Stromwende
Stadt Neumarkt i.d.OPf.
bis 2030

Eine technische Studie

Ersteller:

Ingenieurbüro
C. BURKHARDT
Luftdicht, was sonst?

Dipl.-Ing.(FH) Carsten Burkhardt

92318 Neumarkt i.d.OPf.
www.ibburkhardt.de

BAYERISCHE INGENIEUREKAMMER-BAU KÖRPERSCHAFT DES ÖFFENTLICHEN RECHTS
Dipl.-Ing.(FH)
Carsten Burkhardt
BaylkaBau
Beratender
Ingenieur
14409

Datum: 28. Dezember 2021
Überarbeitung 09.04.2022

1 Zusammenfassung

Im Jahr 2019 beläuft sich der Strombedarf der Stadt Neumarkt auf rund 270.000 MWh. Im Zuge der Energiewende wird sich der Strombedarf etwa auf **540.000 MWh** verdoppeln. Um diesen voraussichtlich doppelten Strombedarf komplett erneuerbar decken zu können, ist bis zum Jahr 2030 der Zubau regenerativer Stromerzeugungsanlagen im Vergleich zum Jahr 2019 in folgender **Größenordnung** notwendig:

	Optimiertes Szenario	**Sonnenszenario**
Verhältnis Stromerzeugung Photovoltaik / Windenergie	**44 % / 56 %**	**67 % / 33 %**
Zubau Photovoltaikanlagen auf Dachflächen	**Nutzung von möglichst allen geeigneten Dachflächen!** Maximal noch möglicher Ausbau gegenüber dem heutigen Bestand: schätzungsweise **Faktor 5**	
Zubau Photovoltaikanlagen auf Freiflächen falls Ertrag von Anlagen auf Dachflächen verfünffacht werden kann. Mit Verhältnis zur gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche im Stadtgebiet.	**155 ha** Agri-PV (4,8 %) oder 121 ha konventionelle Freiflächen-PV (3,7 %)	**288 ha** Agri-PV (8,9 %) oder 224 ha konventionelle Freiflächen-PV (6,9 %)
Zubau Photovoltaikanlagen auf Freiflächen falls Photovoltaikanlagen auf Dachflächen auf dem heutigen Stand bleiben. Mit Verhältnis zur gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche im Stadtgebiet.	**229 ha** Agri-PV (7,1 %) oder 178 ha konventionelle Freiflächen-PV (5,5 %)	**362 ha** Agri-PV (11,1 %) oder 281 ha konventionelle Freiflächen-PV (8,7 %)
Zubau Windkraftanlagen mit dem durchschnittlichen Ertrag einer heutigen Anlage (6.337 MWh)	**27**	**12**

Aus der obigen Tabelle wird erkennbar, dass umso mehr Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen benötigt werden, je weniger Dachflächen für Photovoltaikanlagen genutzt werden und je weniger Windkraftanlagen hinzugebaut werden können.

Aufgrund der höheren Effizienz der Flächennutzung (bis zu 186 Prozent laut Fraunhofer ISE) sollte für Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlichen Flächen bevorzugt die Doppelnutzung als Agri-Photovoltaik (in obiger Tabelle Agri-PV mit 700 kWp/ha) vorgesehen werden statt der Zubau von konventionellen Freiflächen-Photovoltaikanlagen (in obiger Tabelle Freiflächen-PV mit 900 kWp/ha).

