

Machbarkeitsstudie Sperenberg

Eine Studie angefertigt durch die DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Im Auftrag des Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg

Januar 2018

Autorinnen und Autoren:

Koordination &
Szenarientwickung



Gert Müller-Syring
Marek Poltrum
Stefan Schütz
Anja Wehling

Rechtliche
Rahmenbedingungen



Dr. Michael Rolshoven
Marion Westphal-Hansen

Technoökonomische
Modellierung



Oliver Arnhold
Fabian Grüger
Stephen Bosch
Marlon Fleck

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Karl-Heine-Straße 109/111

04229 Leipzig

Tel.: +49(0) 341 2457-129

Fax: +49(0) 341 2457-137

www.dbi-gruppe.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
0. Einleitung	1
1. Rechtliche Rahmenbedingungen	2
1.1 Aufgabenstellung.....	2
1.2 Zur Situation zur Raumordnung, Landesplanung, Regionalplanung, kommunalen Planung.....	3
1.2.1 Landesentwicklungs-Plan Berlin-Brandenburg (LEP B-B)	3
1.2.2 Regionalplan Havelland-Fläming	5
1.2.3 Bauleitplanung	8
1.3 Besonderheiten zur Liegenschaft (Natur- und Artenschutz, Denkmalschutz, Altlasten)	10
1.3.1 Naturschutzfachliche Belange	11
1.3.2 Sonstige Naturschutzbelange.....	17
1.3.3 Denkmalschutzrechtliche Aspekte	19
1.4 Zusammenfassende Bewertung der planungsrechtlichen und genehmigungsrechtlichen Ausgangslage sowie der Genehmigungs-hindernisse	20
1.4.1 Planungsrecht	21
1.4.2 Genehmigungsrecht	21
1.5 Insbesondere: Möglichkeiten zur Änderung der rechtlichen Grundlagen zur Herstellung der Genehmigungsfähigkeit.....	22
1.5.1 Landesentwicklungs-Plan Berlin-Brandenburg (LEP B-B)	22
1.5.2 Regionalplan Havelland-Fläming 2000	23
1.6 Schlussfolgerungen für abschließende Empfehlungen des Gutachtens sowie für die Bewertung der Szenarien in Arbeitspaket 2.....	26
1.7 Zur Projektträgerschaft.....	28
2. Liegenschaftsfragen	29
2.1 Zur Aufgabenstellung	29
2.2 Standortanalyse mit räumlicher Einordnung der ehemaligen Heeresversuchsanstalt	29
2.2.1 Historie und Zustand der Liegenschaft	30
2.2.2 Eigentumsverhältnisse	31
2.2.3 Flächenanalyse im Hinblick auf eine Elektrolyse-Anlage, etwaige Solaranlagen und etwaige Windenergieanlagenstandorte	31
2.3 Schlussfolgerungen: Potentielle Standorte für die einzelnen Komponenten	40
2.3.1 Speicherkomponenten Elektrolyse-Anlage oder Batterie	42
2.3.2 Standorte für Photovoltaik-Anlagen	42

2.3.3	Windkraftnutzung	45
2.4	Zusammenfassung	46
3.	Technische Umsetzbarkeit	48
3.1	Energetische Ist-Situation	48
3.1.1	Gasturbinenkraftwerk Thyrow	48
3.1.2	Gastransportleitung	53
3.1.3	Umspannwerk Thyrow	53
3.1.4	Bahnstrom-Umrichterwerk	53
3.1.5	Peripherie	54
3.2	Zielvorstellungen Speicherkombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk	58
3.3	Szenarientwickung Speicherkombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk	59
3.3.1	Szenario „Gasnetz-Einspeisung“	61
3.3.2	Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“	63
3.3.3	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“	66
3.3.4	Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“	69
4.	Technoökonomische Analyse und Zeitschiene	73
4.1	Technoökonomische Modellierung	73
4.1.1	Allgemeine Annahmen	74
4.1.2	Szenario „Gasnetz-Einspeisung“	74
4.1.3	Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“	78
4.1.4	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“	81
4.1.5	Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“	86
4.1.6	Abschätzung Wirtschaftlichkeit / Förderbedarf	91
4.2	Zeitschiene	92
4.2.1	Annahmen	92
4.2.2	Darstellung Zeitschiene	94
4.2.3	Fazit Zeitschiene	96
4.3	Exkurs: Konzept „Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg“ (MEKS)	96
4.3.1	Konsortium MEKS / Projektpartner MEKS	97
4.3.2	Kraftwerkskonzept MEKS	97
5.	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	100
5.1	Ergebnismatrix	100
5.1.1	Beschreibung	101
5.1.2	Interpretation	102
5.1.3	Fazit und Ausblick	103
5.1.4	Alternativen zu EE-Anlagen durch zwischenzeitliche Überbrückung und sukzessive Umsetzbarkeit	104
5.2	Handlungsempfehlungen	108
5.2.1	Proaktive Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen	108

5.2.2 Prozess der Konsortiumsbildung	109
5.2.3 Konzipierung von Projektförderung	110
6. Literaturverzeichnis	112
Anlagenverzeichnis	115

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Liegenschaftsabgrenzung (blau), Gemarkung (grau), Denkmalschutz (braun)	32
Abbildung 2:	Liegenschaftsabgrenzung (blau), Gemarkung (grau/schwarz), Freiraumverbund (dunkleres Grün).....	34
Abbildung 3:	Windeignungsgebiet (grün)	35
Abbildung 4:	Liegenschaftsabgrenzung (blau), Denkmalschutz (braun), FFH- Gebiet und NSG (schraffiert)	36
Abbildung 5:	Liegenschaftsabgrenzung (blau), LSG (schraffiert).....	37
Abbildung 6:	Liegenschaftsgrenze (schwarz), Denkmalschutz (rot)	38
Abbildung 7:	Ausschnitt LRP	39
Abbildung 8:	Ausschnitt LRP	39
Abbildung 9:	Liegenschaft (blau), Denkmalschutz (braun), FFH-Schutzgebiet und NSG (schraffiert), SO PV (gelb), Biotopschutz (dunkelgrün).....	41
Abbildung 10:	Liegenschaft (blau), FFH-Schutzgebiet und NSG (schraffiert), SO PV (gelb), räumlicher Geltungsbereich der Bebauungspläne (gelb/blau)	44
Abbildung 11:	Liegenschaft (blau), FFH-Schutzgebiet (schraffiert), SO PV (gelb), räumlicher Geltungsbereich der Bebauungspläne (gelb/blau).....	46
Abbildung 12:	Ist-Situation energietechnischer Infrastruktur Thyrow – Anlagenschema.....	48
Abbildung 13:	Schematische Darstellung Untergrundgasspeicher	51
Abbildung 14:	Notwendigkeit des Ausgleichs von Verbrauch und Erzeugung im Stromversorgungssystem	63
Abbildung 15:	Regelleistungsarten.....	63
Abbildung 16:	Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ - Topologie	74
Abbildung 17:	Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ - Pareto-Front der Auslegungen im Zielraum	75
Abbildung 18:	Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ – Jahresverlauf der Elektrolyseurleistung und Jahresdauerlinie des Elektrolyseurs.....	76
Abbildung 19:	Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ – Jahresverlauf des H ₂ -Röhrenspeicherstandes in t und Jahresdauerlinie des Röhrenspeichers	77
Abbildung 20:	Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ – Energieflüsse, prozentual aufgeteilt und Aufteilung der Annuitäten	77
Abbildung 21:	Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ - Topologie.....	78
Abbildung 22:	Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ –Pareto-optimale Auslegungen im Zielraum und Haupteigenschaften der Pareto- optimalen Auslegungen	79
Abbildung 23:	Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ – Jahresdauerlinie für den Elektrolyseur und Jahresdauerlinie für die Gasturbine.....	79

Abbildung 24:	Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ – Jahresdauerlinie des Röhrenspeichers und Jahresverlauf des Röhrenspeicherstandes .	80
Abbildung 25:	Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ - Energieflüsse, prozentual aufgeteilt. und Aufteilung der Annuitäten.....	80
Abbildung 26:	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Topologie	81
Abbildung 27:	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ – Pareto-optimale Auslegungen im Zielraum	83
Abbildung 28:	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ –Jahresverlauf des Batteriespeicherstandes und Jahresdauerlinie des Batteriespeichers.....	84
Abbildung 29:	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ –Jahresverlauf des Röhrenspeicherstandes in t H2 und Jahresdauerlinie des Röhrenspeichers	84
Abbildung 30:	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Jahresverlauf der Elektrolyseurleistung und Jahresdauerlinie des Elektrolyseurs.....	84
Abbildung 31:	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Jahresverlauf der Gasturbinenleistung und Jahresdauerlinie der Gasturbine	85
Abbildung 32:	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Energieflüsse, prozentual aufgeteilt.....	85
Abbildung 33:	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Aufteilung der Annuitäten...	85
Abbildung 34:	Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Topologie	87
Abbildung 35:	Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Aufteilung der Stromerzeugung und des Strombedarfs auf die Komponenten.....	88
Abbildung 36:	Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Jahresdauerlinie der Elektrolyseleistung und der Gasturbinenleistung	89
Abbildung 37:	Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Aufteilung der Komponentenkosten und Erträge auf den Strombedarf: Stromgestehungskosten (LCOE).....	89
Abbildung 38:	Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Jahresdauerlinie der Batterieleistung sowie Batteriefüllstand über das Jahr.....	90
Abbildung 39:	Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Jahresdauerlinie des Wasserstoffspeicher-Massenstroms sowie der Wasserstoffspeicher-Füllstand über das Jahr	90
Abbildung 40:	Szenarien mit EE-Anlagen - Produkt-Roadmap.....	95
Abbildung 41:	Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ - Produkt-Roadmap..	95
Abbildung 42:	Anlagenschema „Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg“	98
Abbildung 43:	Ergebnismatrix Szenarien	100
Abbildung 44:	Ausschnitt aus dem Regionalplan Havelland-Fläming	105
Abbildung 45:	Ausschnitt aus dem Energie- und Klimaschutzatlas Brandenburg (EKS)	106

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kenndaten Gasturbinenkraftwerk Thyrow.....	49
Tabelle 2:	Kenndaten Erdgas-Röhrenspeicher Thyrow.....	52
Tabelle 3:	Biomethan-Einspeiseanlage nahe Thyrow	57
Tabelle 4:	Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ - Szenario-Steckbrief	62
Tabelle 5:	Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ - Szenario-Steckbrief	65
Tabelle 6:	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Szenario-Steckbrief	67
Tabelle 7:	Kurzfassung Chronologie „Energieautarkes Dorf Feldheim“	69
Tabelle 8:	Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Szenario-Steckbrief.....	71
Tabelle 9:	Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ – Haupteigenschaften der Pareto- optimalen Auslegungen.....	76
Tabelle 10:	Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ – Haupteigenschaften der Pareto- optimalen Auslegungen.....	83
Tabelle 11:	Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Optimierte Komponentenauslegung	88
Tabelle 12:	Abschätzung Förderbedarf	91
Tabelle 13:	Projektpartner MEKS.....	97
Tabelle 14:	Technische Daten „Multi-Energien-Kraftwerk Sperenberg“	98

