Megaprojekte zur Erschließung der reichhaltigen Energiepotenziale	4
Karten	5
Literatur	9
Algien – Ungenutzte Potenziale bei den Erneuerbaren	11
Dominanz von Öl und Gas	11
Ambitioniertes EE-Programm mit geringen Anreizen	13
Geringe Konkurrenzfähigkeit von erneuerbaren Energien	14
Desertec	15
Karten	15
Literatur	20
Argentinien – Zu viele Wirtschaftskrisen	21
Erdgas als tragende Säule	21
Reformen im Energiesektor zur Stabilisierung des Staatshaushalts	23
Zu viele Hindernisse	25
Karten	25
Literatur	30
Äthiopien – Erneuerbare Energien als Wirtschaftsmotor	31
Grüne Wirtschaftstransformation	31
Länderübergreifender Konflikt um die Ressource Wasser	33
Erneuerbare Energien zur Elektrifizierung des ländlichen Raums	34
Karten	34
Literatur	39
Australien – Energie im Überfluss	41
Ein von Kohle dominiertes Energiesystem	41
Kontroverse Energiepolitik	43
Naturräumliche Potenziale und Hindernisse	45
Soziale Konflikte der Energietransformation	45
Karten	45
Literatur	50
Brasilien – Umstrittene Wasserkraft	51
Wasserkraft als tragende Säule	51
Langfristige Ausbaustrategien	54
Elektrifizierung des ländlichen Raumes	54
Karten	55
Literatur	60

Chile – Mit den Erneuerbaren die Energiekrise überwinden	61
Importabhängige „Energieinsel“	61
Wettbewerbliche Strukturen	64
Aufstrebender EE-Markt mit großem Potenzial	64
Karten	65
Literatur	68
China – Führend beim Ausbau erneuerbarer Energien	71
Energiesystem der Rekorde	71
Eckpunkte der chinesischen Energiepolitik	74
Regionale Konflikte und Unterschiede	75
Karten	75
Literatur	78
Deutschland – Pionierland der Energiewende	81
Erneuerbare-Energien-Gesetz als Herzstück	81
Dezentralisierung des Energiesystems	82
Variable soziale Akzeptanz	83
Karten	84
Literatur	90
Frankreich – Dominanz der Kernenergie	93
Pionier der Kernenergienutzung	93
Kaum fossile Quellen	95
Akteure des Energiesystems	96
Soziale Frage	97
Karten	97
Literatur	102
Vereinigtes Königreich – Vorreiter bei Offshore-Windenergie	103
Kohleausstieg 2025	103
Markt oder Staat?	104
Spitzenreiter bei Offshore-Windenergie	106
Karten	106
Literatur	112
Indien – Steigender Energiehunger	113
Wachsende Wirtschaft und Bevölkerung	113
Staatliche Unterstützung für die Erneuerbaren	115
Natürliche Potenziale und soziale Hemmnisse	116
Karten	117
Literatur	122
Iran – Erdöl- und Erdgasreichtum als Rückgrat	123
Dominanz von Öl und Gas	123
Eckpunkte der Energie- und Klimapolitik	124
Hemmnisse und Chancen der Energietransformation	126
Karten	127
Literatur	131
Island – Strommix zu 100 % aus erneuerbaren Energien	133
Führend bei der Erdwärmenutzung	133
Zentrale Akteure und Interessenkonflikte	135
Gute Perspektiven für die Windkraft	135
Karten	136
Literatur	139

Israel – Erdgas im Fokus	141
Versorgungssicherheit an erster Stelle	141
Halbherziger Klimaschutz	142
Golanhöhen im Blick	144
Karten	144
Literatur	149
Italien – Mit Erdgas und Erdwärme in die Zukunft	151
Ausstieg aus der Kernenergie	151
Pionier der Erdwärmenutzung	151
Energietransformation stockt	154
Machtvolle Akteure und Partizipation	154
Karten	154
Literatur	159
Japan – Kernenergie trotz Fukushima	161
Abhängigkeit von der Kernenergie	161
Energiepolitischer Rahmen und Klimaziele	162
Vorbild bei Photovoltaik – Nachholbedarf bei Windenergie	165
Karten	165
Literatur	170
Kanada – Spannungsfeld zwischen Klimazielen und fossiler Industrie	171
Land voller Energieressourcen	171
Räumliche Disparitäten und Exportorientierung	173
Föderalismus und politische Kontroversen	174
Gesellschaftliche Unterstützung	175
Karten	175
Literatur	180
Kasachstan – Energiesystem im Umbruch	181
Energieressourcen im Überfluss	181
Akteure der Energieerzeugung	182
Eckpunkte der Klima- und Energiepolitik	184
Infrastrukturelle Defizite und ökologische Bedrohungen	184
Karten	185
Literatur	188
Kirgistan – Kein Raum für die Erneuerbaren	191
Wasserkraft dominiert	191
Lasten aus der Sowjetzeit	193
Energie- und Klimapolitik im Schlingerkurs	194
Verflechtungen, Abhängigkeiten und Konflikte	194
Karten	195
Literatur	197
Kongo, Demokratische Republik – Große Wasserkraftpotenziale und große Energiearmut	199
Dominanz von Wasserkraft und Biomasse	199
Staudamm <i>Inga 3</i>	200
Erneuerbare Energien als Chance	202
Karten	202
Literatur	207

Marokko – Vorreiter der Energiewende in Nordafrika	209
Marokko als grüner Stromexporteur	209
Ambitionierte Ziele	210
Reichhaltige Solar- und Windpotenziale	213
Karten	213
Literatur	218
Mexiko – Energiereform ebnet grünen Weg	219
Liberalisierung als Schlüssel	219
Stabiler politischer Rahmen	222
Berücksichtigung indigener Gemeinschaften	222
Karten	223
Literatur	226
Nigeria – Reichtum an fossilen Ressourcen als Barriere für Erneuerbare	229
Abhängigkeit von fossilen Ressourcen	229
Fossile Industrie erschwert Energietransformation	232
Wasserkraft dominiert Regenerativstrom	233
Karten	233
Literatur	237
Norwegen – „Grüne Batterie“ Europas	239
Kraft des Wassers	239
Dekarbonisierung des Gebäude- und Verkehrssektors	242
Große Windpotenziale ungenutzt	243
Karten	243
Literatur	248
Rumänien – Stillstand beim Ausbau erneuerbarer Energien	249
Wasserkraft mit großer Tradition	249
Folgen des EU-Beitritts	251
Quo vadis Erneuerbare	252
Karten	253
Literatur	256
Russland – Gigantische Öl- und Gasförderung	259
Big Player auf internationalen Energiemärkten	259
Energiemix zu 97 % fossil-nuklear	261
Zentralisierter Energiemarkt	261
Große regenerative Potenziale	263
Karten	263
Literatur	267
Saudi-Arabien – Königreich des Erdöls	269
Energie im Überfluss	269
Energiesystem ohne Erneuerbare	271
Diversifizierung der Energieversorgung	271
Meerwasserentsalzung im großen Stil	272
Karten	272
Literatur	276
Spanien – Auf und Ab bei Erneuerbaren	279
Mehr Energieunabhängigkeit	279
Transformation mit Unterbrechungen	280
Hoffnungsträger Solarenergie	282
Karten	283
Literatur	286

Südafrika – Zentralistisch und kohledominiert	289
Monopolstellung eines Kohlestromproduzenten	289
Erfolgreiches Förderprogramm für Erneuerbare	290
Chance für sozio-ökonomische Entwicklung	292
Karten	293
Literatur	296
Südkorea – Schleppende Transformation	299
Energie für den Wirtschaftsaufschwung	299
Der Atomschock	300
Langwieriger Atomausstieg	301
Vielfältige regenerative Energiepotenziale	302
Karten	303
Literatur	308
Türkei – Kernenergie im Blick	309
Dominanz fossiler Energieträger bröckelt	309
Marktwirtschaftliche Reformen und Internationalisierung	310
„Heimischer, erneuerbarer“	312
Karten	313
Literatur	315
Ungarn – Energietransformation im Rückstand	317
Energiesystem im Überblick	317
Abkehr von der Liberalisierung	318
Blockade gegen Windenergie	319
Karten	321
Literatur	324
USA – Energiesupermacht	327
Status quo des Energiesystems	327
Schiefergasrevolution	328
Energiepolitik im Wandel	330
Karten	331
Literatur	334
Venezuela – Ölressourcen als Fluch und Segen	337
Einzigartiger fossiler Reichtum	337
Petro-Staat	338
Weg in die Krise	340
Nationale Stromkrise	340
Karten	341
Literatur	343

Ägypten – Große Energiepotenziale und große Projekte

Ägypten ist in den letzten Jahrzehnten nicht nur als Exporteur von Mineralöl und Erdgas aufgetreten, sondern konnte auch seinen eigenen Energiebedarf überwiegend mit fossilen Rohstoffen decken (vgl. Tab. 1). Vor dem Hintergrund der wachsenden Energienachfrage und der Erschöpfung heimischer fossiler Ressourcen befindet sich Ägyptens Energiesektor derzeit jedoch in einem starken Transformationsprozess, an dessen Ende eine geringere Abhängigkeit von fossilen Energieträgern stehen soll. Dafür hat sich die Regierung ambitionierte energiepolitische Ziele gesteckt (vgl. Abb. 1). Nicht zuletzt soll in dem mit reichhaltigen Solar- und Windpotenzialen gesegneten Land der größte PV-Park der Welt entstehen.

Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen

Ägypten ist mit 98,4 Millionen Menschen (IEA 2021a) der bevölkerungsreichste Staat Nordafrikas. Der Großteil des Landes besteht aus Wüsten, sodass sich 95 % der Bevölkerung auf das schmale fruchtbare Tal und Delta des Nils konzentrieren, die lediglich 5 % der Gesamtfläche Ägyptens einnehmen. Das Land verfügt über ein weitverzweigtes Stromnetz, auf dessen Basis etwa 99 % der Bevölkerung einen Zugang zu Strom haben (El-Shamy 2019, S. 3726 f.).

Der Großteil des Strombedarfs wird über fossile Energieträger gedeckt, wobei Erdgas einen Anteil von 80 % und Mineralöl von 11 % am Strommix ausmachen (vgl. Abb. 2 und 3). Erneuerbare Energien liegen bislang bei einem Anteil von insgesamt 8,1 %, der sich aus 6,6 % Wasserkraft und 1,5 % Solar- und Windenergie zusammensetzt. Auch der gesamte Energiemix (Abb. 4), d. h. zuzüglich Wärme- und Kraftstoffsektor, basiert mit einem Erdgasanteil von 54,4 % und einem Erdölanteil von 38,3 % überwiegend auf fossilen Energieträgern (IEA 2021a). Aufgrund des Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums, der Expansion von Städten und der Anhebung des Lebensstandards ist die Energienachfrage in den letzten Jahren stark angestiegen und wird sich laut Prognosen bis 2030 sogar um 21 % erhöhen (El-Shamy 2019, S. 3727).