Inhaltsverzeichnis

1 ZUSAMMENFASSUNG....1

2 HINTERGRUND DER STUDIE....3

3 ZIELSETZUNG DER STUDIE....3

4 REGENERATIVE STROMERZEUGUNG UND STROMBEDARF HEUTE....3

4.1 Installierte Windkraftanlagen 2019....4

4.2 Installierte Photovoltaikanlagen 2019....4

4.3 Installierte Wasserkraftanlagen 2019....4

4.4 Installierte Biomasseanlagen 2019....4

4.5 Strombedarf der Stadt Neumarkt i.d.OPf. 2019....5

4.6 Deckungsanteil erneuerbarer Strom 2019....5

5 NOTWENDIGER AUSBAU DER REGENERATIVEN STROMERZEUGUNG BIS ZUR VOLLENDUNG DER ENERGIEWENDE....5

5.1 Zeithorizont für den nötigen Ausbau der Stromerzeugung....5

5.2 Benötigte Stromerzeugungskapazität 2030....6

5.3 Technische Möglichkeiten zum lokalen Ausbau der regenerativen Stromerzeugung im Stadtgebiet Neumarkt i.d.OPf....7

5.3.1 Durch Photovoltaik- und Windkraftanlagen zu erzeugende Strommenge....8

5.3.2 Weiteres lokales Ausbaupotenzial der Photovoltaik auf Dachflächen....8

5.3.3 Weiteres lokales Ausbaupotenzial der Photovoltaik auf landwirtschaftlichen Flächen....8

5.3.4 Weiteres lokales Ausbaupotenzial der Windkraft....9

5.4 Verschiedene mögliche Szenarien zum Ausbau....11

5.5 Ausbau nach optimiertem Szenario....11

5.5.1 Ausbau der Photovoltaik nach optimiertem Szenario....11

5.5.1.1 Mit Verfünffachung des Bestands an Dachflächen-Photovoltaikanlagen....11

5.5.1.2 Ohne weiteren Ausbau von Dachflächen-Photovoltaikanlagen....12

5.5.2 Ausbau der Windkraft nach optimiertem Szenario....12

5.6 Ausbau nach Sonnenszenario....13

5.6.1 Ausbau der Photovoltaik nach Sonnenszenario....13

5.6.1.1 Mit Verfünffachung des Bestands an Dachflächen-Photovoltaikanlagen....13

5.6.1.2 Ohne weiteren Ausbau von Dachflächen-Photovoltaikanlagen....13

5.6.2 Ausbau der Windkraft nach Sonnenszenario....14

2 Hintergrund der Studie

Am 12. Dezember 2015 haben 197 Staaten der Erde das Pariser Klimaschutzabkommen beschlossen und sich damit zum Ziel gesetzt, die Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad Celsius und möglichst unter 1,5 Grad Celsius zu beschränken [1]. Der Ausstieg aus der Nutzung der fossilen Energiequellen Erdöl, Kohle und Erdgas und damit die Beendigung der CO_2-Emission durch die Nutzung fossiler Energieträger ist also international beschlossen.
Nun gilt es, die Energieversorgung schnell auf erneuerbare Energie umzustellen.

In der Bundesrepublik Deutschland stehen uns als erneuerbare Energiequellen vor allem Wind und Sonne zur Verfügung sowie zu kleineren Teilen Wasserkraft und Biomasse.

Durch die Umstellung unserer Energienutzung von Erdölprodukten, Kohle und Erdgas auf regenerativ erzeugten Strom sowie auf mit erneuerbarem Strom hergestellte synthetische Gase und Kraftstoffe - sogenannte E-Brennstoffe, Power-to-Gas, Power-to-fuel oder allgemein P2X [2] - wird der Strombedarf deutlich ansteigen.

3 Zielsetzung der Studie

Die vorliegende technische Studie soll ausgehend vom heutigen Strombedarf der Stadt Neumarkt i.d.OPf. den nötigen Ausbau der dezentralen erneuerbaren Stromerzeugung abschätzen, der nach heutigem Kenntnisstand notwendig ist, um den Betrag des jährlichen Strombedarfs der Stadt am Ende der Energiewende vollständig regenerativ zu decken.

Die Studie soll die Größenordnung und die technische Möglichkeiten des notwendigen Ausbaus der erneuerbaren Stromerzeugung aufzeigen. An welchem Ort die benötigten Erzeugungskapazitäten dann in welcher Größe ausgebaut werden und welche technischen Wege dazu beschritten werden sollen, sind zu einem großen Teil politisch motivierte Fragen und nicht Teil dieser Studie.

Die natürlich künftig auch benötigten Kapazitäten zur Sektorkopplung und Stabilisierung des Stromnetzes durch die Erzeugung von Wasserstoff oder E-Methan aus Stromspitzen und die erneute Umwandlung in Strom bei Bedarf sollen nicht Gegenstand dieser Studie sein. Die dazu nötige Anlagentechnik wird regionale Bedeutung haben und kann daher in einer Studie mit lokalem Bezug nicht betrachtet werden.

4 Regenerative Stromerzeugung und Strombedarf heute

Diese Studie ist auf der Grundlage der im Kartenteil des Energie-Atlas Bayern [3] öffentlich verfügbaren Daten sowie ergänzende Angaben von den Stadtwerken Neumarkt i.d.OPf. erstellt.

Die bis zur Erstellung dieser Studie verfügbaren Daten im Energie-Atlas Bayern beziehen sich auf das Jahr 2019. Aus diesem Grund wird das Jahr 2019 in der Studie als aktueller Bezug verwendet und nachfolgend auch als „heute“ bezeichnet.

4.1 Installierte Windkraftanlagen 2019

Im Stadtgebiet Neumarkt i.d.OPf. sind im Jahr 2019 auf den Jurahöhen 9 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 20,8 MW vorhanden.

Die Baujahre der Windkraftanlagen im Bestand reichen von 2010 bis 2016 und die Baugrößen von 1,5 MW bis 2,5 MW.

Die Anlagen erzeugen zusammen in einem Jahr eine Strommenge von 57.034 MWh.

Im Durchschnitt erzeugt eine einzelne Windenergieanlage im Stadtgebiet 6.337 MWh Strom in einem Jahr.

4.2 Installierte Photovoltaikanlagen 2019

Im Stadtgebiet Neumarkt i.d.OPf. sind im Jahr 2019 insgesamt 1.014 auf Gebäudedächern montierte Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 16,7 MWp vorhanden und 4 Freiflächen-Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 3,9 MWp.

Die Dachflächenanlagen erzeugen in einem Jahr zusammen eine Strommenge von 12.951 MWh, die Freiflächen-Photovoltaikanlagen 3.993 MWh.

Alle Photovoltaikanlagen im Stadtgebiet zusammen erzeugen in einem Jahr eine Strommenge von 16.944 MWh.

4.3 Installierte Wasserkraftanlagen 2019

Im Stadtgebiet Neumarkt i.d.OPf. sind keine Wasserkraftanlagen vorhanden.