Abkürzungsverzeichnis

AP:	Arbeitspaket (gemäß Ausschreibung)
BAT:	Batterie
BauGB:	Baugesetzbuch
BbgBO:	Landesbauordnung Brandenburg
BlmA:	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben
BlmSchG:	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BlmSchV:	Bundes-Immissionsschutzverordnungen
BNatSchG:	Brandenburgisches Naturschutzausführungsgesetz
BNetzA:	Bundesnetzagentur
B-Plan:	Bebauungsplan
EE:	Erneuerbare Energie(n)
EEG:	Erneuerbare-Energien-Gesetz
ELY:	Elektrolyse
EnWG:	Energiewirtschaftsgesetz
fEE	fluktuierende Erneuerbare Energie(n)
FFH-Gebiet:	Fauna-Flora-Habitat-Gebiet
FGL:	Ferngasleitung
FNP:	Flächennutzungsplan
GE:	General Electric
GT:	Gasturbine
GTKW:	Gasturbinenkraftwerk
GuD:	Gas- und Dampfkraftwerk
KAG:	Kommunale Arbeitsgemeinschaft
LEAG:	Lausitzer Energie Kraftwerke AG
LEP B-B:	Landesentwicklungsplan Berlin-Brandenburg
LEP:	Landesentwicklungsplan
LSG:	Landschaftsschutzgebiet
MdF	Ministerium der Finanzen des Landes Brandenburg
MEKS:	Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg
MRL:	Minutenreserveleistung
MWE	Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg
MWp:	Megawatt peak
PtG:	Power-to-Gas
PtGtP:	Power-to-Gas-to-Power
PV:	Photovoltaik

REP:	Regionalplan
ROG:	Raumordnungsgesetz
SRL:	Sekundärregelleistung
TAK:	Tierökologischen Abstandskriterien
UGS:	Untergrundgasspeicher
ÜNB:	Übertragungsnetzbetreiber
WEA:	Windenergieanlage
WFBB:	Wirtschaftsförderung Brandenburg

0. Einleitung

Das Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg untersucht die Machbarkeit der Errichtung und des ganzjährigen Betriebes eines **speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks** am Standort Sperenberg - nachfolgend speicher kombiniertes EE-Kraftwerk genannt - als ein Leitprojekt im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG).

Die Regierung des Landes Brandenburg hat es sich im Koalitionsvertrag zur Aufgabe gemacht, energiepolitisch ein besonderes Augenmerk auf das Zukunftsthema Systemintegration der Erneuerbaren Energien zu legen. Hierzu sollen Modellvorhaben zu Speichertechnologien sowie kommunalen und regionalen Energiekonzepten initiiert und gefördert werden.

Damit möchte das Land Brandenburg der besonderen energiewirtschaftlichen Situation begegnen, die sich durch die regional starke Konzentration an EE-Anlagen und deren volatile EE-Strom-Erzeugung charakteristisch insbesondere auf Strom-Verteilnetz-Ebene ergeben.

Am Standort Sperenberg wird daher die Umsetzung eines speicher kombinierten EE-Kraftwerks angestrebt. Dort bietet sich durch das Zusammenwirken der folgenden beiden infrastrukturellen Besonderheiten ein deutschlandweit einzigartiges Potential für ein solches Leitprojekt:

- Die derzeit ungenutzte Fläche der ehemaligen Heeresversuchsanstalt Kummersdorf befindet sich in öffentlichem Besitz und Eigentum. Dies ermöglicht im Hinblick auf die Ausgestaltung eines speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk einen besonderen Gestaltungsspielraum durch die öffentlichen Eigentümer bei entsprechendem politischen Willen gegenüber herkömmlichen EEG-Ausschreibungsverfahren. Im herkömmlichen EEG-Ausschreibungsverfahren fehlt es bislang an Möglichkeiten innovative Anlagen, wie Energiespeicher, in die Ausschreibung zu integrieren. Wirtschaftliche Anreize für Konzepte – ähnlich wie hier untersucht – für speicher kombinierte EE-Kraftwerke fehlen aktuell in Deutschland. Der Eigentümer – hier die öffentliche Hand – kann hingegen über die vertragliche Gestaltung oder auch eine entsprechende Vergabe der Grundstücke den Bau von Wind- und PV-Anlagen an entsprechende Bedingungen knüpfen und so innovative Konzepte verankern.
- Die benachbarte energietechnische Infrastruktur am Standort Thyrow mit Gasturbinenkraftwerk Thyrow einschließlich Erdgas-Röhrenspeicher, den Anschlüssen an Gastransport- als auch Stromübertragungs- und -verteilnetz sowie an die Bahnstromversorgung stellt eine außergewöhnliche energiewirtschaftliche Schnittstelle dar.

Schwerpunkt der Machbarkeitsstudie ist daher, dieses bundesweit beispiellose Potential für ein speicher kombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk sichtbar zu machen.

Hierzu wird eine Analyse der Ausgangssituation unter besonderer Berücksichtigung des Gasturbinenkraftwerks samt vorhandenem Gasspeichers, die Betrachtung der rechtlichen Situation einschließlich der Erarbeitung von Anpassungsoptionen sowie die Entwicklung, Bewertung, wirtschaftliche Analyse und Priorisierung von technischen Szenarien vorgenommen. Weitere Ergebnisse sollen die Abschätzung des Bedarfs von öffentlicher Förderung für die betrachteten technischen Szenarien als auch Lösungsansätze zur Verfügbarmachung der Liegenschaften sein.

1. Rechtliche Rahmenbedingungen

1.1 Aufgabenstellung

In den Ausschreibungsunterlagen ist das Arbeitspaket 1 wie folgt umschrieben:

„Arbeitspaket 1: rechtliche Rahmenbedingungen

Analyse der gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen und Aufzeigen von möglichen / realistischen Verfahren zur Änderung dieser Bedingungen. An dieser Stelle ist auch die Frage der Projektträgerschaft zu beantworten.“

Die Aufgabenstellung in den Ausschreibungsunterlagen wurde für das Arbeitspaket 1 wie folgt konkretisiert:

„Arbeitspaket 1: rechtliche Rahmenbedingungen:

Analyse der gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen und Aufzeigen von möglichen / realistischen Verfahren zur Änderung dieser Bedingungen.“

Inhalt und Umfang Arbeitspaket 1:

„Mit dem Arbeitspaket 1 werden die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen für ein speicherkombiniertes Erneuerbare-Energien-Konzept betrachtet. Ein solches Konzept wird die unterschiedlichen Arten von EE-Erzeugungsanlagen berücksichtigen, welche jeweils unterschiedliche rechtliche Rahmen benötigen. Erfahrungen und Strategien der wichtigsten Akteurinnen und Akteure (einschließlich der beteiligten Ressorts der Landesregierung) werden in die Überarbeitung bzw. Erarbeitung der strategischen Maßnahmen einbezogen.

Im Ergebnis sollen die Errichtung und der Betrieb eines speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks unter der Fragestellung der Voraussetzungen seiner Genehmigungsfähigkeit am Standort der ehemaligen Heeresversuchsanstalt Gut Kummersdorf und seiner Umgebung beurteilt werden.

Diese konkreten Arbeitsschritte werden dabei in einem Rechtsgutachten abgearbeitet:

- 1.1 Erfassung der genehmigungsrechtlichen Situation zur Raumordnung, Landesplanung, Regionalplanung, kommunale Planung für ein Erneuerbare-Energien-Kraftwerk bzw. seiner Bestandteile;
- 1.2 Ermittlung planungs- und genehmigungsrechtlicher Besonderheiten zur Liegenschaft (Artenschutz, Denkmalschutz, Altlasten ...) unter dem Aspekt der Schaffung genehmigungsrechtlicher Voraussetzungen;
- 1.3 Zusammenfassende Bewertung der planungsrechtlichen und genehmigungsrechtlichen Ausgangslage sowie der Genehmigungshindernisse;
- 1.4 Prüfung und Bewertung der unterschiedlichen Möglichkeiten zur Änderung der rechtlichen Grundlagen zur Herstellung der Genehmigungsfähigkeit eines speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks am Standort;
- 1.5 Bewertung der unterschiedlichen Möglichkeiten der Projektträgerschaft sowie der eigentumsrechtlichen Voraussetzungen für die Projektrealisierung unter Würdigung der Rolle der Kommunen (KAG), des Landes (Eigentümer der Liegenschaft) und privater Investoren.
- 1.6 Schlussfolgerungen für abschließende Empfehlungen des Gutachtens“

1.2 Zur Situation zur Raumordnung, Landesplanung, Regionalplanung, kommunalen Planung

Einleitend kann man feststellen, dass einem speicherkombinierten EE-Kraftwerk Sperenberg derzeit noch fachlich und rechtlich „zahlreiche Hürden“ entgegenstehen.

so auch die Formulierung aus dem Schreiben der Landrätin Wehlan vom 03.06.2016 an die Kommunale Arbeitsgemeinschaft

Diese erscheinen aber teils kurzfristig, jedenfalls aber mittelfristig überwindbar.

Um die Frage der Umsetzbarkeit eines speicherkombinierten EE-Kraftwerks Sperenberg zu prüfen, sind die aktuellen planungsrechtlichen Vorgaben zu untersuchen. Dabei werden nachstehend WEAs, Freiflächen-PV-Anlagen und sonstige Kraftwerksteile (namentlich zur Wasserstofferzeugung; Elektrolyse) zu unterscheiden sein, da sie je unterschiedlichen planungsrechtlichen (und genehmigungsrechtlichen) Vorgaben unterliegen.

Aus planungsrechtlicher Sicht ist dabei möglich, auf einzelne der genannten Komponenten (WEAs, PV-Anlagen) zu verzichten. Ob dies technisch und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll ist, wird in den Kapiteln 1, 4 und 5 thematisiert.

In diesem Kapitel 1.2 gehen wir auf die verschiedenen Planungsebenen, konkret die Landesplanung (unter 1.2.1), die Regionalplanung (unter 1.2.2) und die kommunale Planungsebene (unter 1.2.3) ein:

1.2.1 Landesentwicklungs-Plan Berlin-Brandenburg (LEP B-B)

Das in Rede stehende Vorhabengebiet (ehemalige militärische Versuchsanstalt einschließlich des ehemaligen Flughafengeländes) liegt vollständig im räumlichen Geltungsbereich des Landesentwicklungsplans Berlin-Brandenburg. Maßgeblich ist hier die Rechtsverordnung der Landesregierung über den Landesentwicklungsplan Berlin-Brandenburg (LEP B-B) vom 27. Mai 2015. Der LEP B-B steht dem EE-Kraftwerk aktuell zumindest teilweise entgegen.

1.2.1.1 Zur Rechtswirksamkeit; Rechtsprechung

Der LEP B-B beruht auf einer bereits am 31. März 2009 von der Regierung des Landes Brandenburg in Kraft gesetzten Verordnung über den Landesentwicklungsplan. Allerdings erklärte das Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg mit Urteil vom 16. Juni 2014 den LEP B-B zunächst für insgesamt unwirksam. Zur Begründung verwies der zuständige Senat vor allem auf einen Verstoß gegen das Zitiergebot gemäß § 80 Absatz 3 der Verfassung des Landes Brandenburg.

näher: Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg, Urteil vom 16.06.2014 - OVG 10 SA 8.10

Durch *rückwirkende* erneute Inkraftsetzung ist dieser Fehler jedoch, jedenfalls nach Einschätzung der zuständigen Gemeinsamen Landesplanung wie auch des Oberverwaltungsgerichts Berlin-Brandenburg in einem einstweiligen Rechtsschutzverfahren,

Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg, Beschluss vom 06.05.2016 - 10 SEITE 16.15;
anders noch z. B. Verwaltungsgericht Cottbus, Urteil vom 05.03.2015 - 4 K 374-13

voraussichtlich geheilt. Der LEP B-B ist danach heute (wieder) rechtswirksam.