Bis in die 1990er-Jahre konnte Ägypten seinen Energiebedarf noch gut auf Basis heimischer fossiler Ressourcen, wie Mineralöl, Erdgas und Wasserkraft, decken (Mahdy und Bahaj 2018, S. 282). Seit den 2000ern herrscht jedoch ein Defizit im Energieangebot (vgl. Abb. 5), was vor allem auf die steigende Energienachfrage und die allmähliche Erschöpfung der Öl- und Gasressourcen zurückzuführen ist (Shaaban et al. 2018, S. 3). Daher wurde Ägypten von einem langjährigen Netto-Exporteur fossiler Rohstoffe (vgl. Abb. 6) zu einem Netto-Importeur (El-Shamy 2019, S. 3728). Energiemangel und eine alternde Strominfrastruktur führen

Tab. 1 Auf einen Blick

PARAMETER	JAHR	WERT(E)	QUELLE
Energieverbrauch gesamt pro Kopf	2018	4004 PJ 45 GJ	IEA 2021b
Energiebezogene CO ₂ -Emissionen pro Jahr	2019	217 Mt	BP 2020
Importabhängigkeit	2018	10,1 %	IEA 2021b
Installierte Leistung zur Stromproduktion fossil erneuerbar	2017	38.220 MW 4100 MW	Power Technology 2018; El Gindi 2020
Anteil EE am Energiemix	2018	3,9 %	IEA 2021b
Anteil EE am Strommix	2018	8,1 %	IEA 2021b
Durchschnittlicher Strompreis Industrie Haushalte	2020	6 ct/kWh 4 ct/kWh	Global Petrol Prices 2021
Beschäftigte im EE-Sektor	2020	3920	IRENA 2020

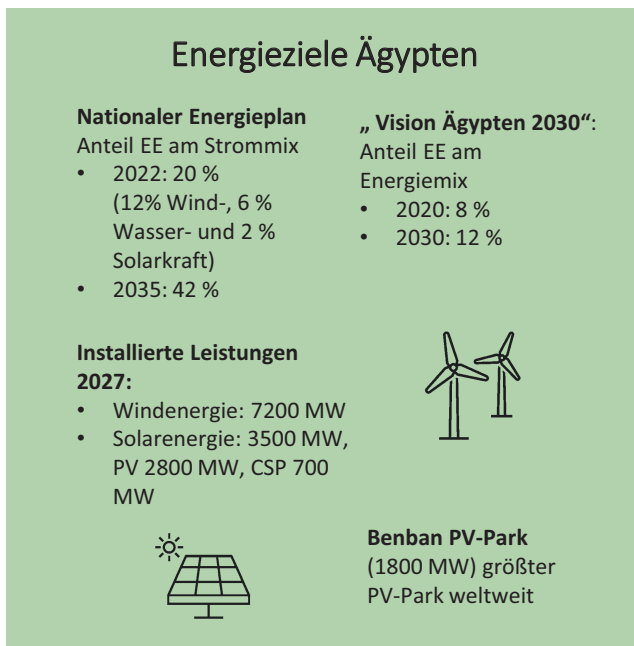


Abb. 1 Energieziele Ägypten. (Quelle: Abdalla et al. 2019; El-Shamy 2019; Fayek und Abdalla 2020; Shaaban et al. 2018)

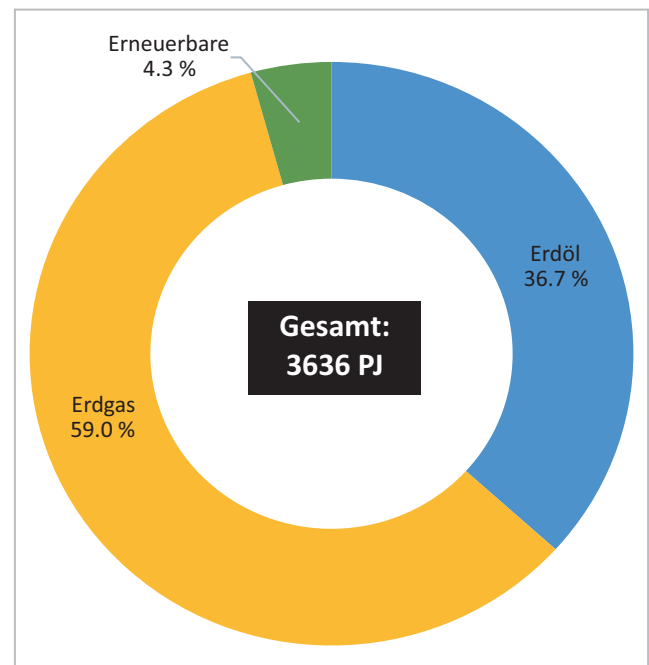


Abb. 2 Inländische Produktion Ägypten 2018 (Datengrundlage: IEA 2021b)

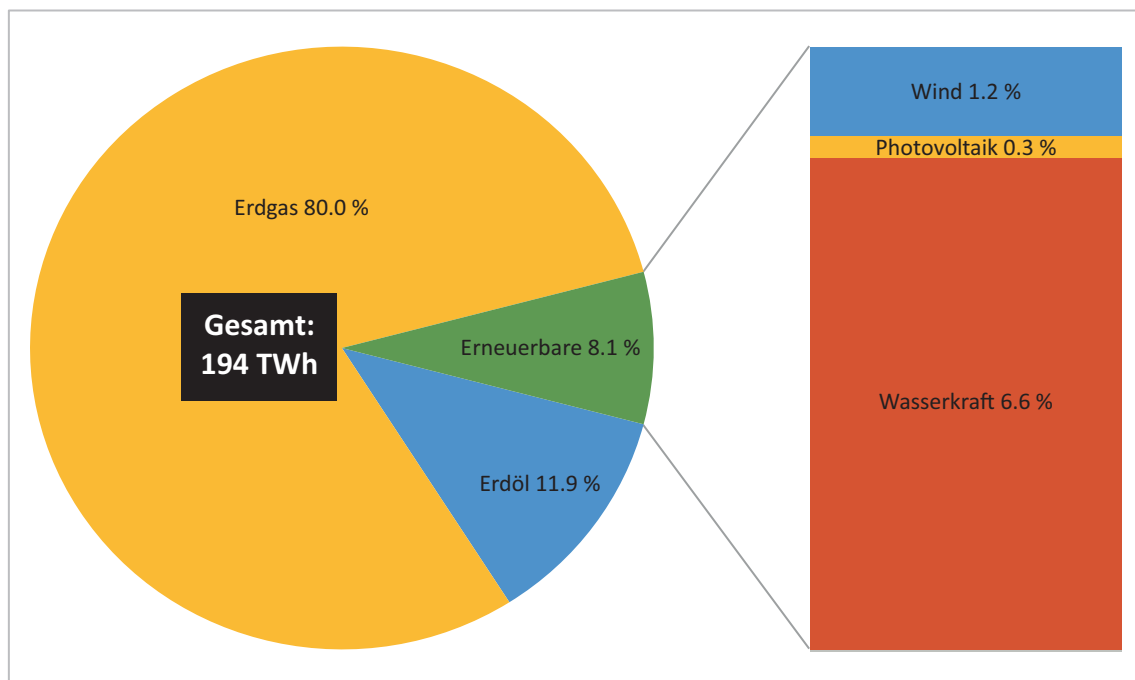


Abb. 3 Strommix Ägypten 2018 (Datengrundlage: IEA 2021b)

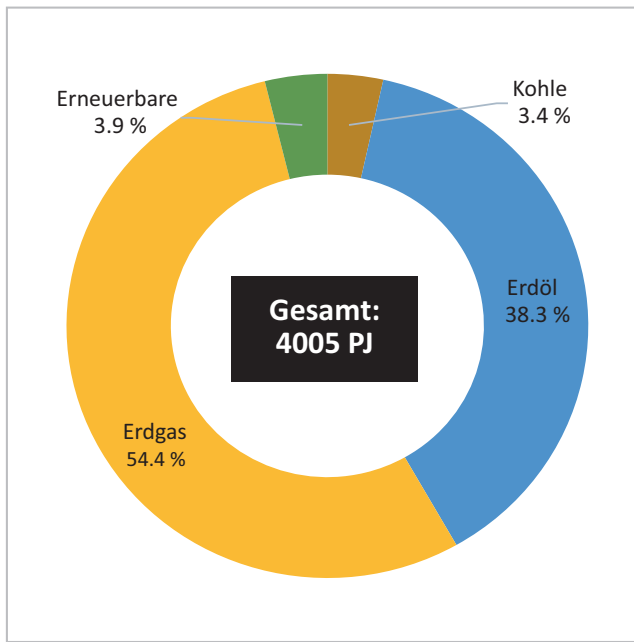


Abb. 4 Energiemix Ägypten 2018 (Datengrundlage: IEA 2020)

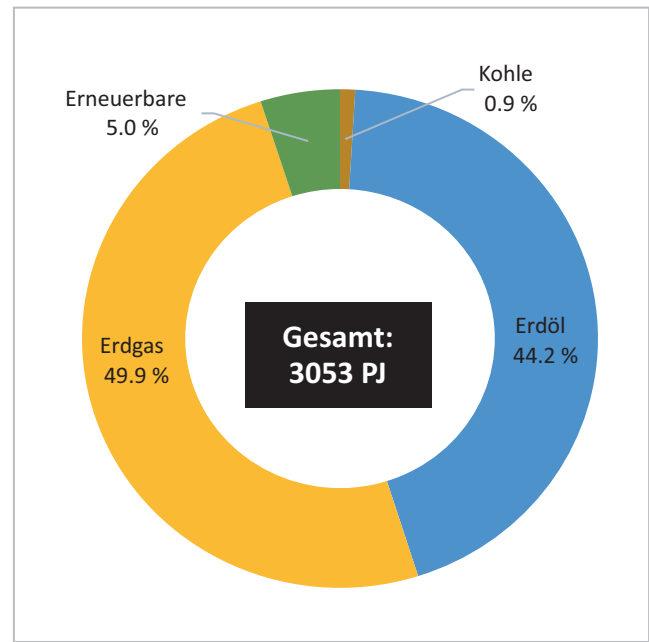
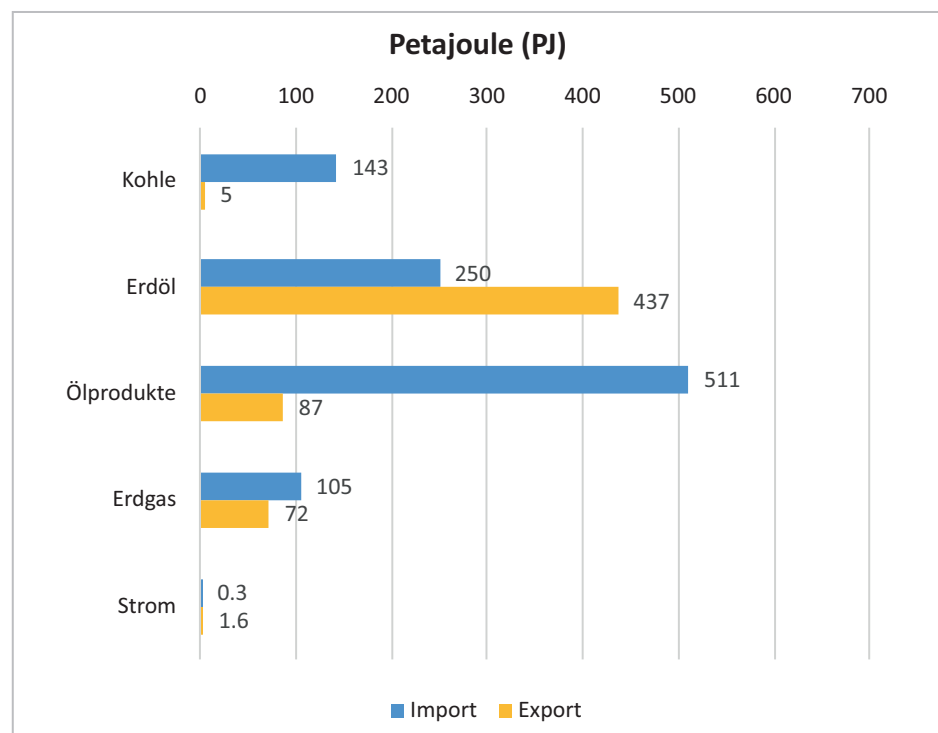


Abb. 5 Energiemix Ägypten 2008 (Datengrundlage: IEA 2020)

Abb. 6 Importe und Exporte nach Energieträgern (Datengrundlage: IEA 2021b)



dabei immer wieder zu Stromausfällen (Shaaban et al. 2018). So befindet sich Ägypten bezüglich der Herausforderungen *Energiesicherheit* und *Energieabhängigkeit* in einem signifikanten Transformationsprozess an dessen Ende die Energieversorgung kosteneffizienter, verlässlicher, sicherer und umweltverträglicher sein soll (El-Shamy 2019, S. 3727). Hinzu kommt der Wunsch, unabhängiger von schwankenden Ölpreisen und Energieimporten zu werden, um die wirtschaftliche Entwicklung des Landes stabilisieren zu können (Nandi et al. 2019, S. 238). Die Erhöhung der Energiesicherheit soll dabei durch eine Diversifizierung der Energieressourcen und durch die Nutzung erneuerbarer Energien gewährleistet werden (Abdalla et al. 2019). Zudem wurde 2015 ein Vertrag mit Russland unterzeichnet, dem zufolge bis 2022 ein Atomkraftwerk mit einer installierten Leistung von insgesamt 4800 MW errichtet werden und zur langfristigen Deckung des Strombedarfs beitragen soll (Shaaban et al. 2018, S. 4).