4.4 Installierte Biomasseanlagen 2019

Im Stadtgebiet Neumarkt i.d.OPf. sind im Jahr 2019 in der Kategorie Biomasse insgesamt 8 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 20,4 MW im Energie-Atlas Bayern verzeichnet, die zusammen eine jährliche Strommenge von 139.160 MWh erzeugten.

Bei den kleineren 7 Anlagen handelt es sich um Kraft-Wärmekopplungsanlagen, die mit Gas aus dem Erdgasnetz betrieben werden, mit rechnerischem Bezug von Biomethan. Aufgrund des aktuell real nur rechnerisch regenerativen Betriebs wird die von diesen 7 Anlagen erzeugte jährliche Strommenge von 2.362 MWh hier in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Von den im Energie-Atlas Bayern verzeichneten Biomasseanlagen im Stadtgebiet Neumarkt i.d.OPf. verbleibt nur eine physisch vollständig regenerativ betriebene Anlage. Diese befindet sich in einem holzverarbeitenden Industriebetrieb im Stadtsüden, hat eine elektrische Leistung von 19,9 MW und im Jahr 2019 eine jährliche Stromproduktion von 136.798 MWh.

4.5 Strombedarf der Stadt Neumarkt i.d.OPf. 2019

Im Jahr 2019 liegt der Gesamtstromverbrauch im Stadtgebiet Neumarkt i.d.OPf. laut Energie-Atlas Bayern bei 249.879 MWh.

Die Stadtwerke Neumarkt i.d.OPf. haben nach eigener Auskunft in ihren Unterlagen für 2019 für das Netzgebiet der Stadt einen etwas höheren Stromverbrauch von 264.339 MWh erfasst. Da das Netzgebiet etwas kleiner ist als das Stadtgebiet sollte jedoch der Stromverbrauch des Stadtgebietes etwas über dem des Netzgebietes liegen.

Für die vorliegende Studie wird aufgrund der vorliegenden Daten für die weiteren Betrachtungen ein auf ganze zehntausend Megawattstunden gerundeter jährlicher Strombedarf von **270.000 MWh** als aktuelle Basis angenommen.

4.6 Deckungsanteil erneuerbarer Strom 2019

Vom jährlichen Strombedarf der Stadt Neumarkt von 270.000 MWh wird im Jahr 2019 eine Strommenge von 210.776 MWh, also ein Anteil von 78 Prozent, regenerativ gedeckt.

Auf die einzelnen regenerativen Stromerzeugungsarten entfallen 2019 folgende Anteile am jährlichen Strombedarf der Stadt Neumarkt i.d.OPf., ohne Berücksichtigung der holzverarbeitenden Industrie:

Photovoltaik:	6 %	(16.944 MWh)
Biomasse:	51 %	(136.798 MWh)
Windenergie:	21 %	(57.034 MWh)

5 Notwendiger Ausbau der regenerativen Stromerzeugung bis zur Vollendung der Energiewende

5.1 Zeithorizont für den nötigen Ausbau der Stromerzeugung

Laut dem im Jahr 2020 erschienenen Handbuch Klimaschutz muss der notwendige Ausbau der regenerativen Stromversorgung bereits bis spätestens **2038** erreicht werden [4].
Der Energiesektor muss den anderen Sektoren vorauseilen und noch vor diesen klimaneutral werden, damit diese auch klimaneutral werden können.

Das 2021 veröffentlichte Gutachten des Bürgerrats Klima geht noch etwas weiter und nennt für die Klimaneutralität der Stromversorgung das Jahr **2035** als Ziel [5].

Die am 1. Juli 2021 veröffentlichte DIW Econ-Studie „Bayern klimaneutral und sozial – Maßnahmenvorschläge für eine soziale Klimatransformation in Bayern“ nennt bereits **2030** als Ziel für die Klimaneutralität des Energiesektors, damit Bayern bis 2040 klimaneutral werden kann [6].

Es erscheint folgerichtig, den Ausbau der erneuerbaren Stromversorgung so schnell wie möglich anzugehen und daher für die Fertigstellung der Stromwende das Jahr 2030 anzustreben.

5.2 Benötigte Stromerzeugungskapazität 2030

Das Handbuch Klimaschutz [4] prognostiziert für die Bundesrepublik Deutschland im Zuge der Umsetzung der Energiewende eine Verdreifachung des jährlichen Strombedarfs gegenüber heute auf etwa 1.900 TWh.

Fast die Hälfte des Stroms wird zur Erzeugung von E-Brennstoffen benötigt werden. Das Handbuch Klimaschutz geht davon aus, dass nicht die gesamte Strommenge in Deutschland erzeugt werden kann, sondern jährlich etwa 420 TWh an E-Brennstoffen eingeführt werden müssen, wofür die Exportländer jährlich etwa 820 TWh Strom aufwenden müssen.

Nach Abzug der Strommenge für die eingeführte Energie ergibt sich für Deutschland eine nötige Stromerzeugungskapazität von rund 1.200 TWh pro Jahr, was einer Verdoppelung gegenüber heute entspricht.