Auch wenn bisher lediglich die besagte Entscheidung im Eilverfahren die Rechtswirksamkeit des LEP B-B bestätigte, geht die vorliegende Untersuchung von der Rechtswirksamkeit des LEP B-B aus.

1.2.1.2 Entgegenstehende Darstellungen

Zu untersuchen ist, ob der LEP B-B seinerseits Darstellungen enthält, die dem geplanten speicherkombinierten EE-Kraftwerk Sperenberg entgegenstehen können.

Letzteres ist hier teilweise der Fall. Die Vorhabenfläche liegt nämlich teils innerhalb eines Freiraumverbundes gemäß Zielfestlegung 5.2 (Z) des LEP B-B. Der insoweit landesplanerisch festgelegte so genannte Freiraumverbund umfasst hochwertige Freiräume mit besonders bedeutenden Funktionen, die gesichert und in ihrer Funktionsfähigkeit entwickelt werden sollen. Es handelt sich um den Bereich des ehemaligen Militärflughafens bzw. die ihn umgebenden Flächen, nämlich vor allem FFH-Gebiete, Naturschutzgebiete und geschützte Biotoptypen mit hoher Wertigkeit.

siehe LEP B-B, abrufbar unter: <http://gl.berlin-brandenburg.de/landesplanung/landesentwicklungsplan-berlin-brandenburg-398167.php>; siehe auch Anlage zum Schreiben der Stellungnahme des Landkreises Fläming vom 03.06.2016

Nach Grundsatz 4.4 (G) Absatz 2 LEP B-B sollen insbesondere großflächige PV-Anlagen vorrangig auf geeigneten Konversionsflächen errichtet werden. Gemäß Grundsatz G 4.4 (G) Absatz 3 sollen dabei aber Konversionsflächen mit hochwertigen Freiraumpotentialen, die außerhalb innerörtlicher Siedlungsflächen liegen, einer Freiraumnutzung zugefügt werden. Vorliegend soll von hochwertigen Freiraumpotentialen auszugehen sein.

Stellungnahme Landkreis Teltow-Fläming vom 03.06.2016, dort Seite 3

Erwähnt sei schon hier: Anders als ein Ziel der Raumordnung (Z), kann sich zum Beispiel eine Kommune auf Ebene der Bauleitplanung (etwa bei Aufstellung eines B-Plans für Freiflächen-PV-Anlagen) bei ordnungsgemäßer Abwägung über einen Grundsatz der Raumordnung unter Umständen hinwegsetzen.

siehe Begriffsbestimmung § 3 Absatz 1 Nr. 2 und Nr. 3 Raumordnungsgesetz (ROG), wonach Ziele „verbindlich“ sind, Grundsätze hingegen der nachfolgenden Abwägungs- und Ermessenentscheidung unterliegen

Im **Ergebnis** ist danach festzustellen, dass Darstellungen des LEP B-B, vor allem das Freiraumverbundkriterium, derzeit einem speicherkombinierten EE-Kraftwerk entgegenstehen. Dies betrifft allerdings nur rund 1/3 der Fläche der Liegenschaft Sperenberg (näher unter 2).

vgl. Stellungnahme des Landkreises Teltow-Fläming vom 03.06.2016, dort Seite 3

Planungsrechtlich sei noch die Frage angesprochen, ob allein das Kriterium eines Freiraumverbundes als Ziel der Raumordnung nach dem LEP B-B einer Genehmigung des geplanten speicherkombinierten EE-Kraftwerkes, insbesondere auch der Errichtung von WEAs entgegenstehen würde. Diese Frage wird hier nur knapp umrissen, da das Freiraumverbund-Kriterium auch seitens der Regionalplanung aufgenommen und auch auf jener Ebene festgesetzt

wurde. Es ist also nach derzeitigem Planungsstand ohne Relevanz, ob eine Darstellung *allein* im LEP B-B bestünde. Dazu dennoch Folgendes:

Gäbe es keine regionalplanerische Ausschlussplanung (dazu aber unter 1.2.2), dürften Windenergieanlagen-Genehmigungen nicht allein wegen der Lage im Freiraumverbund nach dem LEP B-B versagt werden. Hier würde sich zumindest in Teilen die Privilegierung nach § 35 Absatz 1 Nr. 5 BauGB durchsetzen können. So wurden vor In-Kraft-Treten des Regionalplans Havelland-Fläming jedenfalls gelegentlich WEAs auch im Bereich des Freiraumverbundes von den Immissionsschutzbehörden zugelassen.

vgl. zur besonderen Durchsetzungskraft von privilegierten Vorhaben Oberverwaltungsgericht Weimar, Urteil vom 29.05.2007 - 1 KO 1054/03 mit weiteren Nachweisen

Soweit einzelne Bestandteile des speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks nicht im Außenbereich privilegiert zulässig sind, also insbesondere PV-Anlagen, Anlagen zur Wasserstofferzeugung etc. (näher unten 1.2.2), dürfte jedoch schon die Darstellung des Freiraumverbundes einer Genehmigung solcher Anlagenteile (hier nur für 1/3 der Fläche einschlägig, vgl. oben) entgegenstehen. Denn anders als bei im Außenbereich privilegierten Vorhaben genügt hier die *bloße Beeinträchtigung* von Belangen, um einer Versagung einer planungsrechtlichen Zulässigkeit zu begründen (§ 35 Absatz 2 BauGB). Bei privilegierten Vorhaben wie Windenergieanlagen bedarf es hingegen zusätzlich eines *Entgegenstehens* von öffentlichen Belangen.

Oberverwaltungsgericht Weimar, am angegebenen Ort

1.2.2 Regionalplan Havelland-Fläming

Aktuell stehen insbesondere Darstellungen des Regionalplans Havelland-Fläming 2020 jedenfalls der Errichtung und dem Betrieb von Windenergieanlagen entgegen.

1.2.2.1 Zur Rechtswirksamkeit; Rechtsprechung

Die in Rede stehende Fläche liegt *insgesamt* im räumlichen Geltungsbereich des Regionalplans Havelland-Fläming 2020. Der von der Gemeinsamen Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg mit Bescheid vom 18. Juni 2015 genehmigte Regionalplan Havelland-Fläming 2020 wurde im Amtsblatt für Brandenburg Nummer 43 vom 30. Oktober 2015 bekannt gemacht und trat mit seiner Bekanntmachung in Kraft.

<http://www.havelland-flaeming.de/regionalplan.html>

Es handelt sich hierbei um den ersten Regionalplan für die Region Havelland-Fläming, der Darstellungen für Erneuerbare Energien und insbesondere eine sog. Ausschlussplanung nach § 35 Absatz 3 Satz 3 BauGB für WEAs enthält. Nach der vorgenannten Norm stehen öffentliche Belange einem Vorhaben nach Absatz 1 Nr. 2 bis 6 in der Regel auch dann entgegen, soweit hierfür durch Darstellungen im Flächennutzungsplan oder als Ziele der Raumordnung eine Ausweisung an anderer Stelle erfolgt ist. Umfasst sind hiervon insbesondere auch WEAs (privilegiert nach § 35 Absatz 1 Nr. 5 BauGB). Solche Ausweisungen an anderer Stelle sieht hier der Regionalplan Havelland-Fläming für WEAs vor.

Ein früherer Regionalplan für die Region Havelland-Fläming, der bereits auf Grundlage von § 35 Absatz 3 Satz 3 BauGB Eignungsgebiete für WEAs einerseits und Ausschlussgebiete für Windkraftnutzung andererseits darstellte, ist vom Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg für unwirksam erklärt worden.

Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg, Urteil vom 14.09.2010 - 2 A 1.10 und andere (rechtskräftig); dort zum Regionalplan Havelland-Fläming - Sachlicher Teilplan „Windenergienutzung“ vom 09.09.2004; Amtsblatt für Brandenburg 2008, Seite 1127 ff.

Auch gegen den aktuellen Regionalplan Havelland-Fläming 2020, der wegen der Unwirksamkeit vormaliger Regionalpläne der Region Lausitz-Spreewald (vgl. oben) keine Fortschreibung von *bestehenden* Wind-Eignungsgebieten, sondern die *erstmalige* Darstellung von Eignungsgebieten enthält, sind nach Auskunft der Regionalen Planungsgemeinschaft Normenkontrollverfahren anhängig. Eine Entscheidung des Oberverwaltungsgerichts Berlin-Brandenburg liegt indes bis heute nicht vor; sie könnte in wenigen Wochen oder Monaten erfolgen. Wäre auch der Regionalplan Havelland-Fläming 2020 unwirksam,

seit der Grundsatzentscheidung des Bundesverwaltungsgerichts vom 13.12.2012 - 4 CN 1.11 hat kaum ein Regionalplan einer gerichtlichen Überprüfung standgehalten, vgl. aktuell etwa Oberverwaltungsgericht Lüneburg, Urteil vom 13.07.2017, 12 KN 206/15 (Stade)

stünde keine Ausschlussplanung nach § 35 Absatz 3 Satz 3 BauGB der Windkraftnutzung - auch im Bereich der Liegenschaft Sperenberg - entgegen. Hier bleibt die weitere Entwicklung abzuwarten, wobei ein etwaig fehlerhafter Regionalplan Havelland-Fläming unter Umständen auch wiederum heilbar sein kann (vgl. § 12 Absatz 5 ROG).

Erwähnt sei noch, bezogen auf die Frage der Erfolgsaussichten der anhängigen Normenkontrollen gegen den Regionalplan Havelland-Fläming 2020, dass in einem erstinstanzlichen (nicht rechtskräftigen) Urteil das Verwaltungsgericht Cottbus den aktuellen Regionalplan Havelland-Fläming 2020 bereits für unheilbar rechtsfehlerhaft erachtete, und zwar im Rahmen einer so genannten Inzidentprüfung des Regionalplanentwurfs, dort als Grundlage einer Untersagung nach § 14 Raumordnungsgesetz. Zur Begründung verwies das Verwaltungsgericht Cottbus vor allem auf den im Jahr 2014 zunächst für unwirksam erklärten Landesentwicklungsplan Berlin-Brandenburg (Verstoß gegen das Zitiergebot; vgl. schon oben unter 1.2.1). Die zuständige Kammer unter Vorsitz des damaligen Gerichtspräsidenten Knuth war der Ansicht, dieser Fehler sei nicht heilbar. Zugleich fuße der Regionalplan auf dem LEP B-B und sei deshalb ebenfalls unheilbar rechtsfehlerhaft.

ausführlich: Verwaltungsgericht Cottbus, Urteil vom 05.03.2015 - 4 K 374/13

Der Argumentation des Verwaltungsgerichts Cottbus gegen den Regionalplan Havelland-Fläming (Entwurf) ist sodann aber, wie oben schon erwähnt (1.2.1), das Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg jedenfalls in einer ersten Entscheidung im Eilverfahren nach § 47 Absatz 6 Verwaltungsgerichtsordnung (VwGO) *nicht* gefolgt.

Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg, Beschluss vom 06.05.2016 - 10 SEITE 16.15

Für das speicherkombinierte Erneuerbare-Energien-Kraftwerk Sperenberg bleibt hiernach zu beobachten, wie das Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg im Rahmen der laufenden Normenkontrollverfahren gegen den LEP B-B *und* gegen den Regionalplan Havelland-Fläming 2020 entscheidet. Sollte der Regionalplan Havelland-Fläming 2020 für unwirksam erklärt werden - eine

Entscheidung könnte ähnlich wie zum Regionalplan Havelland-Fläming 2020 in den kommenden Monaten ergehen -, entfielen jedenfalls auch die hier entgegenstehende Ausschlussplanung; auch hier gibt es aber unter Umständen Heilungsmöglichkeiten (§ 12 Absatz 5 ROG, vgl. oben).

Entsprechend auch der sonstigen Behördenpraxis in Brandenburg wird nachfolgend, wie bezogen auf den LEP B-B, von der Rechtswirksamkeit des Regionalplans Havelland-Fläming 2020 ausgegangen und dies unterstellt.

vgl. aber zu den strengen Vorgaben an einer solchen so genannten Ausschlussplanung: Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 13.12.2013 - 4 CN 1.11 (Flächennutzungsplan Wustermark); Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 11.04.2013 - 4 CN 2.12 (Regionalplan Westsachsen): danach hat jede Ausschlussplanung im Sinne von § 35 Absatz 3 Satz 3 zunächst harte und weiche Tabukriterien zu unterscheiden; dieselben müssen im gesamten räumlichen Geltungsbereich des Plans sodann einheitlich angewandt und dokumentiert werden. Hinsichtlich der verbleibenden so genannten Potentialflächen ist zu prüfen, ob diese der Windkraftnutzung in substantieller Weise Raum verschaffen

1.2.2.2 Entgegenstehende Darstellungen

Gemäß den Vorgaben des Regionalplans Havelland-Fläming 2020 steht dem EE-Kraftwerk insbesondere die Zielfestsetzung 3.2.1 (Z) entgegen. Hiernach ist - auf Grundlage des § 35 Absatz 3 Satz 3 BauGB (vgl. oben) - außerhalb von dargestellten Eignungsgebieten nämlich die Errichtung und der Betrieb von WEAs unzulässig.

Dies betrifft ausdrücklich gemäß § 35 Absatz 1 Nr. 5 BauGB auch Vorhaben *zur Erforschung und Entwicklung* der Windenergie. Selbst wenn das hier in Rede stehende Kraftwerk also insgesamt als ein Forschungsprojekt im Sinne des § 35 Absatz 1 Nr. 5 BauGB zu klassifizieren sein sollte, wäre das Vorhaben dennoch regionalplanerisch grundsätzlich unzulässig. Die Frage der Voraussetzung für Forschungsvorhaben im Sinne der genannten Norm bedarf hier deshalb keiner Vertiefung.

Nach dem Plankonzept des Regionalplans Havelland-Fläming 2020 liegt das hier betrachtete Vorhabensgebiet in einem Bereich, der von der Windenergienutzung freizuhalten ist. Der Bereich wird im Regionalplan teilweise als Fläche zur Freiraumsicherung (vgl. oben unter 1.2.1) dargestellt, dabei teils mit dem Ziel „Vorranggebiet Freiraum“, teils mit dem Grundsatz „Empfindliche Teilräume der regionalen Landschaftseinheiten“.

vgl. auch Stellungnahme des Landkreises Teltow-Fläming vom 03.06.2016, Anlage, dort Seite 3

Im **Ergebnis** ist danach festzustellen, dass der Regionalplan Havelland-Fläming 2020 der Errichtung und dem Betrieb jedenfalls von WEAs im Vorhabensgebiet Sperenberg im Grundsatz entgegensteht. Wenn und soweit nicht-raumbedeutsame Bauvorhaben errichtet werden sollen (PV-Anlagen, Anlagen zur Wasserstoffherzeugung), so greift die Ausschlussplanung nach § 35 Abs. 3 S. 3 BauGB nicht ein und es ist grundsätzlich von einer Vereinbarkeit des Vorhabens mit der regionalplanerischen Eignungsgebieten-Darstellung auszugehen; letztere sind nicht raumbedeutsame Vorhaben.

vgl. zum Begriff der Raumbedeutsamkeit namentlich von WEAs und deren Voraussetzungen, die auf PV-Anlagen grundsätzlich nicht übertragbar sind, Oberverwaltungsgericht Lüneburg, Urteil vom 24.01.2008 - 12 LB 44/07 mit Nachweisen

Etwas anderes würde nur dann gelten, sollte der Regionalplan Havelland-Fläming durch das Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg in den oben erwähnten Normenkontrollverfahren für rechtsunwirksam erklärt werden.

In diesem Fall wäre aber zu prüfen, ob sich der Regionalplan als unheilbar unwirksam erweist oder unter Umständen absehbar erneut mit entgegenstehenden Darstellungen in Kraft treten könnte.

vgl. zur unter Umständen auch rückwirkenden Heilung die Ausführungen zum LEP B-B, oben unter 1.2.1.1), ferner § 12 Absatz 6 Raumordnungsgesetz (ROG)

Zur Frage, ob eine Zielabweichung möglich ist, näher unter 1.5.1.2.

1.2.3 Bauleitplanung

1.2.3.1 Flächennutzungspläne der Standortgemeinden

Die Flächennutzungspläne der beiden Standortgemeinden Nuthe-Urstromtal und Am Mellensee enthalten, anders als der Regionalplan Havelland-Fläming (oben unter 1.2.2.2) keine unmittelbar bindenden Darstellungen, die konkret für oder gegen ein speicherkombiniertes EE-Kraftwerk sprechen, jedenfalls was die in Rede stehenden WEAs betrifft. Insbesondere enthalten die Flächennutzungspläne derzeit keine Ausschlussplanungen nach § 35 Absatz 3 Satz 3 BauGB:

1.2.3.1.1 *Gemeinde Am Mellensee*

Für die Gemeinde Am Mellensee besteht seit 2010 ein rechtswirksamer Flächennutzungsplan. Dort sind die Flächen des ehemaligen Flugfeldes als Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und Entwicklung von Natur und Landschaft

vgl. § 5 Absatz 2 Nr. 10 BauGB

dargestellt, hier speziell als Fläche für Maßnahmen zum Offenhalten von Trockenrasen und Heiden.

<http://www.gemeinde-am-mellensee.de/seite/98885/fl%C3%A4chennutzungsplan.html>

Gemäß dem zum Flächennutzungsplan (FNP) gehörenden Landschaftsplan sollen die Flächen eine Vorrangfunktion für naturschutzfachliche Planungsziele haben. Für eine etwaige Sonderbaufläche für Photovoltaik und/oder Windenergie müsste hiernach gemäß § 9 Absatz 4 BNatSchG zunächst der FNP fortgeschrieben werden.

vgl. Stellungnahme des Landkreis Teltow-Fläming vom 03.06.2016, dort Seite 4

Eine Neuaufstellung des Flächennutzungsplans aus dem Jahr 2012 ist nach Versagung der Genehmigung am 23. Juli 2014 durch den Landkreis Teltow-Fläming als höhere Verwaltungsbehörde nicht in Kraft getreten. Derzeit wird das Aufstellungsverfahren nicht fortgeführt.

1.2.3.1.2 *Gemeinde Nuthe-Urstromtal*

Die Gemeinde Nuthe-Urstromtal hat seit 1998 einen (teil-)genehmigten Flächennutzungsplan. Nach einer Fortschreibung aus Mai 2012

<https://nuthe-urstromtal.de/bauen-wirtschaft/bauen/flaechennutzungsplaene>

soll(t)en einige Flächen im Vorhabengebiet als Sondergebiet „Erneuerbare Energien“ dargestellt werden. Im Rahmen der Neuaufstellung erfolgten jedoch unter anderem naturschutzfachliche Einwände mit Hinweis auf geschützte Biotope. Eine abgeschlossene Fortschreibung des Landschaftsplans hierzu liegt bis heute nicht vor.

vgl. § 11 BNatSchG in Verbindung mit § 5 Brandenburgisches Naturschutzausführungsgesetz (BbgNatSchAG); § 9 Absatz 4, 5 BNatSchG in Verbindung mit § 5 BauGB

Soweit ersichtlich, wird die Flächennutzungsplanung derzeit, vor allem wegen der zwischenzeitlich in Kraft getretenen Regionalplanung (oben 1.2.2) nicht fortgeführt.

1.2.3.1.3 *Ergebnis*

Die Flächennutzungspläne der beiden betroffenen Standortkommunen stehen einerseits der Errichtung eines speicher kombinierten EE-Kraftwerks, jedenfalls was privilegiert im Außenbereich zulässige WEAs betrifft, nicht entgegen. Denn Flächennutzungspläne sind grundsätzlich nur vorbereitende Pläne (§ 1 Absatz 2 BauGB).

Andererseits unterstützen aber auch keine sogenannten Konzentrationszonen für die WEA-Nutzung im Sinne von § 35 Absatz 3 Satz 3 BauGB die Errichtung und den Betrieb von WEAs im Vorhabengebiet.

Soweit es um nicht-privilegierte Bestandteile des Vorhabens geht (Freiflächen-Photovoltaik, Anlagen zur Wasserstofferzeugung), steht hingegen die Flächennutzungsplanung wohl derzeit (teilweise) einem speicher kombinierten EE-Kraftwerk entgegen. Insbesondere muss jedenfalls der Flächennutzungsplan der Gemeinde Am Mellensee betreffend etwaige Sonderbauflächen für (nicht raumbedeutsame) PV-Anlagen fortgeschrieben werden. Denn insoweit genügt eine bloße Beeinträchtigung von öffentlichen Belangen, um eine Genehmigung zu versagen (§ 35 Absatz 2 BauGB). Auch der Landkreis Teltow verlangt insoweit eine Fortschreibung des Flächennutzungsplans der Gemeinde Am Mellensee.

Insbesondere aber steht seit In-Kraft-Treten des Regionalplans Havelland-Fläming 2020 das sogenannte Zielanpassungsgebot des § 1 Absatz 4 BauGB der teils in der Vergangenheit angestrebten Darstellung von Sonderbauflächen für Windkraftnutzung in ggf. fortzuschreibenden Flächennutzungsplänen jedenfalls derzeit einer Windenergienutzung entgegen. Nach dieser Regelung sind im Rahmen einer Fortschreibung der Flächennutzungspläne die Ziele der Raumordnung zu beachten.

1.2.3.2 Bebauungspläne

Bebauungspläne für das Vorhabengebiet bestehen nicht.

Soweit die Errichtung und der Betrieb von WEAs in Rede stehen, bedarf es gemäß § 35 Absatz 1 Nr. 5 BauGB grundsätzlich keines Bebauungsplans, da WEAs danach zu den im Außenbereich privilegierten Vorhaben gehören. Flankierende Bebauungspläne sind aber auch für Windkraftvorhaben möglich, die Standortkommune kann solche aufstellen, auch um z. B. auf die Standortwahl und -anzahl oder auch die sonstige Konfliktbewältigung (vgl. hier den Natur- und Artenschutz) Einfluss zu nehmen.

Ein Privilegierungstatbestand wie für die Windkraftnutzung ist aber weder für die geplanten Freiflächen-PV-Anlagen

z. B. Oberlandesgericht Dresden, Urteil vom 05.03.2015 -1 U 635 mit weiteren Nachweisen

noch für die geplante Wasserstoffherzeugung in § 35 Absatz 1 BauGB gesetzlich vorgesehen. Als mithin nichtprivilegierte bzw. sonstige Außenbereichsvorhaben sind letztere danach planungsrechtlich im Außenbereich regelmäßig unzulässig. Insoweit bedarf es im Grundsatz einer Aufstellung von Bebauungsplänen jedenfalls für diejenigen Teile des geplanten Kraftwerkes, die nicht der Nutzung der Windenergie dienen.