Energiereform für ambitionierte Energieziele

Um den geplanten Transformationsprozess zu forcieren, hat die ägyptische Regierung einen nationalen Energieplan aufgestellt, der bis 2022 einen Anteil erneuerbarer Energien am Strommix von 20 % und bis 2035 von 42 % vorsieht (El-Shamy 2019, S. 3730). Außerdem ist es das Ziel der im Jahr 2016 initiierten *Vision Ägypten 2030*, den Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch von 1 % im Jahr 2016 auf 12 % bis 2030 zu erhöhen (ebd., S. 3728). Die *New & Renewable Energy Authority (NREA)* hat neben dem *Ministerium für Strom und erneuerbare Energien* eine tragende Rolle bei der Entwicklung der regenerativen Energieversorgung in Ägypten (Abdalla et al. 2019). Nach einem Report der *NREA* von 2018 beträgt die gesamte installierte Leistung erneuerbarer Energien in Ägypten 4100 MW, wovon 68 % auf Wasser, 24 % auf Wind, 4 % auf konzentrierende solarthermische Kraftwerke (CSP) und 4 % auf Photovoltaik entfallen (El Gindi 2020, S. 108). Neben der *NREA*, die selbst EE-Anlagen betreibt und entsprechende Projekte entwickelt, gibt es drei private unabhängige Stromproduzenten, die zusammen auf eine installierte erneuerbare Leistung von 2,5 GW kommen und einen Stromabnahmevertrag mit der *Egyptian Electricity Holding Company (EEHC)* haben. Das auf den Stromsektor bezogene 20 %-Ziel der Regierung bis 2022 soll sich zu 12 % aus Wind-, zu 6 % aus Wasser- und zu 2 % aus Solarkraft zusammensetzen (Abdalla et al. 2019). Damit dieses Ziel erreicht wird, müssen zusätzlich 10 GW Leistung im Bereich Wind- und Solarnergie ausgebaut werden (El-Shamy 2019, S. 3729). Da der Anteil der Onshore-Windenergie an der Stromproduktion

aktuell noch unter 2 % liegt, wurde das für 2022 gesetzte Ziel, das größerer Investitionen bedurft hätte, als bisher getätigt wurden, auf das Jahr 2027 verschoben (Mahdy und Bahaj 2018, S. 282).

Die ägyptische Energiestrategie für den Aufbau der angestrebten EE-Leistungen soll zu 33 % durch Projekte der Regierung und zu 67 % über Projekte aus dem privaten Sektor getragen werden (El Gindi 2020, S. 109). Für die Partizipation des privaten Sektors an EE-Projekten sind finanzielle Anreize und Förderprogramme erforderlich (El-Shamy 2019, S. 3735). Aktuell wird der Energiesektor durch die Regierung subventioniert mit dem Ziel, die Verbraucher vor schwankenden Energiepreisen auf dem internationalen Markt zu schützen und so auch der einkommensschwachen Bevölkerung einen Zugang zu bezahlbarem Strom zu gewährleisten (Mahdy und Bahaj 2018, S. 282). Allerdings werden dadurch auch attraktive Bedingungen für energieintensive Industrien, wie Raffinerien, Stahl- und Betonindustrie, geschaffen und dadurch kaum Anreize für die Einführung erneuerbarer Energien und innovativer energieeffizienter Technologien gesetzt. Die Energiesubventionen sorgen zudem für eine Verschärfung der prekären Haushaltsituation Ägyptens und schlagen sich mit etwa einem Fünftel in den Haushaltsausgaben nieder. Seit der Wirtschaftsreform von 2014 werden die Energiesubventionen jedoch kontinuierlich gesenkt, was sich auch in einem Rückgang des Energieverbrauchs und einer Umlagerung von Investitionen in weniger energieintensive Sektoren zeigt (Breisinger et al. 2019, S. 661 ff.). Im Zuge der Reform wurde im Jahr 2014 ein *Feed-in Tariff (FIT)* für erneuerbare Energien sowie wettbewerbsorientierte und international angelegte Ausschreibungsverfahren auf den Weg gebracht (El-Shamy 2019, S. 3735). Außerdem gibt es inzwischen ein Quotensystem, das Industrien mit einem großen Energieverbrauch dazu verpflichtet, einen bestimmten Anteil des benötigten Stroms aus erneuerbaren Energien zu decken (El Gindi 2020, S. 109).

Megaprojekte zur Erschließung der reichhaltigen Energiepotenziale

Im Rahmen verschiedener Kooperationen, unter anderem mit Frankreich, Deutschland, Spanien, Dänemark, Japan und der Europäischen Union, setzt die ägyptische Regierung bereits seit den 1970er-Jahren auf Programme zur Verbesserung, Testung, Bewertung und Markteinführung von erneuerbaren Energien. Als Ergebnis der Kooperationen wurden Projekte zur Solarthermie in Städten sowie zu Biogasanlagen, Wind- und PV-Parks, unter anderem für den Betrieb von Wasserpumpen und Meerwasserentsalzungs-

anlagen, in ländlichen Regionen durchgeführt. Um die ambitionierten Energieziele zu erreichen, konzentriert sich die Regierung bislang auf groß angelegte EE-Projekte und rückt damit vor allem die technischen Aspekte regenerativer Energiesysteme in den Vordergrund. Zunehmend geraten aber auch sozioökonomische Aspekte in den Fokus der Energiepolitik, da der Regierung die Bedeutung der öffentlichen Akzeptanz immer stärker bewusst wird. Grundsätzlich besteht im Land die Auffassung, dass erneuerbare Energien als Energiequellen sicher und verlässlich sind und dass Investitionen in die lokale EE-Infrastruktur das lokale Wirtschaftswachstum fördern, Arbeitsplätze schaffen und so sozioökonomische Vorteile generieren können (El-Shamy 2019, S. 3729 ff.). Ägypten verfügt generell über eine gute Industriebasis, die auf die Entwicklung regenerativer Technologien angepasst werden kann (Abdalla et al. 2019). Vor dem Hintergrund der Energietransformation werden voraussichtlich insgesamt 29.000 Arbeitsplätze in den Bereichen Projektplanung, Herstellung, Vertrieb, Installation und Instandhaltung geschaffen (El-Shamy 2019, S. 3737). Vielversprechend sind dabei die großen Potenziale bei der Onshore-Windenergie (Shaaban et al. 2018). Doch auch das Offshore-Potenzial ist beachtlich. Die Windressourcen am Roten Meer zählen nicht zuletzt zu den reichhaltigsten weltweit, insbesondere im Bereich des Golfs von Sues, mit durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten von 8–10 m/s in einer Höhe von 100 m. Insgesamt hat Ägypten ein Offshore-Windpotenzial von 33 GW, wovon 13 GW auf das Mittelmeer entfallen (Mahdy und Bahaj 2018, S. 282 ff.). Vielversprechende Regionen für die Onshore-Windenergie liegen entlang den Ufern des Nils (z. B. Beni Suef, El-Kharga-Oase) mit Windgeschwindigkeiten zwischen 5 und 8 m/s in 200 m Höhe (El-Shamy 2019, S. 3732). Aktuell existieren drei große Windparks in Ägypten: *Zafarana* (installierte Leistung: 545 MW), *Gabal El Zeit* (240 MW) und *Hurghada* (5 MW) (Shaaban et al. 2018, S. 4). Der Windpark *Zafarana* besteht aus 700 Turbinen, liegt 120 km südlich von Sues und wurde von 2001–2010 mit Hilfe von Unternehmen aus Dänemark, Spanien und Deutschland errichtet. Um die Windpotenziale von 20.000 MW (Tazay et al. 2020, S. 96529) im Bereich des Sues-Kanals besser ausnutzen zu können, soll die installierte Leistung des Windparks *Gabal El-Zeit*, bestehend aus 120 Turbinen, auf mindestens

540 MW ausgebaut werden (Fayek und Abdalla 2020, S. 1035). Außerdem wird im Bereich des Golfs von Sues ein Windkraft-Komplex mit einer Leistung von 2000 MW entwickelt, an dem die deutsche Firma *Siemens* mit einem Windpark der Leistung 500 MW beteiligt ist. Aufgrund starker Kritik seitens Ornithologen sollen bei den Planungen neuerdings die Zugbahnen von Zugvögeln, die sich auf dem Weg von Europa zu den Großen Seen in Ostafrika befinden, berücksichtigt werden (Takouleu 2020).

Neben der Windenergie spielt die Solarenergie eine zentrale Rolle bei der Energietransformation. Da Ägypten im globalen Sonnengürtel liegt, weist das Land eine hohe Sonnenscheindauer von 9–11 h/Tag und eine Globalstrahlung von 2000–3200 kWh/m²/Jahr auf. Das Ziel der Regierung für den Ausbau der Solarenergie ist es daher, bis zum Jahr 2027 eine installierte Leistung von 2800 MW Photovoltaik und 700 MW konzentrierender Solarthermie (CSP) zu errichten (Tazay et al. 2020, S. 96529). Der im Bau befindliche PV-Park *Benban*, der ca. 40 km nordwestlich von Assuan in einem Wüstengebiet im Süden Ägyptens liegt, soll mit einer Gesamtleistung von 1800 MW der größte Solarpark weltweit werden. Er wird sich nach Fertigstellung aus 41 kleineren PV-Parks zusammensetzen und sich über eine Gesamtfläche von 37,2 km² erstrecken (Fayek und Abdalla 2020, S. 1034).

Das Potenzial der Wasserkraft, das in der Geschichte Ägyptens schon immer eine zentrale Rolle gespielt hat, wird vor allem am Nil erschlossen, wo sich die drei größten Wasserkraftwerke, *High Dam* (2100 MW), *Aswan I* (280 MW), *Aswan II* (270 MW) befinden (Fayek und Abdalla 2020, S. 1035). Die Auswirkungen des Klimawandels beeinflussen jedoch die Abflussregime der Flüsse Ägyptens und reduzieren damit die Versorgungssicherheit des Landes. Der Ausbau erneuerbarer Energien stellt damit nicht nur eine gute Gelegenheit zur Abmilderung des Klimawandels dar, sondern erhöht zudem die Energiesicherheit einer wachsenden ägyptischen Bevölkerung.

Karten

Anschauliches Kartenmaterial finden Sie in den Abb. 7, 8, 9 und 10.