Wie Abbildung 1 unten zeigt, basierte im Jahr 2011 die Heizwärmeversorgung der privaten Haushalte der Stadt Neumarkt überwiegend auf fossilen Energieträgern. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Lage bis heute im Jahr 2021 nicht völlig verändert hat. Analog zum Bundesgebiet steht damit auch in Neumarkt noch die weitgehende Umstellung der Heizenergieversorgung der privaten Haushalte auf erneuerbaren Strom oder E-Brennstoffe aus erneuerbarem Strom an. Daher ist auch für die Stadt Neumarkt i.d.OPf. die Annahme zutreffend, dass sich im Zuge der Energiewende der Strombedarf verdoppeln wird.

Ausgehend vom angesetzten Strombedarf von 270.000 MWh im Jahr 2019 liegt der bis im Jahr 2030 verdoppelte Strombedarf der Stadt Neumarkt i.d.OPf., der dann dann regenerativ zu decken sein wird, bei **540.000 MWh** pro Jahr.

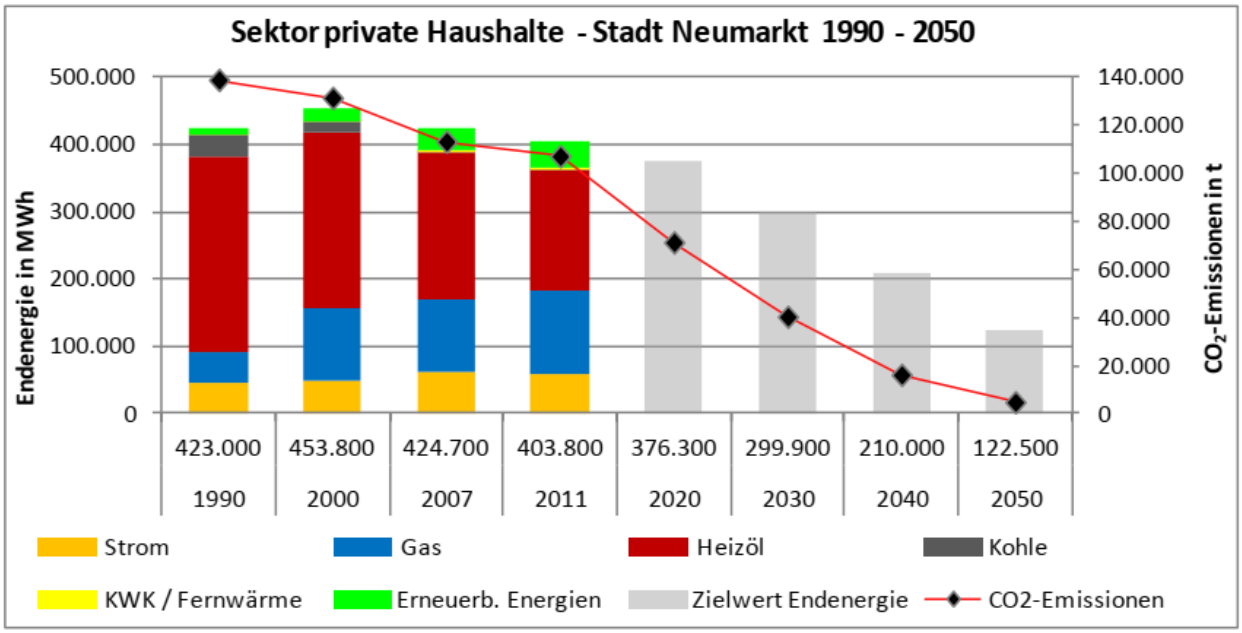

Abbildung 1: Masterplan 100 % Klimaschutz der Stadt Neumarkt i.d.OPf., 25. Juli 2013, Seite 57, Abb. 32, Entwicklung Sektor private Haushalte 1990 bis 2011; Prognose bis 2050; http://mycovenant.eumayors.eu/docs/document/34_1391164474.pdf.

5.3 Technische Möglichkeiten zum lokalen Ausbau der regenerativen Stromerzeugung im Stadtgebiet Neumarkt i.d.OPf.

Die beiden Hauptpfeiler der regenerativen Stromerzeugung im Stadtgebiet Neumarkt i.d.OPf. sind die Sonnenenergie und die Windenergie.

Nachfolgend werden technische Möglichkeiten zur Deckung des voraussichtlichen Strombedarfs durch Photovoltaik und Windkraft aufgezeigt und ins Verhältnis zu vorhandenen Potenzialen im Stadtgebiet Neumarkt gesetzt. Die Fragen, ob und wie diese technischen Möglichkeiten genutzt werden sollen und ob dies innerhalb oder außerhalb des Stadtgebietes geschehen soll, sind jedoch politischer Natur.

Möglichkeiten zur Nutzung von Wasserkraft sind auch zukünftig im Stadtgebiet Neumarkt nicht vorhanden.

Die Möglichkeiten zum Ausbau der nachhaltigen Stromerzeugung aus Biomasse sind begrenzt. Deswegen sollte ein Ausbau dieser Art der Stromerzeugung nicht in großem Maß angestrebt werden.