Bisher sind solche Aufstellungsverfahren seitens der beiden betroffenen Kommunen nicht angestoßen, insbesondere wohl wegen der entgegenstehenden Vorgaben nach dem LEP B-B und dem Regionalplan Havelland-Fläming 2020. Allerdings gab es schon in der Vergangenheit Bestrebungen der Kommunen, Bebauungspläne aufzustellen. Die Aufstellungsverfahren namentlich für PV-Anlagen werden aber derzeit nicht fortgeführt, könnten aber jederzeit wieder aufgenommen werden.

1.3 Besonderheiten zur Liegenschaft (Natur- und Artenschutz, Denkmalschutz, Altlasten)

Das Vorhabengebiet der ehemaligen Heeresversuchsanstalt Gut Kummersdorf weist absehbar Konflikte auch zu anderen Fachplanungen und -belangen auf. Nachstehend wird auf Natur- und Artenschutzbelange, sodann noch auf weitere Fachbelange namentlich zum Denkmalschutz eingegangen.

Nicht näher erörtert werden nachstehend solche Aspekte, die typischerweise auf Ebene des Genehmigungsverfahrens, ggf. in Verbund mit einer Bauleitplanung „abgearbeitet“ werden können, wie z. B. Fragen des naturschutzfachlichen Ausgleichs (§§ 14 ff. BNatSchG). Soweit eine Kompensation durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nicht möglich sein sollte, sind hiernach gemäß aktueller Erlasslage regelmäßig Ersatzzahlungen zu leisten.

näher: Erlass des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft, MLUL, zur Kompensation von Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch Windenergieanlagen, vom 10.03.2016

Ebenfalls keiner näheren rechtlichen Erörterung bedarf die Frage der Verkabelung und des Netzanschlusses. Der Netzanschluss erfolgt regelmäßig über Kabel (= Erdkabel, zu unterscheiden

von Leitungen, die oberirdisch verlaufen). Für den Netzanschluss kann in elektrotechnischer Hinsicht zudem die Errichtung eines Umspannwerkes erforderlich sein. Sowohl (Erd-) Kabel wie auch ein etwaiges Umspannwerk sind planungs- und genehmigungsrechtlich regelmäßig unproblematisch. Der naturschutzfachliche Eingriff bei Verlegung von Erdkabeln ist gering. Umspannwerke sind zudem als privilegierte Vorhaben gemäß § 35 Absatz 1 Nr. 3 BauGB regelmäßig unproblematisch im Außenbereich zulässig.

1.3.1 Naturschutzfachliche Belange

Im Hinblick auf die Planung und Genehmigung eines speicherkombinierten EE-Kraftwerks sind nachstehend die Vorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) näher zu betrachten. Einzugehen ist insbesondere auf das Artenschutzrecht, den Gebietsschutz gemäß dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und einige sonstige absehbare Konfliktfelder.

Im Einzelnen:

1.3.1.1 Artenschutzrecht, insbesondere zu § 44 Absatz 1 BNatSchG

1.3.1.1.1 *Rechtlicher Maßstab*

Eine zentrale Rolle in Zulassungsverfahren für WEAs, aber auch für PV-Anlagen und sonstige Vorhaben spielen die sogenannten Zugriffsverbote des § 44 Absatz 1 BNatSchG. Nach dieser Bestimmung ist es unter anderem verboten,

- wildlebenden Tieren der besonders geschützten Arten nachzustellen, sie zu fangen, zu verletzen oder zu töten oder ihre Entwicklungsformen aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören,
- wildlebende Tiere der streng geschützten Arten und der europäischen Vogelarten während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Mauser-, Überwinterungs- und Wanderungszeiten erheblich zu stören; eine erhebliche Störung liegt vor, wenn sich durch die Störung der Erhaltungszustand der lokalen Population einer Art verschlechtert,
- Fortpflanzungs- oder Ruhestätten der wildlebenden Tiere der besonders geschützten Arten aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören.

Die vorgenannten Regelungen sind vornehmlich im Rahmen des Zulassungsverfahrens (= Genehmigungsverfahren nach BImSchG oder Landesbauordnung Brandenburg, BbgBO) zu beachten. Sie können aber auch schon auf Planungsebene, etwa bei einer Ausschlussplanung nach § 35 Absatz 3 Satz 3 BauGB, von Relevanz sein. Insbesondere im Hinblick auf Windenergieanlagen und Freiflächen-PV-Anlagen ist zum einen die direkte Inanspruchnahme von Flächen für Anlagenstandorte, Zuwegungen und Kranstellflächen zu bewerten. Zum anderen sind auch die über den Standortbereich hinausgehenden Auswirkungen zu erfassen und zu bewerten.

1.3.1.1.2 *Fauna, insbesondere Avifauna und Fledermäuse*

Bezogen auf die Zugriffsverbote des § 44 Absatz 1 BNatSchG ist zunächst eine - regelmäßig zeit- und kostenaufwendige - Bestandserfassung bezogen auf besonders geschützte Vogelarten (vor

allem Brut-, Zug- und Greifvögel; vgl. § 7 Abs. 2 Nr. 12 BNatSchG), aber auch sonstige besonders geschützten bzw. streng geschützte Tiere und Pflanzen (vgl. § 7 Abs. 2 Nr. 13 und Nr. 14 BNatSchG) erforderlich. Die Bestandserfassung umfasst in Abstimmung mit den Fachbehörden meist eine oder unter Umständen auch mehrere Brutperioden. Das notwendige Untersuchungsprogramm ist im Regelfall vor Einreichung der Genehmigungsanträge mit der Genehmigungsbehörde und unter Einbeziehung der Fachbehörde auf Basis der aktuellen Erlasse (vgl. dazu näher unten) abzustimmen. Auf Basis eines sogenannten Scopings veranlasst und finanziert der Vorhabensträger (ggf. auch eine Gemeinde, die einen Bauleitplan aufstellt) sodann die notwendigen naturschutzfachlichen Untersuchungen, insbesondere auch einen Artenschutzfachbeitrag. Hierzu sind für das Land Brandenburg im Rahmen einer Windkraftplanung vor allem auch die so genannten Tierökologischen Abstandskriterien (TAK) zu berücksichtigen, die etwa Abstandsvorgaben zwischen geschützten Vogelartenvorkommen (Brutplätzen) und WEA-Standorten festlegen.

siehe Erlass des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz vom 01.01.2011 „Beachtung naturschutzfachlicher Belange bei der Ausweisung von Windeignungsgebieten und bei der Genehmigung von Windenergieanlagen“ nebst Anlage 1 bis Anlage 4

www.mlul.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.310544.de

Genannt sei hier noch die Anlage 3 der TAK, die den Schutz von **Fledermausvorkommen** und Fledermauskartierungen behandelt. Die Naturschutzbehörden haben im Rahmen der begonnenen Bauleitplanaufstellungsverfahren für die Liegenschaft Sperenberg darauf hingewiesen, dass sich namentlich südlich der ehemaligen Start- und Landebahnen „wertvolle Heide- und Trockenrasenstrukturen“ befinden. Im Verbund mit den angrenzenden Waldflächen spielen sie vor allem als Nahrungsflächen für die Fledermausfauna „voraussichtlich eine wichtige Rolle“.

Stellungnahme des Landkreises Teltow-Fläming vom 03.06.2016, Seite 6 unten

Vielfach kann der Betroffenheit von Fledermausvorkommen durch WEAs mittels Vermeidungsmaßnahmen, meist in Gestalt von Abschaltungen während des Nachtbetriebs zu bestimmten Jahreszeiten, begegnet werden.

siehe näher Anlage 3 des Windkrafteerlasses, am angegebenen Ort

Eine Versagung der Genehmigung von WEA-Standorten bei Fledermausvorkommen steht insoweit zumeist nicht in Rede, sondern lediglich die Beauftragung von (nächtlichen) Betriebseinschränkungen.

vgl. nur Obergerverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg, Beschluss vom 15.03.2012 - 11 S 82.10; Verwaltungsgericht Frankfurt/Oder, Urteil vom 01.07.2016 - 5 K 16/14 (rechtskräftig)

Eine **Abschätzung zum Artenschutzrecht** der unteren Naturschutzbehörde beim Landkreis Teltow-Fläming für den Vorhabensbereich fasst die Situation bezogen auf den Artenschutz wie folgt zusammen:

„Insgesamt ist, auch wegen der Größe des beplanten Gebietes, mit erheblichen Konflikten bei der Planung von WEA und den weitreichenden Wirkungen zu rechnen. Für den Bereich der Photovoltaikanlage ist aufgrund der Überplanung gesetzlich geschützter Biotope der Offenlandbereiche insbesondere mit erheblichen Konflikten aufgrund des Vorkommens von

geschützten Reptilienarten (z.B. Zauneidechse, Glattnatter) zu rechnen. ... Empfehlenswert ist eine Reduzierung der Fläche auf die bereits vorbelasteten bzw. versiegelten Bereiche, um massiven Planungshindernissen aus dem Weg zu gehen.“

(Hervorhebung nicht im Original)

Ungeachtet dessen gilt: Die artenschutzfachliche und artenschutzrechtliche Bewertung von bekannten und noch unbekanntem Konflikten kann erst nach Vorlage entsprechender zeit- und kostenaufwendiger artenschutzfachlicher Untersuchungen erfolgen (vgl. oben). Die zitierte Aussage benennt dabei eine mögliche Konfliktvermeidung, und zwar durch Standortwahl und damit einhergehend einer Vermeidung oder auch eines (teilweisen) Verzichts auf die Überbauung bestimmter Bereiche (näher unter 2.3). Ergeben sich im Einzelfall „massive Planungshindernisse“ (vgl. Zitat oben), kann dem unter Umständen auch durch Umplanung oder Teilreduzierung des Vorhabens begegnet werden.

Erwähnt sei noch, dass es einen besetzten **Seeadlerhorst** am Flugplatz gibt bzw. geben soll (dazu auch noch unter 2.3.3, dort **Abbildung 11**).

vgl. Stellungnahme des Landkreises Teltow-Fläming vom 03.06.2016, dort Seite 13

Der exakte Standort ist nicht bekannt.