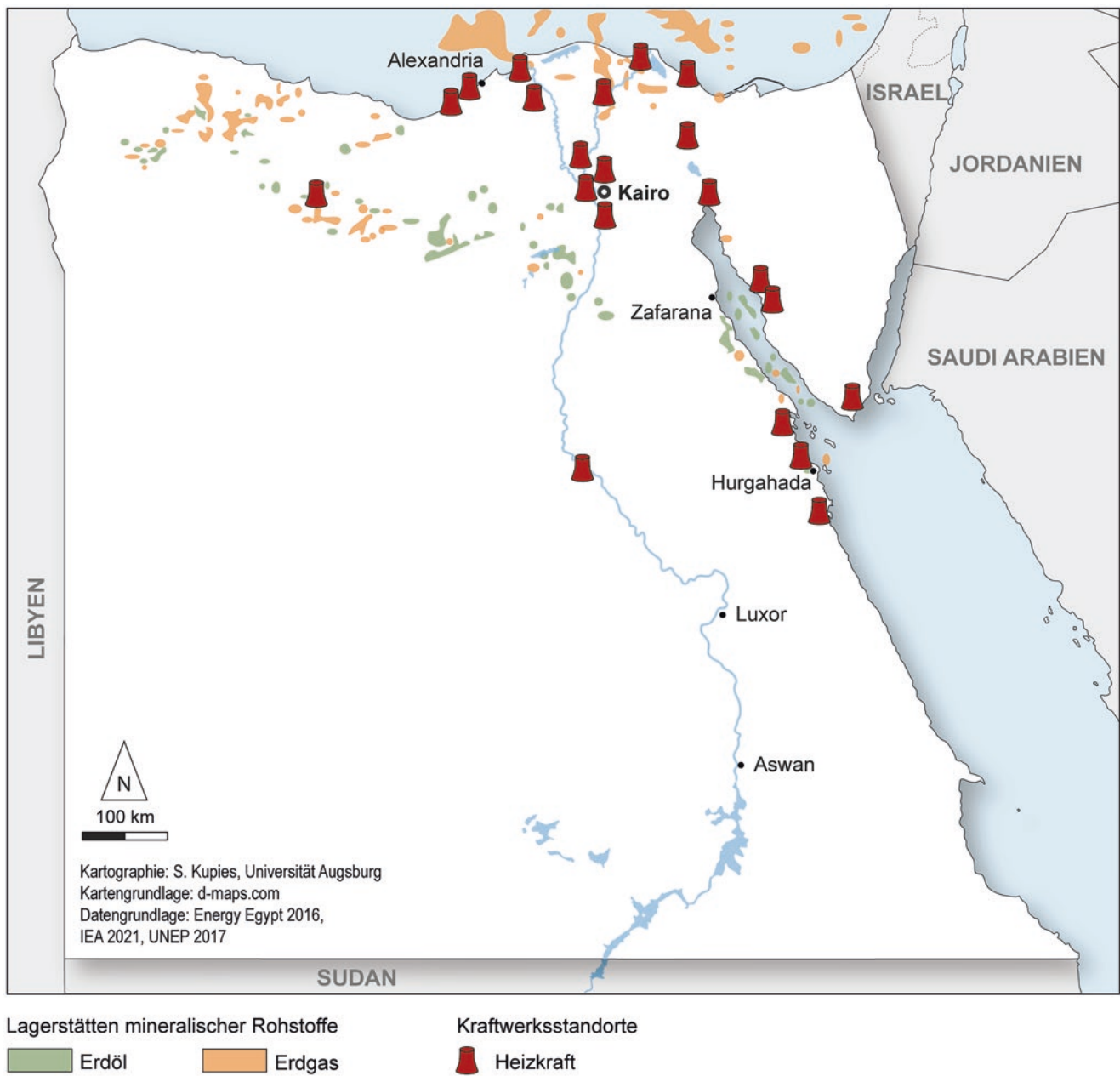


Abb. 7 Lagerstätten mineralischer Rohstoffe und Kraftwerkstandorte. (Quelle siehe Abbildung)

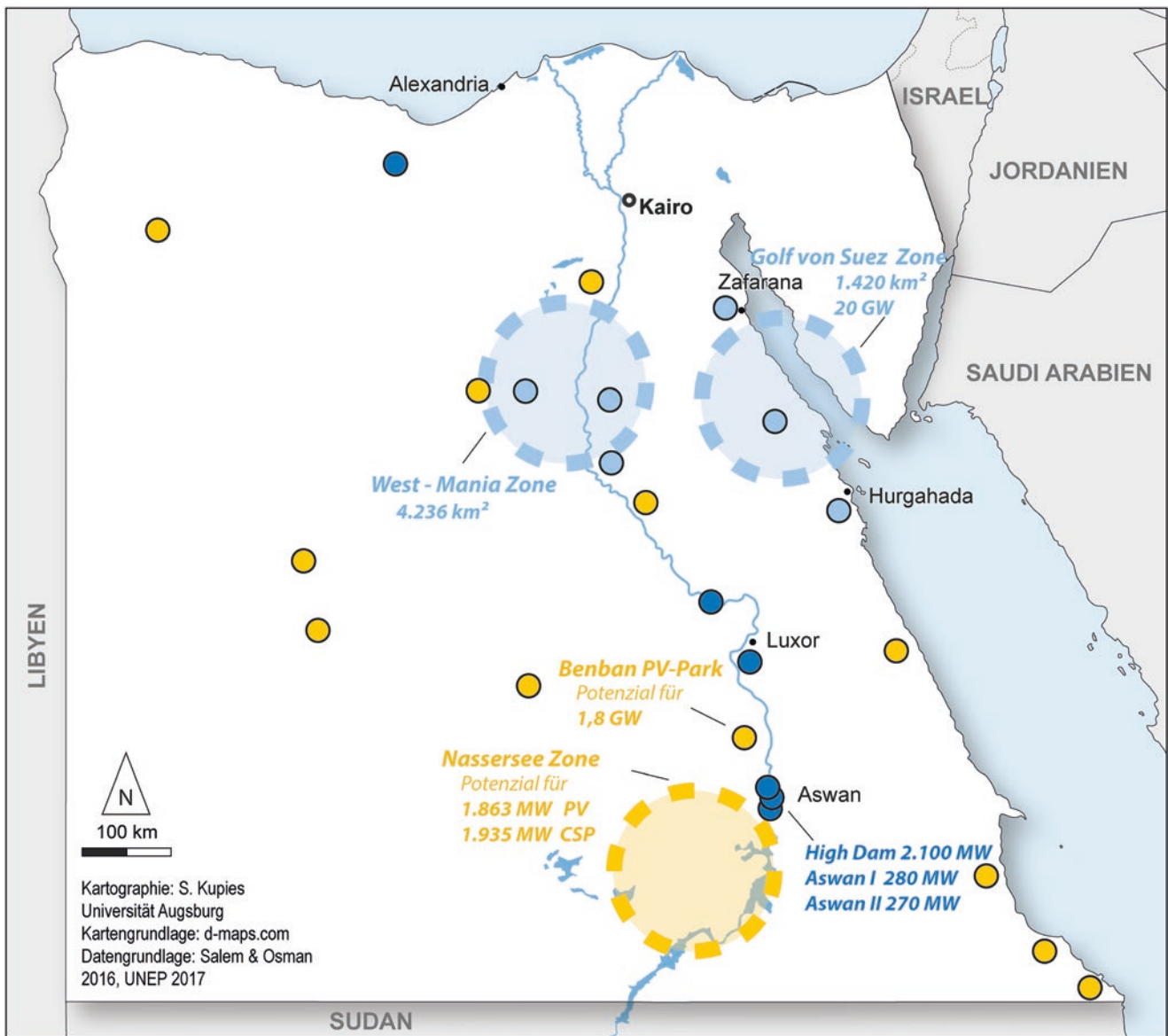
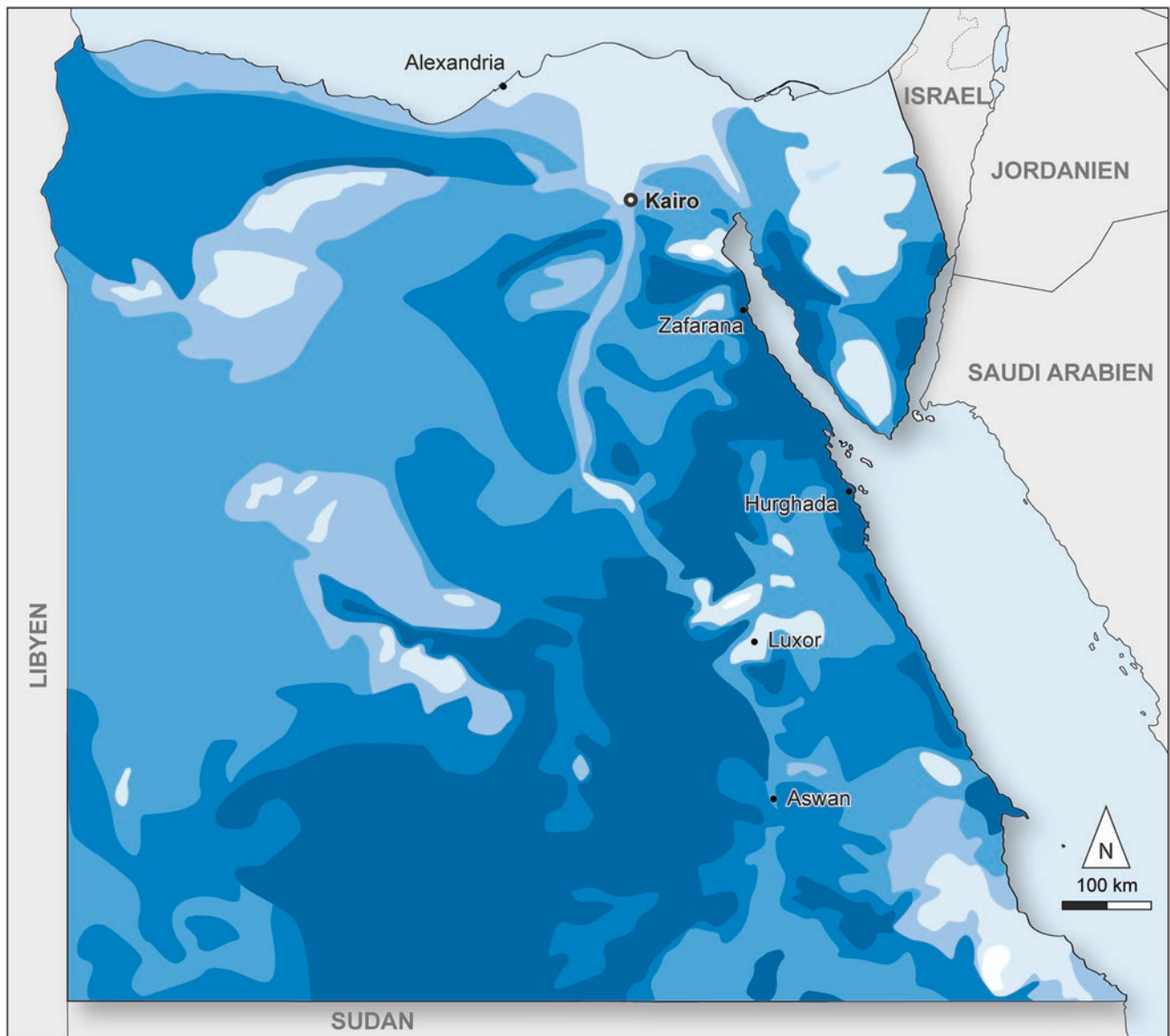


Abb. 8 Standorte Erneuerbarer Energien. (Quelle siehe Abbildung)



Windhöffigkeit in 150 m Höhe



Kartographie: S. Kupies, Universität Augsburg
 Kartengrundlage: d-maps.com
 Datengrundlage: World Bank Group et al. 2021

Abb. 9 Windhöffigkeit in 150 m Höhe. (Quelle siehe Abbildung)