5.3.1 Durch Photovoltaik- und Windkraftanlagen zu erzeugende Strommenge

Unter der Annahme, dass die holzverarbeitende Industrie im Neumarkter Stadtsüden mit Ihrer Biomasseanlage auch 2030 noch die gleiche jährliche Strommenge erzeugt (136.798 MWh), sind für die Stadt Neumarkt 2030 jährlich **403.202 MWh** an Strom durch Photovoltaik- und Windkraftanlagen zu erzeugen (heutige Bestandsanlagen und nötiger Zubau).

In unseren Breiten kann man für den spezifischen Stromertrag von Photovoltaikanlagen näherungsweise 1 Megawattstunde Strom pro installiertem Kilowatt peak Anlagenleistung ansetzen (1 MWh/kWp).

5.3.2 Weiteres lokales Ausbaupotenzial der Photovoltaik auf Dachflächen

Aus öffentlich zugänglichen Satellitenbildern der Stadt Neumarkt i.d.OPf. schätzen wir, dass sich der Bestand der Photovoltaikanlagen auf den Dächern von Gebäuden im Vergleich zu heute maximal noch etwa verfünffachen ließe - wenn auf allen Gebäudedächern in Neumarkt Photovoltaikanlagen technisch möglich und zulässig wären und zusätzlich alle Gebäudeeigentümer, welche die Möglichkeit hätten, ihre Dachflächen nutzen würden.

Bei einer Verfünffachung der Photovoltaikanlagen auf Dachflächen gegenüber 2019 könnte die jährlich erzeugt Strommenge von 12.951 MWh auf 64.755 MWh gesteigert werden.

Selbst mit geeigneten Anreizen werden natürlich nicht alle Gebäudeeigentümer, welche die Möglichkeit dazu hätten, ihre geeigneten Dachflächen für Photovoltaikanlagen nutzen. Daher erscheint eine Ausbau zwischen dem heutigen Bestand und der genannten Verfünffachung realistisch möglich.

5.3.3 Weiteres lokales Ausbaupotenzial der Photovoltaik auf landwirtschaftlichen Flächen

Zusätzlich werden weitere Freiflächen-Photovoltaikanlagen notwendig. Eine besondere Chance für die Landwirtschaft liegt hierbei bei sogenannten Agri-Photovoltaik-Anlagen, also der speziellen Installation von Photovoltaikanlagen auf gleichzeitig weiterhin landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Laut dem vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE veröffentlichten Leitfaden „Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende“ [7] liegt der Flächenbedarf von Agri-Photovoltaik-Systemen typischerweise 20 - 40 Prozent über dem von konventionellen Freiflächen Photovoltaikanlagen. Ein Agri-Photovoltaik-System hat aktuell eine Leistung von 500 bis 800 kWp pro Hektar, eine konventionelle Freiflächen Photovoltaikanlage je nach System dagegen 600 bis 1.100 kWp pro Hektar.

Abbildung 2: Durch die doppelte Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche lässt sich Photovoltaik ressourcenschonend auch auf fruchtbaren Flächen ausbauen. Bild: Fraunhofer ISE, https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/agri-photovoltaik-agri-pv.html (08.04.2022)

Abbildung 3: Pilotprojekt Agri-Photovoltaik-Anlage in Heggelbach am Bodensee. Bild: Fraunhofer ISE, https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/agri-photovoltaik-agri-pv.html (08.04.2022)

Der große Vorteil von Agri-Photovoltaik-Systemen ist die hohe Effizienz der Flächennutzung. Zum Beispiel für Kartoffeln hat das Fraunhofer ISE in einem Pilotprojekt in Heggelbach für den Anbau unter einer aufgeständerten Photovoltaikanlage eine Landnutzungseffizienz von 186 Prozent ermittelt gegenüber dem konventionellen Anbau und einer separaten Freiflächen-Photovoltaikanlage.

Das gesamte Stadtgebiet Neumarkts ist 7.900 ha groß. Davon sind laut dem im Jahr 2004 veröffentlichten Erläuterungsbericht zum Flächennutzungsplan 3.249 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche [8]. Damit ist Potenzial für weitere Freiflächen-Photovoltaikanlagen oder besser Agri-Photovoltaik-Systeme vorhanden.

Hinweis: Um eine unzutreffende Erfassung als versiegelte Fläche zu vermeiden, sind Agri-Photovoltaik-Anlagen im Flächennutzungsplan als „Sondergebiet Agri-Photovoltaik“ auszuweisen, nicht als „elektrische Betriebsstätte / Gewerbe“ [7].

5.3.4 Weiteres lokales Ausbaupotenzial der Windkraft

Im aktuellen Energie-Atlas Bayern sind auf den Jurahöhen im östlichen Stadtgebiet noch wenige freie Flächen vorhanden, welche geeignete mittlere Windgeschwindigkeiten von 4,5 bis 4,9 m/s in 130 m Höhe bieten und weder in einem Schutzgebiet noch in einem Ausschlussgebiet liegen [3]. Diese Flächen befinden sich

südöstlich von Höhenberg / St. Helena sowie nördlich und westlich von Pelchenhofen. Siehe rot-gestrichelt umkreiste hellgrüne Flächen in Abbildung 4.