Seeadler gelten als besonders schlaggefährdet, was den Betrieb von WEA betrifft.

vgl. Oberverwaltungsgericht Magdeburg, Beschluss vom 21.03.2013 - 2 M 154/12; vgl. ferner das sogenannte Helgoländer Papier, Seite 18
http://www.vogelschutzwarten.de/downloads/lagvsw2015_abstand.pdf

In Relation zu den Beständen in Deutschland handelt es sich um eine Greifvogelart, die mit am häufigsten an WEAs getötet wird.

siehe Schlagopferdatei „Vogelverluste an Windenergieanlagen in Deutschland“,
<http://www.lugvonbrandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>

Gemäß den sogenannten Tierökologischen Abstandskriterien für das Land Brandenburg (vgl. schon oben)

siehe dort Anlage 1,
http://www.mlul.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/tak_anl1.pdf

wird regelmäßig ein Abstand von 3.000 m zum nächstgelegenen Windpark / WEA verlangt. Absehbar wird die Naturschutzbehörde beim Landesamt für Umwelt (LfU) im Falle eines Genehmigungsantrags für ein EE-Kraftwerk, das auch Windenergieanlagen umfasst, zumindest eine sog. Raumnutzungsanalyse verlangen, und sodann auf Basis dessen entscheiden, ob bzw. für welche ggf. konkret geplanten Standorte eine WEA-Genehmigung in Aussicht gestellt werden kann. Allein diese ist regelmäßig mit einem Zeitaufwand von ein, unter Umständen auch zwei Jahren (Brutperioden) verbunden. Anhand dessen ist dann zu entscheiden, welchen Abstand WEAs zu jenem (vermuteten) Seeadlerhorst im Einzelfall einzuhalten haben. Vorsorglich wird nachfolgend von einem einzuhaltenden 3.000 m-Abstand ausgegangen (näher unter 2.).

Ähnliche Konflikte sind betreffend Brutstätten anderer windkraftsensibler Greifvogelarten wie Wespenbussard, Rotmilan und Rohrweihe zu erwarten, sollten diese im Vorhabensgebiet vorkommen. Hierfür gibt es konkrete Anhaltspunkte.

so jedenfalls die Stellungnahme des Landkreises Teltow-Fläming vom 03.06.2016, Seite 10

1.3.1.1.3 Ausnahme (§ 45 Absatz 7 Nr. 5 BNatSchG)?

Erwähnt sei in diesem Zusammenhang bereits, dass trotz etwaiger artenschutzrechtlicher Konflikte - ggf. festgestellt auf Grundlage oben erwähnter, weithin noch zu erstellender Untersuchungen - unter Umständen dennoch eine Verträglichkeit mit artenschutzrechtlichen Vorgaben gegeben sein kann. So kommen neben Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen (vgl. Beispiel oben: Abschaltungen bei Fledermausvorkommen) auch sogenannte vorgezogene Ausgleichmaßnahmen oder unter Umständen auch Ausnahmen nach § 45 Absatz 7 Nr. 5 BNatSchG in Betracht.

vgl. zu solchen Ausnahmen im Falle einer Verletzung namentlich des Tötungsverbots gemäß § 44 Absatz 1 Nr. 1 BNatSchG: Erlass des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Baden-Württemberg: „Hinweise zum Erlass von artenschutzrechtlichen Ausnahmen vom Tötungsverbot bei windenergieempfindlichen Vogelarten bei der Bauleitplanung und Genehmigung von Windenergieanlagen“ vom 01.07.2015,

https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mlr/intern/dateien/PDFs/Naturschutz/Hinweise_artenschutzrechtliche_Ausnahme_WEA_Endfassung.pdf

Da der vorzitierte Erlass bundesrechtlich geregelte Aspekte umfasst, erscheint er jedenfalls in seinen Grundzügen auch in anderen Bundesländern übertragbar.

Auch eine Verletzung mit artenschutzrechtlichen Vorgaben bedeutet hiernach zwar im Regelfall, aber eben nicht zwingend die Unzulässigkeit des Vorhabens bzw. genauer: des betroffenen Teilvorhabens (vgl. erneut die radiale Darstellung des Schutzabstandes in **Abbildung 11**). Vielmehr kann sich auf Basis des § 45 Absatz 7 Nr. 5 BNatSchG die Möglichkeit einer Ausnahme eröffnen. Details hierzu lassen sich nur im Einzelfall zu vorab konkretisierten Vorhabenstandorten (z.B. von einzelnen WEAs) fachlich wie rechtlich bewerten. Für die Möglichkeit einer Ausnahmeentscheidung, stets bezogen auf einzelne konkret in Rede stehende Verletzungen des Artenschutzrechts, sprechen für das speicherkombinierte EE-Kraftwerk Sperenberg aber immerhin die besonderen öffentlichen Interessen betreffend den Modellcharakter des Vorhabens.

1.3.1.1.4 Fazit

Zusammenfassend ist festzustellen, dass eine Bewertung von artenschutzrechtlichen Konflikten erst auf Basis umfangreicher(er) konkreter Untersuchungen, eines darauf aufbauend erstellten Artenschutzfachbeitrags und einer abschließenden fachlichen Bewertung der Fachbehörde für ein konkretes Vorhaben erfolgen kann. Diese Voraussetzungen liegen derzeit noch nicht vor. Konflikte betreffend die Zugriffsverbote des § 44 Absatz 1 BNatSchG sind nach den vorliegenden Informationen zu erwarten, letztlich wie stets bei Vorhaben der in Rede stehenden Größenordnung. Sie dürften dem Kraftwerksprojekt aber regelmäßig nur in Teilen entgegenstehen.

Solchen Konflikten wird wahrscheinlich in Teilen mithilfe von Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen oder auch einem Antrag auf Ausnahme gemäß § 45 Absatz 5 Nr. 7 BNatSchG begegnet werden können, wobei - hierauf ist ausdrücklich hinzuweisen - im Regelfall nach der Praxis der Immissionsschutzbehörden in Brandenburg bei Unterschreitung der Abstände gemäß TAK eine Genehmigung, jedenfalls für einen betroffenen WEA-Standort, nicht zulässig ist. Dies kann zum Beispiel Teile einer Windpark- oder Photovoltaik-Planung betreffen, unter Umständen aber auch die gesamte Planung. Details lassen sich erst nach einer umfassenden artenschutzfachlichen Bestandserfassung (vgl. oben) näher abschätzen.

1.3.1.2 Gebietsschutz (Natura 2000-Gebiete)

1.3.1.2.1 FFH-Gebiets „Kummersdorfer Heide /Breiter Steinbusch“

Das Vorhabengebiet umfasst in Teilflächen das FFH-Gebiet „Kummersdorfer Heide /Breiter Steinbusch (DE 3845-303)“ (zu den betroffenen Teilbereichen siehe näher 2.).

Dies führt dazu, dass gemäß § 34 Absatz 1 BNatSchG das Vorhaben zwingend vor seiner Zulassung oder Durchführung auf ihre Verträglichkeit mit den Erhaltungszielen des Natura 2000-Gebiets zu überprüfen ist, da nicht ausgeschlossen ist, dass das vorgenannte Gebiet erheblich beeinträchtigt wird.

vgl. Oberverwaltungsgericht Magdeburg, Beschluss vom 21.03.2013 - 2 M 154/12

Ergibt die Prüfung der Verträglichkeit, dass das Projekt zu erheblichen Beeinträchtigungen des Gebiets in seinen für die Erhaltungsziele oder den Schutzzweck maßgeblichen Bestandteilen führen kann, ist es grundsätzlich unzulässig. Bei der Bewertung der Erheblichkeit der Beeinträchtigung sind ggf. auch Schadensminderungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Schließen auch solche Schadensminderungsmaßnahmen eine erhebliche Beeinträchtigung nicht aus, ist das Projekt grundsätzlich unzulässig.

Lütkes/Ewer, BNatSchG-Kommentar, 1. Auflage, zu 34 Rn 67 ff. mit Nachweisen

Eine Zulassung des Vorhabens kann bei Vorliegen einer erheblichen Beeinträchtigung lediglich dann noch erfolgen, wenn aus zwingenden Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses, einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art, das Vorhaben notwendig ist und zumutbare Alternativen, den mit dem Projekt verfolgten Zweck an anderer Stelle ohne oder mit geringeren Beeinträchtigungen zu erreichen, nicht gegeben sind (§ 34 Absatz 3 BNatSchG).

Fachplanerisch ist folglich für das EE-Kraftwerk zunächst anhand der Erhaltungsziele des FFH-Gebiets und den dazu existierenden Managementplänen abzuklären, ob eine erhebliche Beeinträchtigung der Erhaltungsziele in Rede steht. Dies geschieht regelmäßig in Gestalt einer vom Vorhabensträger zu erstellenden so genannten FFH-Verträglichkeitsprüfung. Eine solche liegt bisher nicht vor. Sie wird regelmäßig (erst) im Rahmen der Erstellung von Bebauungsplänen oder Genehmigungsanträgen erstellt. Dabei sind auch FCS-Maßnahmen zu erörtern.

Sollte eine erhebliche Beeinträchtigung vorliegen, ist zu prüfen, ob die Voraussetzungen für eine Befreiung nach § 34 Absatz 3 BNatSchG vorliegen. Die letztgenannte Regelung ist zwar grundsätzlich eng auszulegen.

vgl. Verwaltungsgericht Hannover, Urteil vom 31.01.2013 - 4 A 5418/12

Mit Blick auf den Modellcharakter des Vorhabens als Leitprojekt erscheint eine solche Abweichung allerdings zumindest nicht von vornherein ausgeschlossen. Näheres dazu, ob eine Beeinträchtigung des FFH-Gebiets vorliegt und ob ggf. dennoch eine Zulassung des Vorhabens (ganz oder teilweise) in Betracht kommt, lässt sich grundsätzlich erst nach Vorlage einer FFH-Verträglichkeitsprüfung fachlich und rechtlich bewerten.

Wie nachstehend (unter 2. und bspw. in **Abbildung 9**) dargestellt, sind erhebliche Bereiche der Liegenschaft nicht innerhalb der FFH-Gebiete gelegen. Sie grenzen aber teils an das FFH-Gebiet an. Wenn aber Bauvorhaben, namentlich WEAs im Nahbereich bis 2.000 m bzw. gar unmittelbar angrenzend zu FFH-Gebieten errichtet werden, ist auch in diesem Falle regelmäßig eine FFH-Verträglichkeitsuntersuchung zu erstellen und die Vereinbarkeit des Vorhabens mit den Erhaltungszielen der betroffenen FFH-Gebiete vom Vorhabensträger nachzuweisen.

vgl. Oberverwaltungsgericht Magdeburg, Beschluss vom 21.03.2013 - 2 M 154/12

Dabei ist aber die Einhaltung von entsprechenden „Abstandspuffern“ keine zwingende Voraussetzung für die Zulässigkeit eines Vorhabens. Vielmehr ist stets im Einzelfall zu prüfen, ob die Erhaltungsziele des Schutzgebiets erheblich betroffen sind. Wenn und soweit ein speicherkombiniertes EE-Kraftwerk mithin lediglich außerhalb bzw. im Randbereich zu dem FFH-Gebiet errichtet wird, dürfte eine Zulassung und Genehmigung aus naturschutzfachlicher Sicht zumindest eher zu erreichen sein, als wenn die einzelnen Kraftwerks-Teile innerhalb der FFH-Gebiete errichtet werden. Dies berücksichtigt die Standortbewertung und verortet die Kraftwerks-Komponenten außerhalb der FFH-Gebietskulisse (näher unter 2.).

1.3.1.3 Naturschutzgebiet „Kummersdorfer Heide /Breiter Steinbusch“ u. a.

In Teilbereichen liegt die Liegenschaft Sperenberg in dem ausgewiesenen Naturschutzgebiet „Kummersdorfer Heide /Breiter Steinbusch“ (siehe bspw. **Abbildung 9**). Laut der vorliegenden Karten sind Naturschutzgebiet und FFH-Schutzgebiet (weithin) deckungsgleich in ihrer Lage und Ausdehnung im Vorhabensgebiet (näher unter 2.).