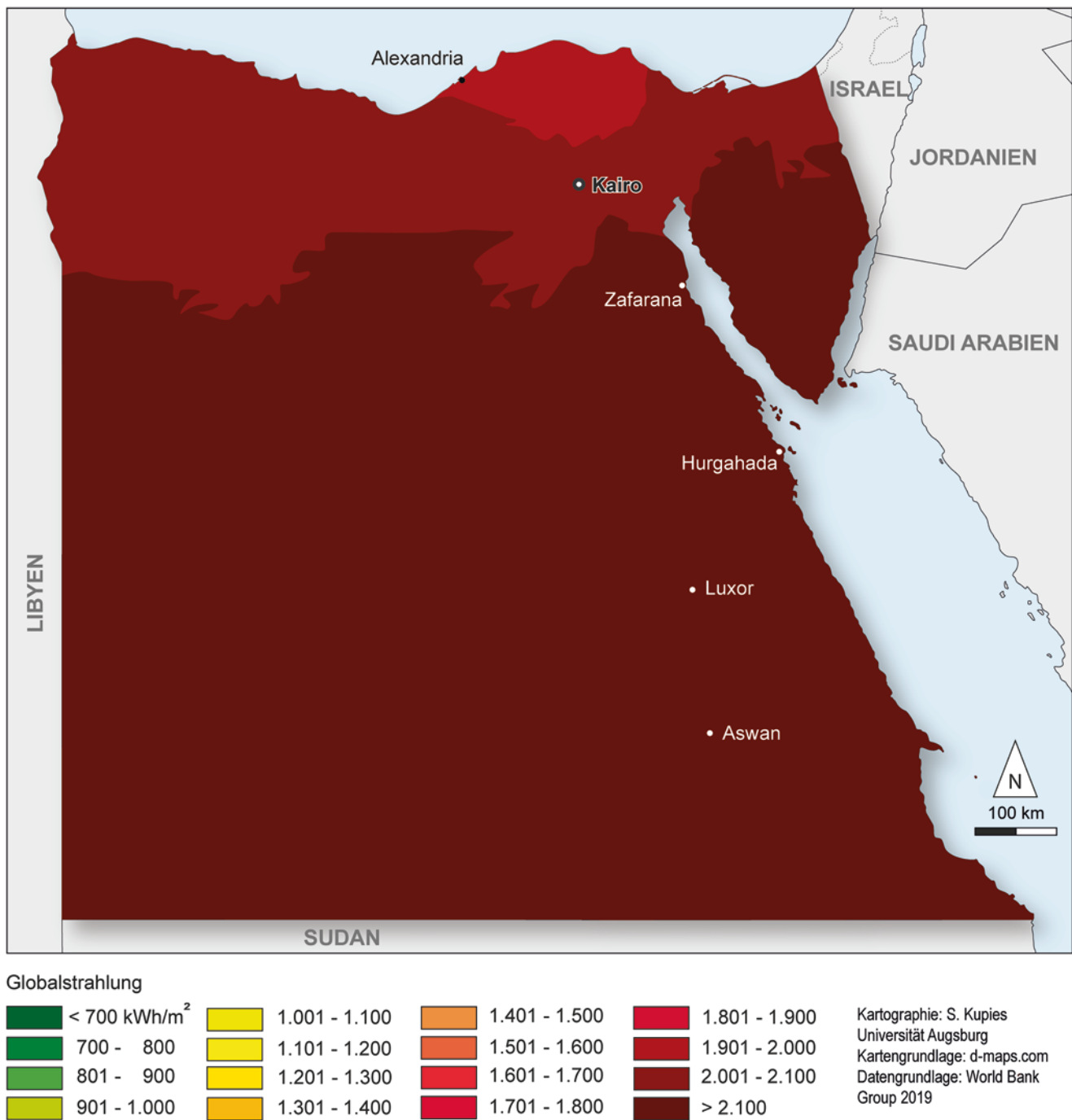


Abb. 10 Globalstrahlung. (Quelle siehe Abbildung)

Literatur

- Abdalla, O., Youssef, K., Mostafa, A. (2019): SWOT analysis of photovoltaic energy in Egypt. The future of electricity grids - challenges and opportunities. Paper No. 214. 06-08.03.2019, Cairo, Egypt.
- Breisinger, C., Mukashov, A., Raouf, M., Wiebelt, M. (2019): Energy subsidy reform for growth and equity in Egypt: The approach matters. In: Energy Policy 129, 661–671.
- British Petroleum (BP) (2020): Statistical review of world energy 2020. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (Letzter Aufruf: 16.10.2021).
- EGYPTROL (2020): Egypt list of operating power plants. <https://www.egyptrol.com/eehc-egypt-electricity-power-plants-production-cepc-edepc-mdepc-wdepc-ueepc.php> (Letzter Aufruf: 07.09.2020).
- El Gindi, S.A. (2020): Integration of energy efficiency measures and renewable energy technologies as an approach to sustainable development in Egypt. In: Journal of Urban Research 36, 102–117.

- El-Shamy, H.M. (2019): Economic effects of renewable energy in Egypt. In: *International Journal of Social Science and Economic Research* 4 (5), 3726–3741.
- Energy Egypt (2016): Infographic: Egypt by the numbers (ABO Oil Magazine). <https://energyegypt.net/infographic-egypt-by-the-numbers-abo-oil-magazine/> (Letzter Aufruf: 07.09.2020).
- Fayek, H.H., Abdalla, O.H. (2020): Maximization of renewable power generation for optimal operation of the Egyptian grid. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9152450> (Letzter Aufruf: 15.11.2021).
- Global Petrol Prices (2021): Ägypten Strompreise. https://de.globalpetrolprices.com/Egypt/electricity_prices/ (Letzter Aufruf: 14.07.2021).
- International Energy Agency (IEA) (2020): Egypt. <https://www.iea.org/countries/egypt> (Letzter Aufruf: 18.11.2020).
- International Energy Agency (IEA) (2021a): Egypt. <https://www.iea.org/countries/egypt> (Letzter Aufruf: 14.07.2021).
- International Energy Agency (IEA) (2021b): Data and statistics. <https://www.iea.org/data-and-statistics> (Letzter Aufruf: 16.10.2021).
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2018): Renewable energy outlook: Egypt. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA_Outlook_Egypt_2018_En.pdf (Letzter Aufruf: 16.10.2021).
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2020): Renewable Energy Employment by Country. <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Benefits/Renewable-Energy-Employment-by-Country> (Letzter Aufruf: 18.02.2022).
- Mahdy, M., Bahaj, A.S. (2018): Multi criteria decision analysis for offshore wind energy potential in Egypt. In: *Renewable Energy* 118, 278–289.
- Nandi, C., Bhattacharjee, S., Chakraborty, S. (2019): Climate Change and Energy Dynamics with Solutions: A Case Study in Egypt. In: Qudrat-Ullah, H., Kayal, A.A. (Hrsg.), *Climate change and energy dynamics in the Middle East. Modeling and simulation-based solutions*. Springer, Cham, 225–257.
- Power Technology (2018): Egypt looking to introduce coal and nuclear while expanding gas, wind and solar capacity. <https://www.power-technology.com/comment/egypt-looking-introduce-coal-nuclear-expanding-gas-wind-solar-capacity/> (Letzter Aufruf: 07.09.2020).
- Salem, M., Osman, T. (2016): A new map for urban development in Egypt, depending on mega projects of renewable energy. https://www.researchgate.net/publication/305778522_A_new_map_for_urban_development_in_Egypt_dependent_on_mega_projects_of_renewable_energy (Letzter Aufruf: 15.11.2021).
- Shaaban, M., Scheffran, J., Böhner, J., Elsobki, M. (2018): Sustainability assessment of electricity generation technologies in Egypt using multi-criteria decision analysis. In: *Energies* 11 (5), 1–25.
- Takouleu, J.M. (2020): EGYPT: IPPs develop a 2,000 MW wind power complex in the Gulf of Suez. <https://www.afrik21.africa/en/egypt-ipp-develop-a-2000-mw-wind-power-complex-in-the-gulf-of-suez/> (Letzter Aufruf: 15.11.2021).
- Tazay, A.F., Ibrahim, A.M.A., Noureideen, O., Hamdan, I. (2020): Modeling, control, and performance evaluation of grid-tied hybrid PV/wind power generation system: Case study of Gabel El-Zeit region, Egypt. In: *IEEE Access* 8, 96528–96542.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2017): Energy profile Egypt. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20490/Energy_profile_Egypt.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Letzter Aufruf: 17.10.2021).
- World Bank Group (2019): Global Solar Atlas. Download. <https://globalsolaratlas.info/download/world> (Letzter Aufruf: 18.02.2022).
- World Bank Group, VORTEX, DTU (2021): Global Wind Atlas. Download. <https://globalwindatlas.info/download/maps-country-and-region> (Letzter Aufruf: 18.02.2022).

Algerien – Ungenutzte Potenziale bei den Erneuerbaren

Trotz der drittgrößten Menge an CO₂-Emissionen auf dem afrikanischen Kontinent und den gravierenden Auswirkungen des Klimawandels, die auch Algerien mehr und mehr zu schaffen machen, setzt die Regierung zur Deckung des steigenden Energiebedarfs auf ein fossiles Energiesystem. Dies mag daran liegen, dass Algeriens Wirtschaft und Energiemarkt von einem in Afrika einzigartigen Öl- und Erdgasreichtum verwöhnt sind (vgl. Tab. 1). Die umfangreichen alternativen Energiepotenziale bei der Solarenergie wurden inzwischen zwar erkannt (vgl. Abb. 1), der Ausbau geht jedoch nur schleppend voran.

Dominanz von Öl und Gas

Algerien ist das größte Land des afrikanischen Kontinents, wobei 80 % der Landesfläche von der Sahara-Wüste, die sich im Süden des Landes befindet, eingenommen werden.

Das Land gehört global betrachtet zu den Ländern mit den größten Rohstoffvorkommen (Boukli Hacene et al. 2020, S. 948). Mit 4,5 Bio. m³ nachgewiesenen Erdgasvorkommen verfügt das Land über die zehntgrößten Reserven der Erde und nach Nigeria über die zweitgrößten in Afrika. Bei den nachgewiesenen Ölreserven handelt es sich um Größenordnungen von 12,2 Mrd. Barrel, womit Algerien weltweit auf Platz 15 und auf Platz drei unter den afrikanischen Ländern liegt. Außerdem befinden sich auf dem algerischen Territorium mit 19.800 Mrd. m³ die weltweit drittgrößten Schiefergas-Reserven (nach China und Argentinien sowie vor den USA). Das entspricht der vierfachen Menge der aktuell bekannten konventionellen algerischen Gasreserven. Insgesamt sind knapp 200 fossile Lagerstätten bekannt, davon unter anderem 73 im Illizi-Becken, 57 im Becken der Zentralsahara, 34 im Becken Ghadames-Rhourde Nouss und 31 im Oued Maya-Becken (Abada und Bouharkat 2018, S. 2). Mit diesen reichhaltigen Rohstoffvorkommen gehört

Tab. 1 Auf einen Blick

PARAMETER	JAHR	WERT(E)	QUELLE
Energieverbrauch gesamt pro Kopf	2018	2552 PJ 60 GJ	IEA 2021
Energiebezogene CO ₂ -Emissionen pro Jahr	2019	147 Mt	BP 2020
Importabhängigkeit	2018	–154,0 %	IEA 2021
Installierte Leistung zur Stromproduktion fossil nuklear erneuerbar	2016	18.399 MW 0 607 MW	Global Transmission Report 2017
Anteil EE am Energiemix	2018	0,1 %	IEA 2021
Anteil EE am Strommix	2018	0,9 %	IEA 2021
Anlagenzahl Wasserkraft Solarthermie (hybrid) Wind	2019	4 1 12	Wikipedia 2019; thewindpower.net 2022
Durchschnittlicher Strompreis Industrie Haushalte	2020	3 ct/kWh 3 ct/kWh	Global Petrol Prices 2021
Beschäftigte im EE-Sektor	2020	2348	IRENA 2020

Energieziele Algerien

EE und Energieeffizienz Entwicklungsprogramm

Ausbauziel EE

2030 22.000 MW

- 12.000 MW für den nationalen Markt
- 10.000 MW für den Export

Anteil EE 2030

- An der gesamten Stromproduktion 40 %
- Am nationalen Stromverbrauch 27 %

Ziele Installierte Leistung 2030

(Anteil an der EE Stromproduktion)

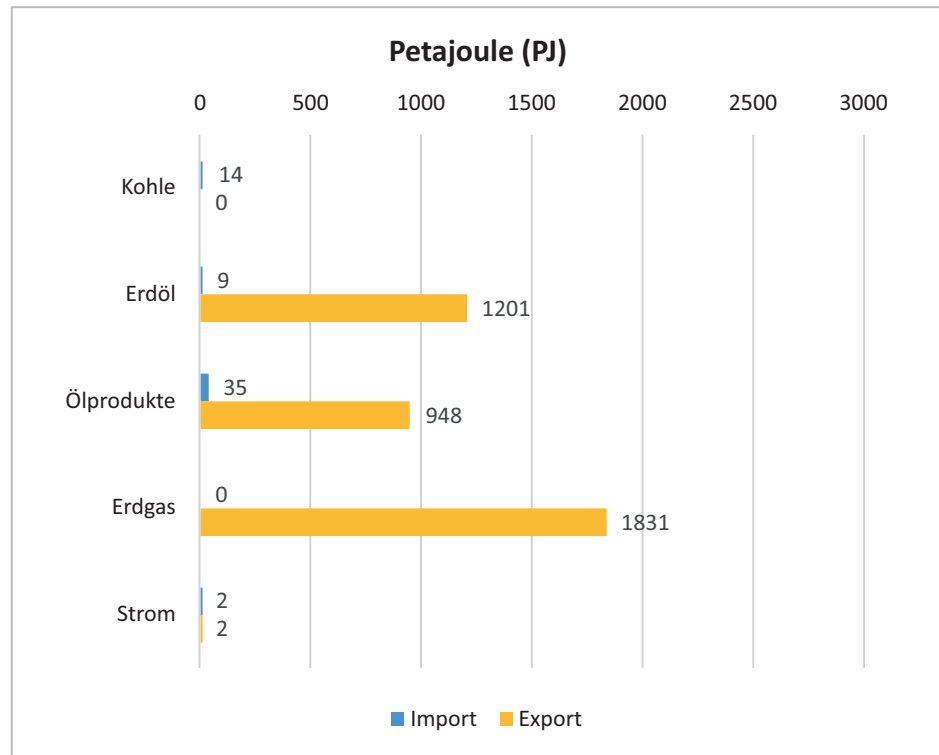
- PV: 13.575 MW (62 %)
- CSP: 2000 MW (9 %)
- Wind: 5010 MW (23 %)