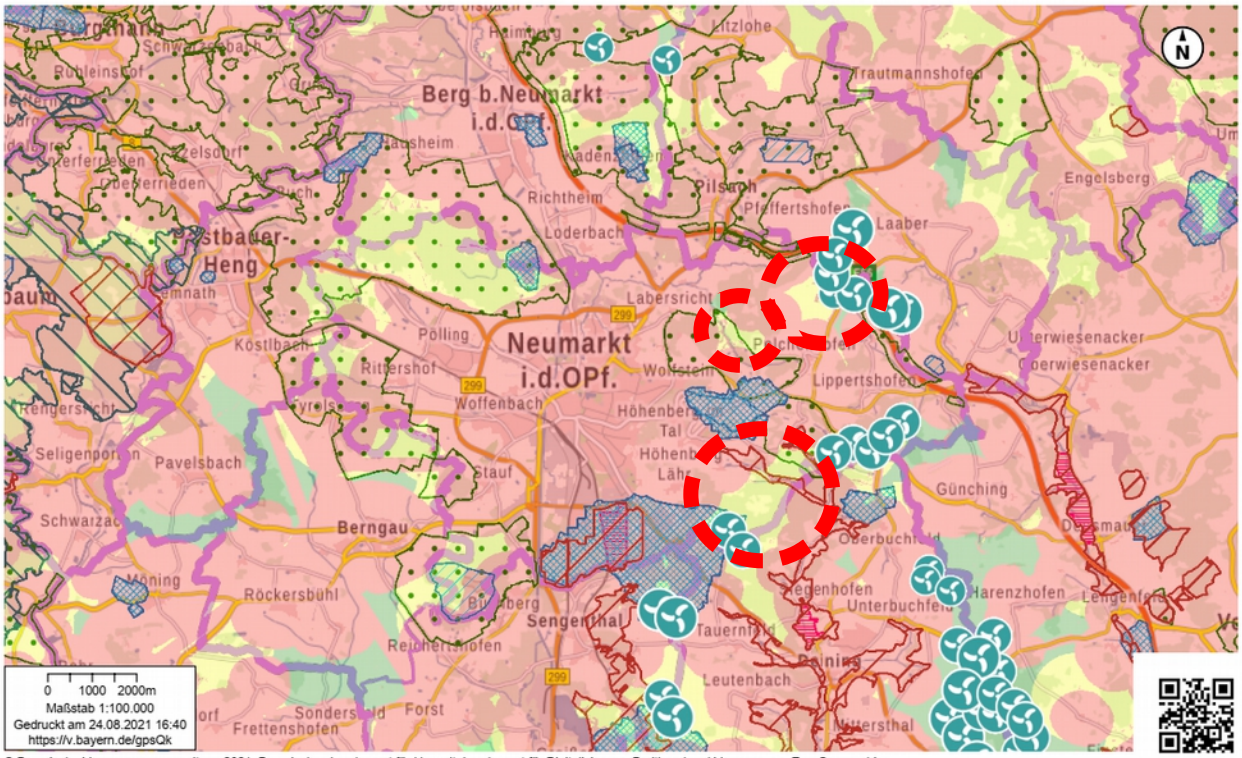

Abbildung 4: Windkraft, Ausbaupotenzial und Schutzgebiete, Darstellung transparent, Energie-Atlas Bayern [3], https://www.energieatlas.bayern.de/karten (24.08.2021), Legende unter der Abbildung.

5.4 Verschiedene mögliche Szenarien zum Ausbau

Im Handbuch Klimaschutz sind mögliche Szenarien zum Ausbau von Photovoltaik und Windenergie beschrieben [4]:

- In einem optimierten Szenario sind die Stärken und Schwächen beider Arten der Stromerzeugung möglichst ausgeglichen, sodass möglichst geringe Schwankungen im Stromnetz entstehen.
- Für Regionen in Deutschland mit überwiegender Möglichkeit zur Nutzung der Windkraft, vor allem in Norddeutschland, ist ein zusätzliches Windszenario beschrieben, in dem der Schwerpunkt des Ausbaus eher auf die Windkraft gelegt wird.
- Für Süddeutschland mit seinen vorhandenen, aber gegenüber Norddeutschland geringeren, Möglichkeit zur Windkraftnutzung beschreibt das Handbuch Klimaschutz ein zusätzliches Sonnenszenario mit Schwerpunkt des Ausbaus auf der Photovoltaik.

In allen Szenarien ist jedoch immer der Ausbau beider Formen der regenerativen Stromerzeugung notwendig, also sowohl der Photovoltaik als auch der Windkraft.

5.5 Ausbau nach optimiertem Szenario

Im optimierten Szenario nach Handbuch Klimaschutz entfallen 44 Prozent der Stromerzeugung auf die Photovoltaik und 56 Prozent auf die Windkraft [4].

5.5.1 Ausbau der Photovoltaik nach optimiertem Szenario

Im optimierten Szenario sind jährlich 177.409 MWh (44 % von 403.202 MWh) Strom mit Photovoltaikanlagen zu erzeugen. Gegenüber dem Stand heute (16.944 MWh) ist dies eine Steigerung um den Faktor 10,5.