Verordnung über das Naturschutzgebiet „Kummersdorfer Heide/Breiter Steinbusch“ vom 08.07.2009 (GVBl. II/09, [Nr. 27], Seite 534)

Gemäß § 4 Absatz 1, Absatz 2 Nr. 1 und Nr. 2 der vorgenannten Verordnung ist insbesondere verboten, im räumlichen Geltungsbereich des Naturschutzgebietes bauliche Veränderungen vorzunehmen oder bauliche Anlagen zu errichten. Entsprechend § 23 BNatSchG sind grundsätzlich alle Handlungen verboten, die zu einer Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung des Naturschutzgebietes und seiner Bestandteile oder zu einer nachteiligen Störung führen können. Gemäß § 7 VO kann die zuständige Naturschutzbehörde auf Antrag gemäß § 72 des Brandenburgischen Naturschutzgesetzes Befreiungen gewähren.

Im **Ergebnis** ist damit festzuhalten, dass absehbar die Verordnung zum genannten Naturschutzgebiet einer Genehmigung des EE-Kraftwerks, allerdings zunächst nur soweit es in dessen räumlichen Geltungsbereich liegt, entgegensteht. Dem wird nachfolgend vor allem dadurch Rechnung getragen, dass im Rahmen der hier vorgeschlagenen Standortwahl die Flächen des

Naturschutzgebietes zum Zweck der Konfliktvermeidung ausgespart werden. Werden aber Bauvorhaben auch nur im Randbereich von Naturschutzgebieten errichtet, so ist dennoch im Einzelfall die Verträglichkeit des Vorhabens mit den oben genannten Naturschutzgebieten, entsprechend zur oben aufgezeigten FFH-Problematik, nachzuweisen.

vgl. OVG Magdeburg, Urteil vom 20.01.2016 - 2 L 153/13 m.w.N.

Nach Hinweis der Unteren Naturschutzbehörde sind auch Auswirkungen auf angrenzende Naturschutzgebiete (NSG „Teufelssee“ und NSG „Schulzensee“) nicht ausgeschlossen. Auch dies wird zunächst fachlich im Detail aufzuarbeiten und zu bewerten sein. Im Falle von erheblichen Auswirkungen kommen aus naturschutzrechtlicher Sicht unter Umständen auch hier sog. Kohärenzsicherungsmaßnahmen und möglicherweise Befreiungen in Betracht (vgl. oben).

1.3.1.4 Landschaftsschutzgebiete “Baruther Urstromtal und Luckenwalder Heide“

Hingewiesen sei noch darauf, dass die Vorhabensfläche vor allem im Westen und Südwesten unmittelbar an das Landschaftsschutzgebiet “Baruther Urstromtal und Luckenwalder Heide“ angrenzt. Grundsätzlich sind lediglich innerhalb eines Landschaftsschutzgebiets, nach Vorgabe der Schutzgebietsverordnung, solche Handlungen verboten, die geeignet sind, den Schutzgegenstand nachteilig zu verändern. Dieses vorgenannte angrenzende Schutzgebiet ist deshalb vor allem in dem Fall näher zu betrachten, sollten z.B. erforderliche Zuwegungen oder neu zu errichtende Erdkabel das Landschaftsschutzgebiet betreffen. Im Rahmen der Ausgestaltung des EE-Kraftwerks sollte eine Inanspruchnahme von Flächen dieses Landschaftsschutzgebiets möglichst von vornherein vermieden werden. Da es sich nicht auf die Liegenschaft erstreckt, dürfte dies grundsätzlich machbar sein.

1.3.2 Sonstige Naturschutzbelange

1.3.2.1 Naturdenkmale.

Im Plangebiet befinden sich die Naturdenkmale Nr. 0308 „Schmales Luch“ und Nr. 0303 „Breites Luch“.

Gemäß § 28 BNatSchG sind Naturdenkmäler rechtsverbindlich festgesetzte Einzelschöpfungen der Natur oder entsprechende Flächen bis zu fünf Hektar, deren besonderer Schutz erforderlich ist, sei es aus wissenschaftlichen, naturgeschichtlichen oder landeskundlichen Gründen oder wegen ihrer Seltenheit, Eigenart oder Schönheit. Die Beseitigung des Naturdenkmals sowie alle Handlungen, die zu einer Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung des Naturdenkmals führen können, sind nach Maßgabe gemäß § 28 Absatz 2 BNatSchG grundsätzlich untersagt.

Konflikten mit Naturdenkmälern kann typischerweise durch eine (ausweichende) Standortwahl jenseits des Naturdenkmals begegnet werden. Hier ist zu unterstellen, dass dies wegen der relativ kleinen Flächen, die betroffen sind, ebenfalls möglich sein wird.

1.3.2.2 Biotopschutz

Im Vorhabengebiet befinden sich auf Teilflächen geschützte Biotope. Biotope sind gemäß § 30 BNatSchG geschützt. Regelmäßig ist eine Zerstörung oder sonstige nachhaltige Beeinträchtigung unzulässig.

Im Rahmen der weiteren Planungen ist eine umfassende Biotopkartierung für die weitere Beurteilung des Vorhabens erforderlich (vgl. zum Landschaftsrahmenplan unter 2.2.3.5). Auf Grundlage einer solchen Erfassung ist es sodann möglich, auch über etwaige Ausnahmen (§ 30 Absatz 3 BNatSchG) und Befreiungen (§ 67 BNatSchG) seitens der Fachbehörden zu entscheiden, sollten Biotope im Einzelfall tatsächlich erheblich betroffen sein.

vgl. Verwaltungsgericht Potsdam, Beschluss vom 07.07.2017 - 4 L 148/17)

Konflikte zum Biotopschutz sind einerseits teilweise absehbar. Hierzu heißt es in der schon mehrfach erwähnten Stellungnahme des Landkreises Teltow-Fläming:

„In den Planunterlagen wird im Bereich der ehemaligen Start- und Landebahn die Errichtung von Photovoltaikanlagen sowohl auf versiegelten Flächen als auch zwischen diesen Bereichen dargestellt. Für eine inhaltlich ähnlich gelagerte Nutzung wurden durch die Brandenburgische Bodengesellschaft bereits erste Bestandserfassungen durchgeführt. Bei der naturschutzfachlichen Bewertung dieses Vorhabens ... mussten aufgrund der Betroffenheit gesetzlich geschützter Biotope und aus artenschutzrechtlichen Gründen erhebliche Bedenken zur Genehmigungsfähigkeit formuliert werden.“

Stellungnahme des Landkreises Teltow-Fläming vom 03.06.2016, Seite 6

Weitere Details bedürfen hier mithin einer fachgutachterlichen Bewertung durch einen Naturschutzgutachter. Ob die genannten Bedenken berechtigt und ggf. fachlich überwunden werden können, wie in der Praxis häufig geschehen, ist erst hiernach abschätzbar. Dies gilt insbesondere auch für die Frage, welche Teilräume diese Bedenken und Einwände umfassen. Dies betrifft jedenfalls nach heutigem Wissenstand allenfalls Teilbereiche (näher unter 2.2.3.7).

1.3.2.3 Boden- und wasserrechtliche Belange

Bei der Vorhabensfläche handelt es sich um Bereiche, auf denen aufgrund der mehr als 100-jährigen Forschungs- und Militärnutzung verschiedenste Kontaminationen zu erwarten sind. Große Flächenanteile der Liegenschaft Sperenberg liegen in Bereichen, zu denen nach Angaben des Landkreises Teltow-Fläming bisher keine Aussagen / Untersuchungen über Belastungen vorliegen.

Absehbar werden die (unteren) Bodenschutzbehörden eine Gefährdungsabschätzung zu diesen Bereichen verlangen. Erst auf Grundlage dessen wird über die Zulässigkeit der Nutzung der Flächen und absehbar erforderlichen Bodensanierungen entschieden werden können.

Aus wasserbehördlicher Sicht ist auf das in der Ortslage Kummerdorf-Gut befindliche Wasserwerk mit festgesetzter Trinkwasserschutzzone zu verweisen. Soweit absehbar z. B. WEA-Standorte innerhalb der Trinkwasserschutzzone III/ 1 liegen sollten, sind Betroffenheiten auch hier zunächst fachlich zu prüfen. Absehbar sind zumindest behördliche Auflagen zu beachten. Dies betrifft etwa den Materialeinsatz beim Wegebau und den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen.

In der Praxis ergeben sich in solchen Fällen häufig strenge Auflagen zu Bodenschutz und Grundwasserschutz, die aber zugleich eine Genehmigungsfähigkeit des Vorhabens nicht ausschließen.

1.3.2.4 Waldflächen

Die Vorgaben des Waldgesetzes des Landes Brandenburg (LWaldG) sind zu beachten.

Die hier in Rede stehende Umwandlung von Wald in eine andere Nutzungsart stellt im Regelfall kein unüberwindliches Zulassungshindernis für ein Bauvorhaben dar, soweit die Voraussetzungen für eine Waldumwandlung nach Landeswaldgesetz (§ 8 LWaldG) vorliegen. So wurden in der Vergangenheit in Brandenburg vielfach Windenergieanlagen auch in Waldstandorten umgesetzt.

Die Naturschutzbehörde weist auf die „historische Waldnutzungsform der Mortzfeldschen Löcher“ hin, die nicht beeinträchtigt werden dürfen. Dies ist bei der Detailplanung zu berücksichtigen.

Im Übrigen ist zur Bewertung dieser etwaig weiteren Konflikte gemäß § 6 Nr. 2 LWaldG die zuständige Forstbehörde bereits bei der Vorbereitung der Planung und Maßnahmen zu unterrichten und anzuhören. Dies ist zu empfehlen, um etwaige Konfliktfelder von Vorhabensträgerseite frühzeitig zu erkennen und in die Planung einbeziehen zu können.

1.3.3 Denkmalschutzrechtliche Aspekte

Die landesrechtlichen Vorgaben des Gesetzes über den Schutz und die Pflege der Denkmale im Land Brandenburg (BbgDSchG) sind zu beachten. Zudem dürfen bundesrechtliche Belange des Denkmalschutzes im Sinne von § 35 Absatz 1 Nr. 5 BauGB dem Vorhaben nicht entgegenstehen. Grundsätzlich ist jede Veränderung des Denkmals und seiner Nutzung danach erlaubnispflichtig. Auch der sogenannte Umgebungsschutz des Denkmals ist bei jeder (Kraftwerks-) Planung zu beachten.

Im Jahre 2007 wurde die „Heeresversuchsanstalt Kummersdorf-Gut“ in die Denkmalliste des Landes Brandenburg eingetragen. Das Denkmal umfasst eine Fläche von rund 23 Quadratkilometern. Der größte Teilbereich umfasst zwei ehemalige Schießbahnen (Schießbahn Ost und Schießbahn West). Südlich der Liegenschaft gibt es zahlreiche ehemalige Versuchsstellen und Kasernenbauten.

siehe näher unter 2 und **Abbildung 9**; zudem: HochC-Studie, am angegebenen Ort, Seite 56

Eine systematische Erforschung der Liegenschaft steht bisher aus. Ziel der Denkmalsbehörden ist, im Hinblick auf den Schutz und die Entwicklung des Denkmals, die Aufstellung eines Denkmalpflege-Management-Plans, der eine umfassende Bestandserfassung, eine denkmalfachliche Bewertung und eine Entwicklung des Denkmals umfassen soll. Der derzeitige Zustand ist aus Sicht des Denkmalschutzes problematisch, zumal schon der Erhalt der materiellen Substanz des Denkmalensembles nicht gewährleistet ist. Alle Gebäude sind derzeit dem zunehmenden Verfall preisgegeben.