Abb. 1 Energieziele Algerien, EE und Energieeffizienz Entwicklungsprogramm. (Quelle: Abada und Bouharkat 2018; Bouznit et al. 2020; Zidane et al. 2020)

Algerien zu den fünf bzw. zehn größten Produzenten von Erdgas bzw. Erdöl (Boukli Hacene et al. 2020, S. 948). Algerien ist der größte afrikanische Erdgasproduzent und der zweitgrößte Erdgaslieferant für Europa (Abada und Bouharkat 2018, S. 4). Wirtschaftlich betrachtet ist Algerien durch eine große Abhängigkeit von fossilen Rohstoffexporten gekennzeichnet (vgl. Abb. 2), denn diese Exporte haben einen Anteil von 96 % an den Exportgewinnen und einen Anteil von 17 % am Bruttoinlandsprodukt (Zidane et al. 2020, S. 4). Aus diesem Grund ist die algerische Wirtschaft sehr anfällig gegenüber schwankenden Ölpreisen (Boukli Hacene et al. 2020, S. 958). Der inländische Energiebedarf wird nahezu ausschließlich mit günstig produziertem und hoch subventioniertem Erdöl (Anteil von 35,4 %) und Erdgas (Anteil von 63,8 %) gedeckt (Boukli Hacene et al. 2020, S. 962) – vgl. Abb. 3, 4 und 5. Da außerdem 98,6 % des Stroms mit Erdgas erzeugt werden, gehört Algerien zu den Ländern mit dem größten Anteil fossiler Energieträger an der Stromproduktion (vgl. Abb. 6). Diese Stromproduktion wird durch private und staatliche Unternehmen gewährleistet und von dem staatseigenen Unternehmen *Sonelgaz* koordiniert. Das Staatsunternehmen ist dabei verantwortlich

Abb. 2 Importe und Exporte Algerien (Datengrundlage: IEA 2021)



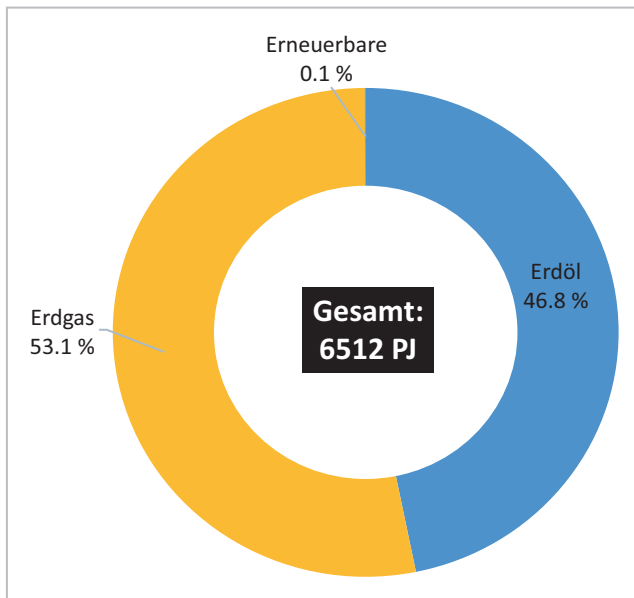


Abb. 3 Inländische Produktion Algerien 2018 (Datengrundlage: IEA 2021)

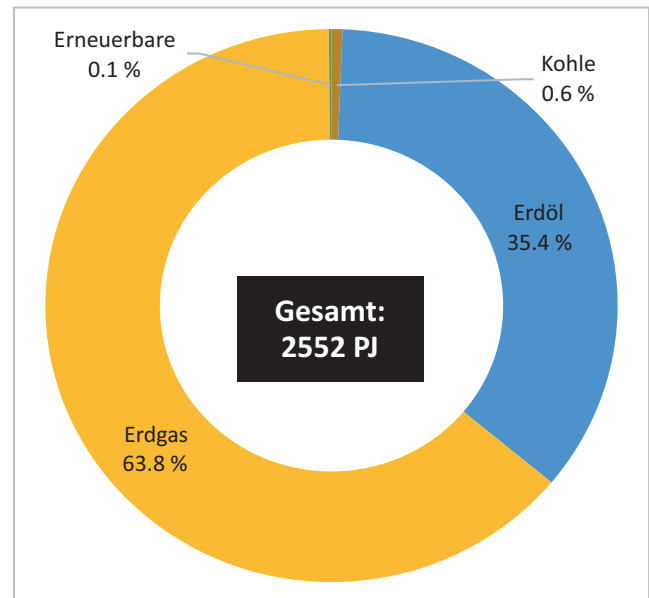


Abb. 5 Energiemix Algerien 2018 (Datengrundlage: IEA 2021)

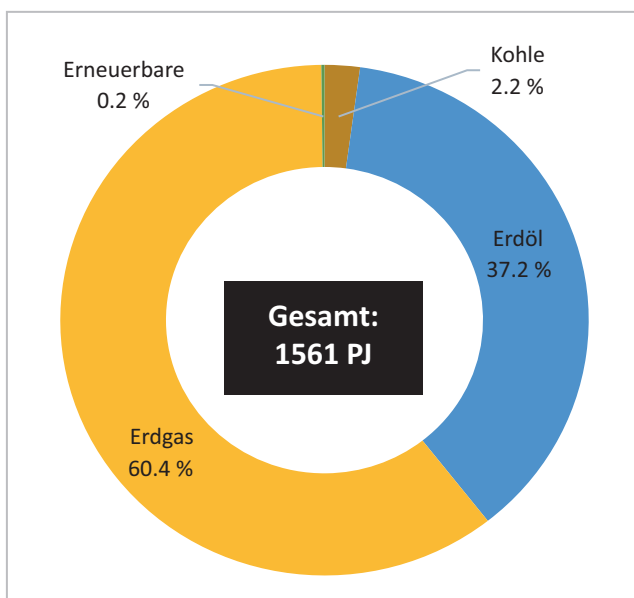


Abb. 4 Energiemix Algerien 2008 (Datengrundlage: IEA 2021)

für die Stromverteilung und Stromübertragung (Bouznit et al. 2020). Insgesamt lag der Energieverbrauch pro Kopf im Jahr 2014 mit 1363 kWh deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt von 3030 kWh. Mit dem Faktor 2,4 lag er dennoch wesentlich über dem afrikanischen Durchschnitt von 568 kWh (Boukli Hacene et al. 2020, S. 949). Der vergleichsweise hohe Energieverbrauch ist auf die hoch

subventionierten und damit günstigen Strompreise zurückzuführen, die damit als Ursache eines wenig innovationsfreudigen und ineffizienten Umgangs mit Strom zu betrachten sind (Bouznit et al. 2020, S. 13). Laut Prognosen wird sich der Strombedarf des Landes sogar noch von aktuell 77 TWh auf 130–150 TWh im Jahr 2030 verdoppeln (IEA 2021; Abada und Bouharkat 2018, S. 1).

Ambitioniertes EE-Programm mit geringen Anreizen

Aufgrund der Dominanz fossiler Energieträger ist Algerien, nach Südafrika und Ägypten, der drittgrößte CO₂-Emittent auf dem afrikanischen Kontinent (Mellah et al. 2019, S. 307). Gleichzeitig ist das Land besonders vulnerabel gegenüber klimatischen Veränderungen, weshalb Algerien als erstes Land des Globalen Südens die *Intended Nationally Determined Contribution (INDC)* im Rahmen des Pariser Klimaabkommens eingereicht hat (Bouznit et al. 2020, S. 1). Um die THG-Emissionen zu reduzieren, den Energiemix zu diversifizieren und die Energieeffizienz zu verbessern wurde bereits 2011 das *Entwicklungsprogramm für erneuerbare Energien und Energieeffizienz* ins Leben gerufen (Boukli Hacene et al. 2020, S. 948). Nach der Pariser Klimakonferenz von 2015 wurde die ursprünglich angestrebte installierte Leistung erneuerbarer Energien von 12.000 MW auf 22.000 MW im Jahr 2030 erhöht, mit einem Zwischenziel von 4500 MW im Jahr 2020. Von dieser Kapazität sind 12.000 MW für den nationalen Markt und 10.000 MW für den Export vorgesehen (Zidane

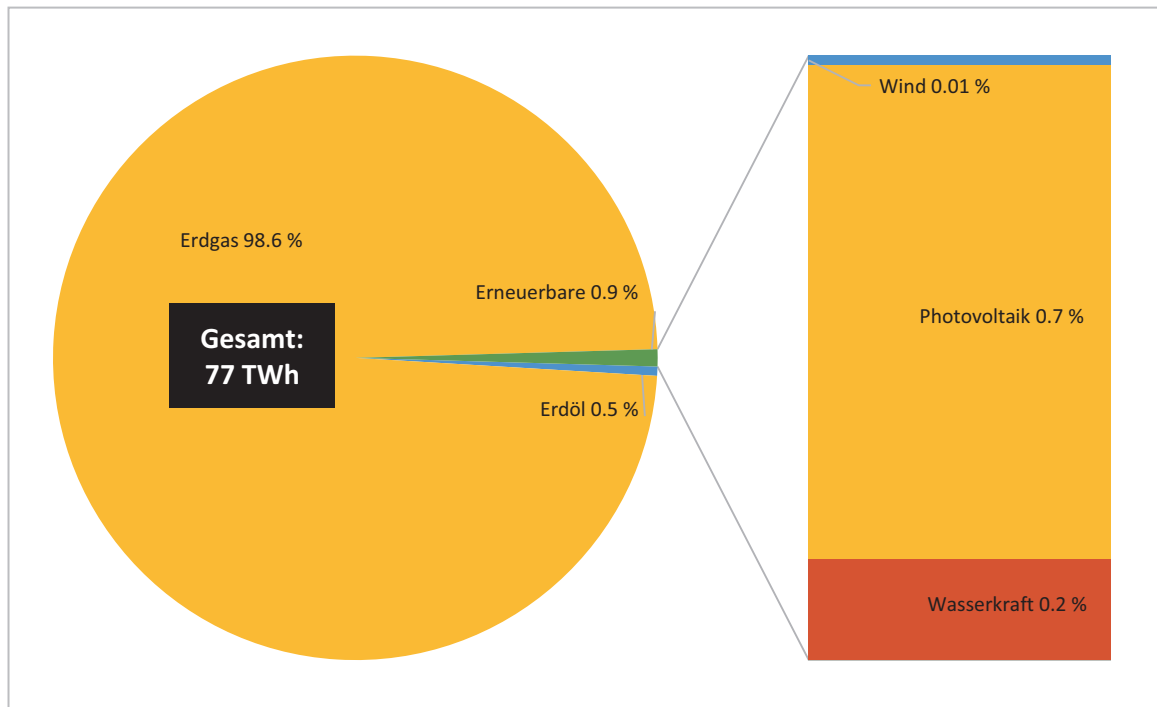


Abb. 6 Strommix Algerien 2018 (Datengrundlage: IEA 2021)