5.5.1.1 Mit Verfünffachung des Bestands an Dachflächen-Photovoltaikanlagen

Mit einer Verfünffachung des Bestands an Dachflächen-Photovoltaikanlagen sind jährlich 112.654 MWh Strom mit Photovoltaikanlagen auf Freiflächen zu erzeugen. Dies entspricht gegenüber 2019 der 28-fachen Strommenge.

Zur Erzeugung dieser jährlichen Strommenge sind zusätzliche Kapazitäten auf Freiflächen für jährlich 108.661 MWh erforderlich.

Diese Strommenge ist erzeugbar mit 155 ha Agri-Photovoltaikanlagen mit einer spezifischen Leistung von 700 kWp/ha. Die benötigte Grundfläche würde 2,0 Prozent des Stadtgebietes entsprechen bzw. 4,8 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Stadtgebietes.

Alternativ dazu wären 121 ha konventionelle Freiflächen-Photovoltaikanlagen mit einer spezifischen Leistung von 900 kWp/ha möglich. Die benötigte Grundfläche würde 1,5 Prozent des Stadtgebietes entsprechen bzw. 3,7 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Stadtgebietes.

5.5.1.2 Ohne weiteren Ausbau von Dachflächen-Photovoltaikanlagen

Sollte aus verschiedenen denkbaren Gründen kein weiterer Ausbau des Bestands an Dachflächen-Photovoltaikanlagen möglich oder gewollt sein, sind jährlich 164.458 MWh Strom mit Photovoltaikanlagen auf Freiflächen zu erzeugen. Dies entspricht gegenüber 2019 der 41-fachen Strommenge.

Zur Erzeugung dieser jährlichen Strommenge sind zusätzliche Kapazitäten auf Freiflächen für jährlich 160.465 MWh erforderlich.

Diese jährliche Strommenge ist erzeugbar mit 229 ha Agri-Photovoltaikanlagen mit einer spezifischen Leistung von 700 kWp/ha. Die benötigte Grundfläche würde 2,9 Prozent des Stadtgebietes entsprechen bzw. 7,1 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Stadtgebietes.

Alternativ dazu wären 178 ha konventionelle Freiflächen-Photovoltaikanlagen mit einer spezifischen Leistung von 900 kWp/ha möglich. Die benötigte Grundfläche würde 2,3 Prozent des Stadtgebietes entsprechen bzw. 5,5 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Stadtgebietes.

5.5.2 Ausbau der Windkraft nach optimiertem Szenario

Im optimierten Szenario sind jährlich 225.793 MWh (56 % von 403.202 MWh) Strom mit Windkraftanlagen zu erzeugen. Gegenüber dem Stand heute (57.034 MWh) ist dies eine Steigerung um den Faktor 4.

Zur Erzeugung dieser jährlichen Strommenge sind zusätzliche Windkraft-Kapazitäten für jährlich 168.759 MWh erforderlich.

Diese jährliche Strommenge ist erzeugbar mit 27 zusätzlichen Windkraftanlagen mit dem durchschnittlichen jährlichen Ertrag einer Windkraftanlage des heutigen Bestands im Stadtgebiet von 6.337 MWh.

Zusammen mit den 9 bisherigen Anlagen würde sich damit die Gesamtzahl der Windkraftanlagen im Stadtgebiet auf 36 erhöhen.

5.6 Ausbau nach Sonnenszenario

Im Sonnenszenario nach Handbuch Klimaschutz entfallen 67 Prozent der Stromerzeugung auf die Photovoltaik und 33 Prozent auf die Windkraft [4].

5.6.1 Ausbau der Photovoltaik nach Sonnenszenario

Im Sonnenszenario sind jährlich 270.145 MWh (67 % von 403.202 MWh) Strom mit Photovoltaikanlagen zu erzeugen. Gegenüber dem Stand heute (16.944 MWh) ist dies eine Steigerung um den Faktor 15,9.

5.6.1.1 Mit Verfünffachung des Bestands an Dachflächen-Photovoltaikanlagen

Mit einer Verfünffachung des Bestands an Dachflächen-Photovoltaikanlagen sind jährlich 205.390 MWh Strom mit Photovoltaikanlagen auf Freiflächen zu erzeugen. Dies entspricht gegenüber 2019 der 51-fachen Strommenge.

Zur Erzeugung dieser jährlichen Strommenge sind zusätzliche Kapazitäten auf Freiflächen für jährlich 201.397 MWh erforderlich.

Diese jährliche Strommenge ist erzeugbar mit 288 ha Agri-Photovoltaikanlagen mit einer spezifischen Leistung von 700 kWp/ha. Diese Fläche würde 3,6 Prozent des Stadtgebietes entsprechen bzw. 8,9 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Stadtgebietes.

Alternativ dazu wären 224 ha konventionelle Freiflächen-Photovoltaikanlagen mit einer spezifischen Leistung von 900 kWp/ha möglich. Diese Fläche würde 2,8 Prozent des Stadtgebietes entsprechen bzw. 6,9 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Stadtgebietes.

5.6.1.2 Ohne weiteren Ausbau von Dachflächen-Photovoltaikanlagen

Sollte aus verschiedenen denkbaren Gründen kein weiterer Ausbau des Bestands an Dachflächen-Photovoltaikanlagen möglich oder gewollt sein, sind jährlich 257.194 MWh Strom mit Photovoltaikanlagen auf Freiflächen zu erzeugen. Dies entspricht gegenüber 2019 der 64-fachen Strommenge.