et al. 2020, S. 5). Demnach sollen erneuerbare Energien bis 2030 einen Anteil von 40 % an der gesamten Stromproduktion, aber nur 27 % am nationalen Stromverbrauch ausmachen (Abada und Bouharkat 2018, S. 4). Insgesamt sind für dieses Ziel bis 2030 Investitionen von über 120 Mrd. US-\$ notwendig (Fares et al. 2019, S. 2). Um nationale und ausländische Investitionen in EE-Projekte zu fördern, setzt die Regierung unter anderem auf umfangreiche Steuererleichterungen und reduziert Importzölle für Komponenten und Rohmaterialien zur Herstellung von EE-Technologien (Boukli Hacene et al. 2020, S. 951). Außerdem führte Algerien 2004 als erstes Land auf dem afrikanischen Kontinent das *Feed-in Tarif (FiT)-Schema* ein, das jedoch wirkungslos blieb und im Jahr 2014 überarbeitet werden musste (Fateh und Khalida 2018, S. 1). Die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien wird nun gefördert und stimuliert, indem auf einen Basis-tarif (der durchschnittliche Strompreis in Algerien) für jede produzierte Kilowattstunde Strom zusätzlich ein technologie-spezifischer Bonus ausgezahlt wird (Bouznit et al. 2020, S. 8). Das FiT wird über den im Jahr 2009 eingerichteten nationalen *Fonds für erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Energiemanagement* finanziert. Dieser Fonds speist sich aus Steuerabgaben von 1 % der Ölgewinne und über Steuern auf den Energieverbrauch sowie auf energieintensive Anwendungen (Boukli Hacene et al. 2020, S. 951). Im Jahr 2017 wurde zudem eine gesetzliche Grundlage zum Aufbau von Auktionsprogrammen für erneuerbare Energien eingeführt, da das bis-

lang noch parallellaufende FiT-Schema in den kommenden Jahren enden soll. Mit diesem System wird der aus erneuerbaren Energien produzierte Strom für maximal 25 Jahre über *Power Purchase Agreements* an das staatseigene Unternehmen *Sonelgaz* zu guten Konditionen verkauft. Die gesamte zu installierende Leistung ist auf 4 GW ausgelegt und soll in drei Phasen mit jeweils 1350 MW vonstattengehen. Im Jahr 2018 fand die erste Auktionsrunde für Solarenergie mit einer ausgeschriebenen Leistung von 150 MW statt, die jedoch mit acht Vorschlägen und einer gesamten Leistung von 90 MW nur bedingt erfolgreich war (Bouznit et al. 2020, S. 10). Nach der Einschätzung von Experten ist dieser Misserfolg auf unzureichende Informationen, wie bspw. die verspätete Bekanntgabe von Details zu den Auktionsverfahren, zurückzuführen (Fateh und Khalida 2018).

Geringe Konkurrenzfähigkeit von erneuerbaren Energien

Bei der Entwicklung von erneuerbaren Energien richtet die algerische Regierung den Fokus v. a. auf die Solarenergie, die bis 2030 einen Anteil von 71 % (62 % PV und 9 % CSP) an der EE-Stromproduktion erreichen soll, und dies mit installierten Leistungen von 13.575 MW PV und 2000 MW CSP (Zidane et al. 2020, S. 5). Damit verfolgt Algerien das weltweit ambitionierteste Programm für konzentrierende

solarthermische Kraftwerke (Tassoult und Haddad 2019). Laut dem *Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt* hat Algerien mit durchschnittlich 2000–3500 Sonnenstunden das größte Solarpotenzial im mediterranen Raum. Im Falle einer hypothetischen landesweiten Inwertsetzung des Solarpotenzials könnte das 5000-fache des Stromverbrauchs von Algerien, das 60-fache des Stromverbrauchs von Europa und das Vierfache des globalen Strombedarfs gedeckt werden (Fares et al. 2019). Mit dem Solarpotenzial von 2500 kWh/m² könnten 14 TWh aus PV und 168 TWh aus konzentrierender Solarthermie (CSP) produziert werden (Tassoult und Haddad 2019). Seit der Eröffnung des ersten PV-Projekts *Hassi R'Mel* im Jahr 2011, mit einer installierten Leistung von 25 MW, wurden v. a. in der Sahara 26 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 400 MW installiert. Neben weiteren PV-Projekten sind auch drei CSP-Kraftwerke geplant (Fares et al. 2019). Die installierte Leistung für Windenergie soll laut algerischem Energieprogramm bis zum Jahr 2030 auf 5010 MW ausgebaut werden und damit einen Anteil von 23 % an der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien erreichen. Bislang gibt es allerdings vergleichsweise wenig Angaben zum Windpotenzial und kaum realisierte Windprojekte (Bouznit et al. 2020, S. 4). Studien gehen von einem ergiebigen Windpotenzial im Südwesten der Sahara (bei Tindouf, Adrar und Bechar) sowie in Hassi R'Mel, im Norden der Sahara, aus (Charrouf et al. 2018, S. 1).

Insgesamt ist nach Einführung des FiT-Systems seit 2015 ein Wachstum an installierter Leistung zu verzeichnen, insbesondere bei der Solarenergie. Allerdings stagniert das Wachstum bei erneuerbaren Energien seit der Einführung des Auktionssystems im Jahr 2017, was auf Unsicherheiten und zu geringe Anreize zurückzuführen ist. Diese Entwicklung ist alarmierend, da die installierte Leistung im Jahr 2018 mit 445 MW deutlich hinter dem Ziel für 2020 von 4525 MW lag. Wenn die aktuelle Wachstumsrate der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien von 0,175 % pro Jahr anhält, dann wird der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion im Jahr 2030 bei 3,25 % und damit deutlich unter dem 27 %-Ziel liegen (Bouznit et al. 2020, S. 12 f.). Das ist auch darauf zurückzuführen, dass die installierte Kapazität im Bereich der fossilen Energieträger deutlich höher ist als bei den erneuerbaren Energien. Zwar sind die Zuwachsraten bei den Stromkapazitäten der erneuerbaren Energien (Zuwachs 166 % = 420 MW) im Zeitraum 2011–2017 größer als bei fossilen Energieträgern (Zuwachs 84 % = 9154 MW). Jedoch liegt der Ausgangspunkt auf einem viel niedrigerem Niveau, was anhand der absoluten Zuwachswerte deutlich wird (ebd.).

Noch sind die erneuerbaren Energien in Algerien also nicht wettbewerbsfähig gegenüber fossilen Energieträgern (Boukli Hacene et al. 2020, S. 348). Da das staatseigene

Unternehmen *Sonelgaz* den Strommarkt kontrolliert, scheint die Regierung aufgrund der reichhaltigen fossilen Ressourcen auch weiterhin ein fossiles Energiesystem zu favorisieren (Bouznit et al. 2020, S. 2). Für die internationalen Bemühungen um den Klimaschutz ist dies ein verheerendes Signal.

Desertec

Desertec ist eines der größten und ambitioniertesten internationalen Projekte zur Nutzung erneuerbarer Energien. Es wurde im Jahr 2009 von der deutschen Stiftung *Desertec Foundation* und der *Münchener Rückversicherungsgesellschaft* ins Leben gerufen (Fares et al. 2019). Die Idee des Programms basiert auf einer umfangreichen Energiekooperation zwischen europäischen und MENA-Ländern zur Finanzierung und Einführung von großen EE-Projekten mit einer Gesamtleistung von 50 GW bis 2050, insbesondere zur Gewinnung von Solarstrom in der Saharawüste (Souza et al. 2020). Das Ziel dieses inzwischen etwas ins Stocken geratenen Projektes besteht grundsätzlich darin, mit grünem Wüstenstrom 15–20 % des Strombedarfs auf dem europäischen Markt bis zum Jahr 2050 zu decken und damit Europas Kohlenstoff-Emissionen zu reduzieren (Fares et al. 2019). Laut den Studien des *Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt* könnten mittels 0,2 % der Saharafläche 15 % des europäischen Energiebedarfs gedeckt werden (Souza et al. 2020). Gleichzeitig können die MENA-Länder ihre Energiequellen diversifizieren, ihre Abhängigkeit vom Öleinkommen reduzieren und wirtschaftlich von den grünen Energieexporten nach Europa profitieren (Abderrahim et al. 2019, S. 157). In letzter Zeit steht das Projekt jedoch zunehmend in der Kritik, da 2018 nur 20 % des Zwischenziels von 20 GW für 2020 installiert wurden (Souza et al. 2020). Die Herausforderungen bei der Projektumsetzung liegen v. a. in einem verzögerten Technologietransfer, den kostspieligen Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen nach Europa (Walter und Bosch 2012, 2013) und an den politischen und wirtschaftlichen Risiken, die zum ersten Mal auch im Kontext des Arabischen Frühlings deutlich wurden (Fares et al. 2019). Das Energiepotenzial in den Wüstengürteln der Erde ist jedoch riesig und sollte mit Blick auf die internationalen Klimaziele zügig erschlossen werden. Algerien, mit seinem großen Wüstenanteil, könnte dabei eine zentrale Rolle spielen.

Karten

Anschauliches Kartenmaterial finden Sie in den Abb. 7, 8, 9 und 10.

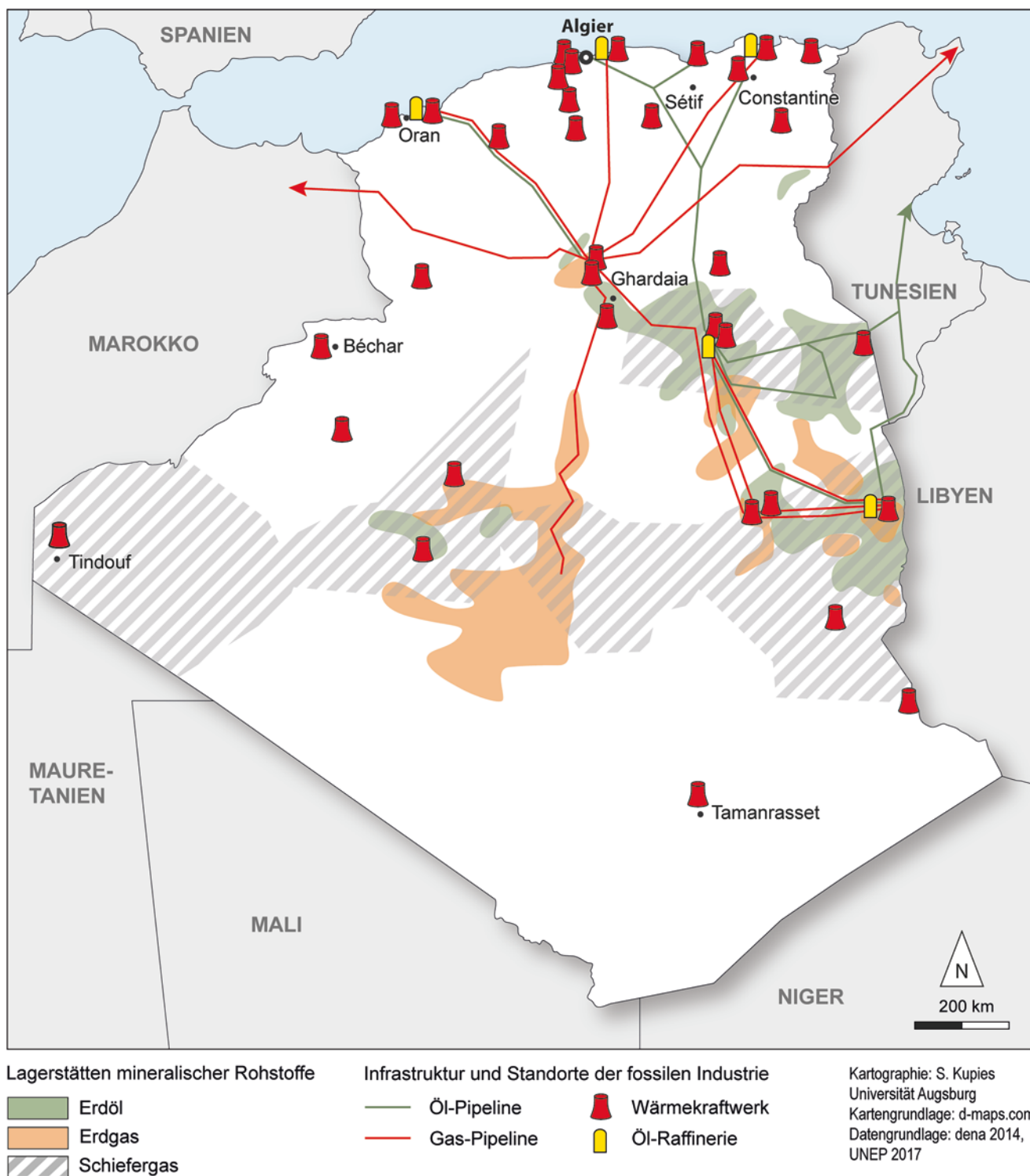
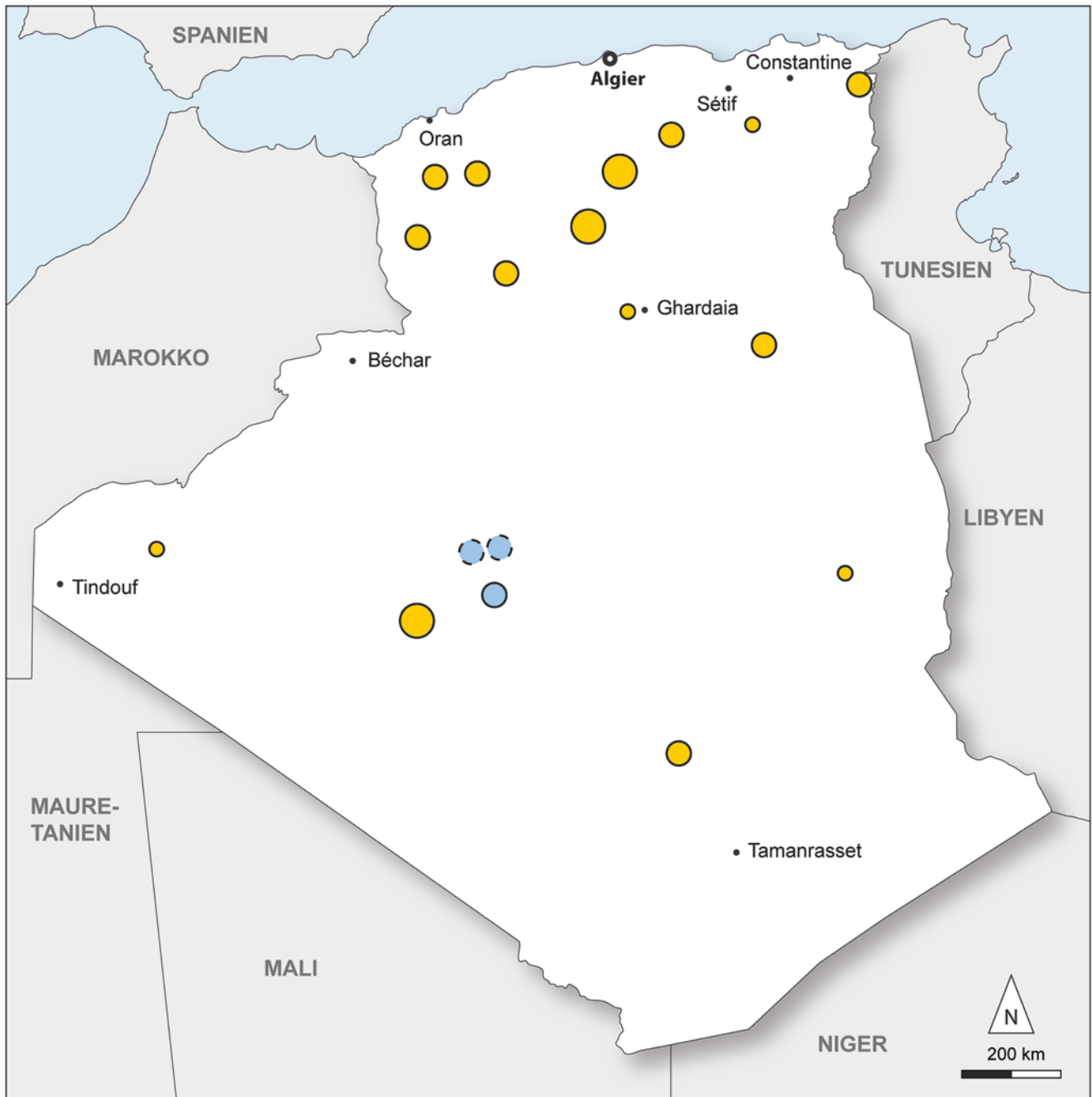


Abb. 7 Lagerstätten mineralischer Rohstoffe, Infrastruktur sowie Standorte der fossilen Industrie. (Quelle siehe Abbildung)



Standorte Erneuerbarer Energien

● Photovoltaik
 ● Windpark
 ● Windpark (geplant)

Leistung in MW: ○ < 10 ○ 10 - 50 ○ > 50

Kartographie: S. Kupies
 Universität Augsburg
 Kartengrundlage: d-maps.com
 Datengrundlage: dena 2014,
 UNEP 2017

Abb. 8 Standorte Erneuerbarer Energien. (Quelle siehe Abbildung)

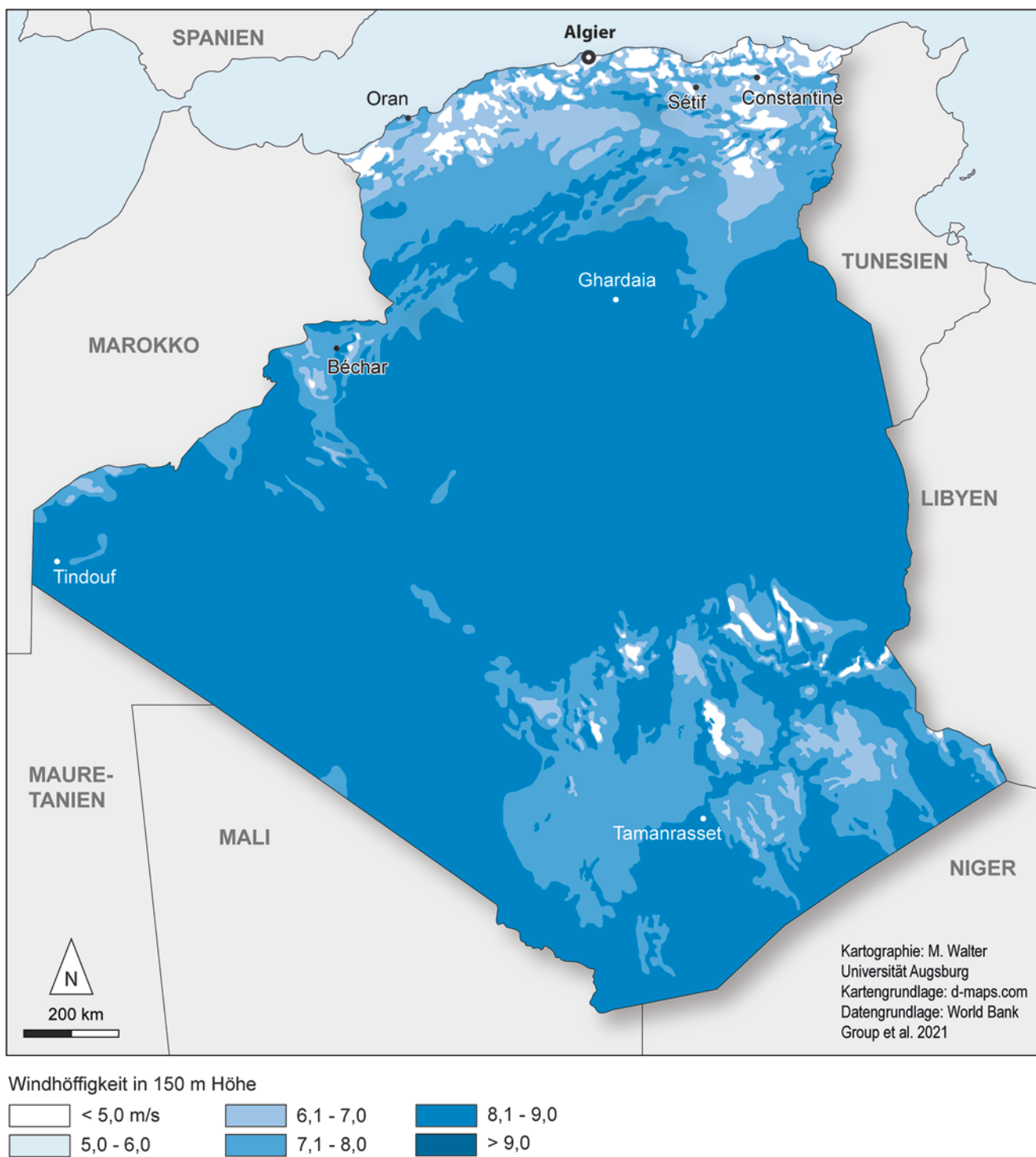


Abb. 9 Windhäufigkeit in 150 m Höhe. (Quelle siehe Abbildung)

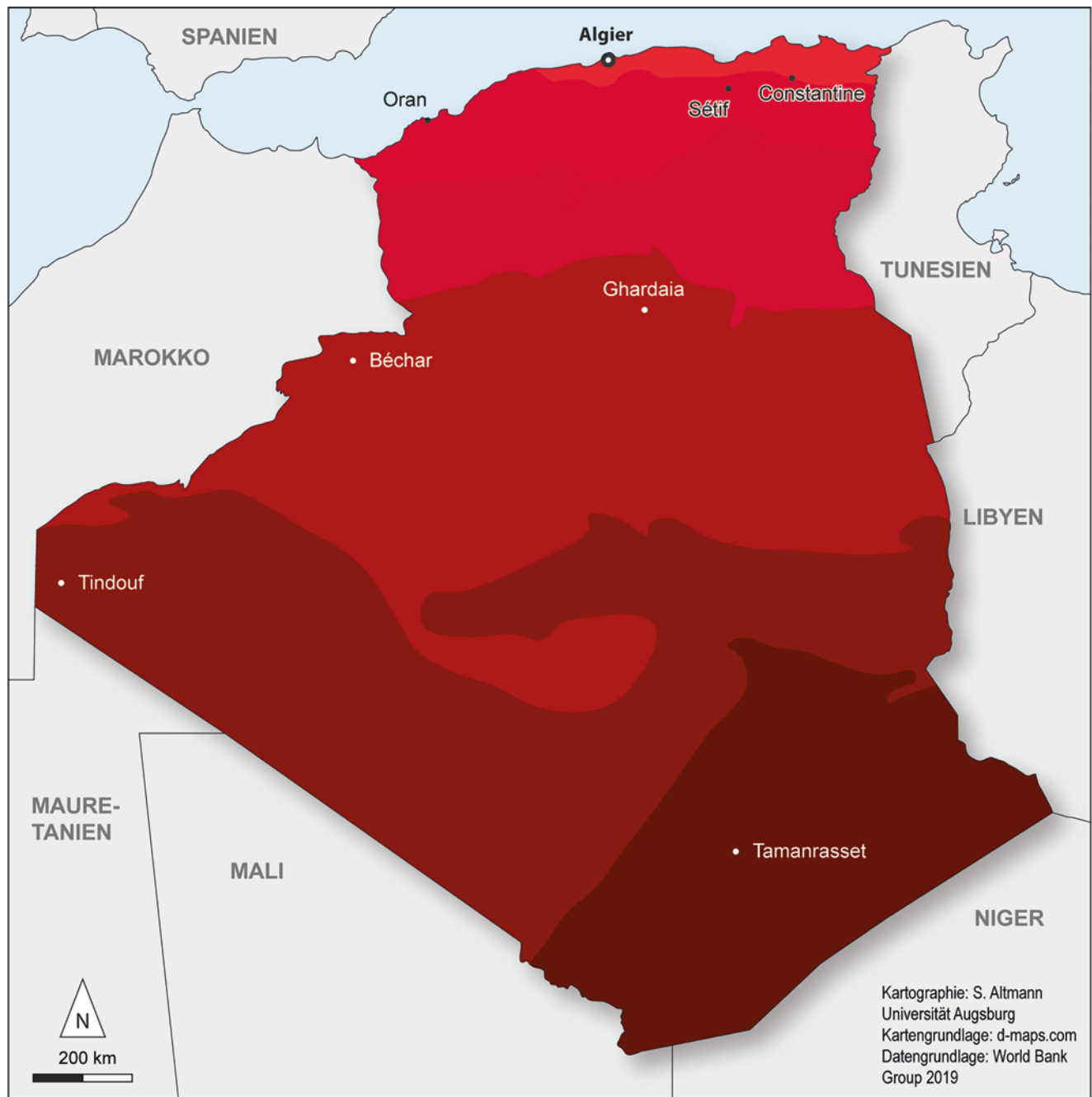


Abb. 10 Globalstrahlung. (Quelle siehe Abbildung)