Zur Erzeugung dieser jährlichen Strommenge sind zusätzliche Kapazitäten auf Freiflächen für jährlich 253.201 MWh erforderlich.

Diese jährliche Strommenge ist erzeugbar mit 362 ha Agri-Photovoltaikanlagen mit einer spezifischen Leistung von 700 kWp/ha. Diese Fläche würde 4,6 Prozent des Stadtgebietes entsprechen bzw. 11,1 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Stadtgebietes.

Alternativ dazu wären 281 ha konventionelle Freiflächen-Photovoltaikanlagen mit einer spezifischen Leistung von 900 kWp/ha möglich. Diese Fläche würde 3,6 Prozent des Stadtgebietes entsprechen bzw. 8,7 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Stadtgebietes.

5.6.2 Ausbau der Windkraft nach Sonnenszenario

Im Sonnenszenario sind jährlich 133.057 MWh (33 % von 403.202 MWh) Strom mit Windkraftanlagen zu erzeugen. Gegenüber dem Stand heute (57.034 MWh) ist dies eine Steigerung um den Faktor 2,3.

Zur Erzeugung dieser jährlichen Strommenge sind zusätzliche Windkraft-Kapazitäten für jährlich 76.023 MWh erforderlich.

Diese Strommenge ist erzeugbar mit 12 zusätzlichen Windkraftanlagen mit dem durchschnittlichen jährlichen Ertrag einer Windkraftanlage des heutigen Bestands im Stadtgebiet von 6.337 MWh.

Zusammen mit den 9 bisherigen Anlagen würde sich damit die Gesamtzahl der Windkraftanlagen im Stadtgebiet auf 21 erhöhen.

Literaturverzeichnis

1: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Abkommen von Paris, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html (25.09.2021)

2: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Strategieplattform Power to Gas, https://www.powertogas.info (28.12.2021)

3: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, Energie-Atlas Bayern, Karten, https://www.energieatlas.bayern.de/karten (28.12.2021)

4: Hentschel, Karl-Martin (2020), Handbuch Klimaschutz, Wie Deutschland das 1,5-Grad-Ziel einhalten kann, Seite(n) 55-65, oekom Verlag, https://handbuch-klimaschutz.de

5: Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Renn et al. (2021), Unsere Empfehlungen für die deutsche Klimapolitik, Seite(n) 38, Bürgerrat Klima, https://buergerrat-klima.de/content/pdfs/BK_210922_Gutachten_Digital_SMALL.pdf

6: Prof. Dr. Kemfert et al. (2021), Bayern klimaneutral und sozial – Maßnahmenvorschläge für eine soziale Klimatransformation in Bayern, Seite(n) 7, DIW Econ GmbH, https://bayernspd-landtag.de/workspace/media/static/diwecon_bayern-klimaneutral-un-60dd9ee4d040f.pdf

7: Trommsdorf et al. (Oktober 2020), Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende, Ein Leitfaden für Deutschland, Seite(n) 1-52, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf

8: Dipl.-Ing. Hoffmann et al. (29.01.2004), Flächennutzungsplan mit integriertem Landschaftsplan - Erläuterungsbericht, Seite(n) 1-145, Stadtplanungsamt der Stadt Neumarkt i.d.OPf., https://neumarkt.de/leben-wohnen/bauen-und-wohnen/grundlagen-staedtischer-planungen/flaechennutzungsplan/erlaeuterungsbericht/

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Masterplan 100 % Klimaschutz der Stadt Neumarkt i.d.OPf., 25. Juli 2013, Seite 57, Abb. 32, Entwicklung Sektor private Haushalte 1990 bis 2011; Prognose bis 2050; http://mycovenant.eumayors.eu/docs/document/34_1391164474.pdf. 7

Abbildung 2: Durch die doppelte Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche lässt sich Photovoltaik ressourcenschonend auch auf fruchtbaren Flächen ausbauen. Bild: Fraunhofer ISE, https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/agri-photovoltaik-agri-pv.html (08.04.2022)..... 9

Abbildung 3: Pilotprojekt Agri-Photovoltaik-Anlage in Heggelbach am Bodensee. Bild: Fraunhofer ISE, https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/agri-photovoltaik-agri-pv.html (08.04.2022).....9

Abbildung 4: Windkraft, Ausbaupotenzial und Schutzgebiete, Darstellung transparent, Energie-Atlas Bayern [3], https://www.energieatlas.bayern.de/karten (24.08.2021), Legende unter der Abbildung.....10

Verwendete Einheiten

Elektrische Leistung:

kW	Kilowatt, 10^3 Watt
MW	Megawatt, 10^6 Watt
TW	Terawatt, 10^{12} Watt

Elektrische Leistung, speziell Photovoltaikanlagen:

kWp	Kilowatt peak
kWp/ha	Kilowatt peak pro Hektar genutzte Grundfläche
MWp	Megawatt peak

Energiemenge:

MWh	Megawattstunden
MWh/kWp	Megawattstunden pro Kilowatt peak
TWh	Terawattstunden

Fläche:

ha	Hektar, 10.000 Quadratmeter