HochC-Studie, am angegebenen Ort

Im Vorhabengebiet befinden sich auch zahlreiche Bodendenkmale. Die Flächen der Bodendenkmale sind grundsätzlich von jeglichen Erdeingriffen freizuhalten (§ 1 Absatz 1 und § 7 Absatz 1 und 2 BbgDSchG). Dies soll etwa auch einen Radius von 250 m um das zuletzt eingetragene Bodendenkmal 131386 „Hügelgräberfeld der Urgeschichte“ betreffen.

Bisher fehlen nach Aussage des Landkreises „jegliche Auseinandersetzung mit dem Denkmal und seiner historischen Aussagekraft, ferner Entwicklungsmöglichkeiten, Perspektiven oder Erhaltungsstrategien“.

Ein Einvernehmen mit Denkmalschutzbehörden ist anzustreben (etwa in Gestalt eines Conservations Managementplans). Ziel muss eine Handlungsstrategie in Bezug auf ein Entwicklungsziel und einen Managementplan sein. Nach einer Stellungnahme des Brandenburgischen Landesamts für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum (BLDAM) schließt der Umgebungsschutz vornehmlich Windenergieanlagen in der Liegenschaft selbst außerhalb des Denkmals, etwa zwischen den Schießbahnen aus.

Stellungnahme BLDAM 2014, HochC-Studie am angegebenen Ort

PV-Anlagen lassen sich hiernach möglicherweise zumindest in einzelnen Teilbereichen des Denkmals im Rahmen einer Einzelabstimmung integrieren. In jedem Fall seien die denkmalschutzrelevanten Strukturen einzubeziehen. Dasselbe dürfte für eine Elektrolyse-Anlage gelten.

Im **Ergebnis** ist danach im Rahmen eines speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks jedenfalls bezogen auf Photovoltaik und vor allem WEA-Nutzung, in Abstimmung mit der Denkmalfachbehörde, ein Standortkonzept zu erstellen. Ein bisher fehlendes Einvernehmen (etwa in Gestalt eines Denkmalpflege-Management-Plans) ist anzustreben. Ob namentlich für eine etwaige Windkraftnutzung im Bereich der *gesamten* Liegenschaft Belange des Denkmalschutzes nicht nur beeinträchtigt sind (also überwindbar sind), sondern sogar entgegenstehen (dann wäre im Ergebnis keine Genehmigung möglich), lässt sich mangels detaillierter fachlicher Aufarbeitung derzeit nicht abschätzen. Sollte die Regionalplanung eine Windkraftnutzung zulassen, dürfte aber mit Blick auf die Privilegierung der WEA-Nutzung im Außenbereich – und die damit einhergehende besondere Durchsetzungskraft eine solchen Außenbereichsnutzung gemäß § 35 Absatz 3 Satz 3 BauGB - auch eine WEA-Nutzung zumindest in Teilbereichen der Liegenschaft eine Realisierungschance haben (näher unter 2.2.3.6).

1.4 Zusammenfassende Bewertung der planungsrechtlichen und genehmigungsrechtlichen Ausgangslage sowie der Genehmigungshindernisse

Ein speicher kombiniertes EE-Kraftwerk mit verschiedenen Komponenten (Elektrolyse, Photovoltaik-Anlage, Windkraft) ist derzeit planungsrechtlich im Grundsatz (zu möglichen Ausnahmen näher unten) unzulässig. Ob im Falle der Änderung des Planungsrechts (Regionalplanung, Bauleitplanung der Standortkommunen) eine Genehmigung ergehen kann, ist ohne weitere umfangreiche Untersuchungen auch zu naturschutzrechtlichen und artenschutzfachlichen Belangen und ohne eine eingehende fachliche Bewertung und anzustrebende Verständigung mit der Denkmalschutzbehörde nicht sicher abschätzbar. Es erscheint aber nach heutigem Stand möglich, auf Grundlage entsprechender Untersuchungen und unter Berücksichtigung deren Ergebnisse, dass eine positive Zulassungsentscheidung ergehen kann.

Nachstehend fassen wir zunächst den Sachstand zusammen (unter 1.4.1). Sodann zeigen wir mögliche Perspektiven auf, kurz- und mittelfristig eine positive behördliche Entscheidung herbeizuführen (sodann unter 1.5):

1.4.1 Planungsrecht

Der Errichtung und dem Betrieb von WEAs stehen im Grundsatz die Darstellungen des Regionalplans Havelland-Fläming 2020 entgegen.

Für die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen und der Elektrolyse-Anlage bedarf es grundsätzlich eines aus dem Flächennutzungsplan entwickelten Bebauungsplans. Dieser liegt nicht vor. Es gibt aber derzeit nicht weiterverfolgte Bemühungen der Standortkommunen, solche planungsrechtlichen Voraussetzungen zu schaffen. Nach Einschätzung des Landkreises Teltow-Fläming ist ohne eine Fortschreibung des Flächennutzungsplans der Gemeinde Am Mellensee ein Bebauungsplan, der aus dem Flächennutzungsplan zu entwickeln ist, derzeit unzulässig.

1.4.2 Genehmigungsrecht

Jedenfalls ist ohne weitere umfangreiche Untersuchungen im Rahmen der Erstellung von Antragsunterlagen eine Bewertung der Genehmigungsfähigkeit der einzelnen Kraftwerkskomponenten nicht möglich.

Mangels umfassender natur- und artenschutzfachlicher Erhebungen ist derzeit nicht absehbar, in welchen Bereichen namentlich die artenschutzrechtlichen Zugriffsverbote der Errichtung und dem Betrieb von WEAs entgegenstehen. Bekannt sind etwa ein Seeadlervorkommen sowie sonstige windkraftsensible Vogelarten im Vorhabengebiet. Ob danach zu erwartenden artenschutzrechtliche Konflikte mithilfe von Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen, sogenannten vorgezogenen Ausgleichsmaßnahmen oder auch im Wege einer Ausnahme (§ 44 Absatz 5 BNatSchG; zur Ausnahme näher unter 1.3.1.1.3) begegnet werden kann, ist ohne detaillierte Untersuchungen fachlich wie rechtlich derzeit nicht abschätzbar.

Hinzu kommen selbst bei Auslassung der ausgewiesenen FFH- und weithin deckungsgleichen Naturschutzgebietsvorgaben (näher unter 2.), dass namentlich eine so genannte FFH-Verträglichkeitsstudie zu erstellen ist. Erst hiernach lässt sich abschätzen, ob und ggf. inwieweit der naturschutzrechtliche Gebietsschutz einer Nutzung der Liegenschaft entgegensteht oder nicht.

Dem Vorhaben bzw. Teilen des Vorhabens stehen nach Einschätzung der Denkmalschutzbehörden Belange des Denkmalschutzes entgegen. Ob diese ganz oder teilweise überwindbar sind, lässt sich derzeit ebenfalls nicht abschätzen und ist gegebenenfalls anhand einer möglichst konkreten Projektplanung zunächst mit den Fachbehörden zu erörtern. Dies betrifft auch diejenigen Bereiche, die jenseits der beiden Schießbahnen liegen (siehe Abbildung 7), Hier ist zu klären, inwieweit der sog. Umgebungsschutz des Denkmals der Errichtung und dem Betrieb von Anlagen und Anlagenteilen in konkreten Einzelfall entgegenstehen.

1.5 Insbesondere: Möglichkeiten zur Änderung der rechtlichen Grundlagen zur Herstellung der Genehmigungsfähigkeit

1.5.1 Landesentwicklungs-Plan Berlin-Brandenburg (LEP B-B)

Oben ist dargestellt, dass insbesondere die Zieldarstellung des Landesentwicklungsplans zum Freiraumverbund (5.2 (Z)) einer baulichen Nutzung für ein speicherkombiniertes EE-Kraftwerk teilweise entgegensteht. Dies betrifft allerdings nur Teile der Liegenschaft (siehe unter 2.). Wollte man aber die *gesamte* Liegenschaft Sperenberg für eine Kraftwerksnutzung zulassen, kämen aus landesplanerischer Sicht insoweit grundsätzlich zwei Möglichkeiten in Betracht, bestehende landesplanerische „Hindernisse“ auszuräumen:

1.5.1.1 Änderung / Aufhebung der Darstellung

Vorrangig dürfte eine **Fortschreibung des Landesentwicklungsplans** in Betracht kommen, wobei gegebenenfalls das Kriterium des Freiraumverbundes - im Rahmen des planerischen Ermessens - **aufgehoben** oder in der Weise **neugefasst** wird, dass die hier in Rede stehende Fläche des ehemaligen Militärflughafens künftig nicht mehr von der Freiraumverbundfläche umfasst werde. Letzteres bietet sich womöglich schon deshalb an, da der heutige Zuschnitt des Freiraumverbundes gemäß Landesentwicklungsplan nicht scharf umgrenzt und in seinem heutigen Zuschnitt nur aus der längeren Historie der Regionalplanaufstellung nachvollziehbar sein dürfte. Eine solche Fortschreibung setzt den planerischen Willen des Plangebers voraus, seine Planung entsprechend fortzuführen. Ob überhaupt und in welchem Zeitraum eine solche Fortschreibung gewollt und umsetzbar ist, kann hier nicht näher abgeschätzt werden. Es hängt mutmaßlich auch von den landespolitischen Vorgaben an die Raumordnungsbehörden, namentlich die für die Aufstellung und Fortschreibung zuständige Gemeinsame Landesplanung Berlin-Brandenburg ab.

Als Untervariante der Fortschreibung des LEP B-B könnte sich bei entsprechendem Planwillen des Verordnungsgebers gemäß § 6 Absatz 1 Raumordnungsgesetz (ROG) auch die nähere Prüfung einer **Ausnahme** von der Zielfestsetzung z. B. für speicherkombinierte EE-Kraftwerke anbieten. Nach dieser Regelung können von Zielen der Raumordnung im Raumordnungsplan Ausnahmen festgelegt werden. Raumordnungspläne sind gemäß § 3 Absatz 1 Nr. 7 ROG in Verbindung mit § 8 Absatz 1 Nr. 1 ROG auch landesweite Raumordnungspläne wie der LEP B-B.

Dargestellt werden könnten in einer künftigen Fassung des LEP B-B z. B. auch Ausnahmen des Inhalts, dass für speicherkombinierte Erneuerbare-Energien-Kraftwerke das Freiraumverbundkriterium nicht entgegensteht. Um den Ausnahmecharakter zu wahren, wäre auf Seiten des Verordnungsgebers zu erwägen, z. B. eine bestimmte Größenordnung eines solchen Kraftwerks und/oder als weitere Voraussetzung die Aufstellung von Bauleitplänen der Standortkommunen zu verlangen. Bei der konkreten Ausweisung einer Ausnahme steht dem Verordnungsgeber grundsätzlich ein Planermessen zu.

1.5.1.2 Zielabweichungsverfahren (ZAV)

In Betracht kommt - alternativ zur Fortschreibung des LEP B-B - grundsätzlich auch eine sogenannte **Zielabweichung**. Sie ist in § 6 Absatz 2 ROG geregelt. Von Zielen der Raumordnung kann danach abgewichen werden, wenn die Abweichung unter raumordnerischen Gesichtspunkten vertretbar ist und die Grundzüge der Planung nicht berührt werden. Antragsberechtigt sind die öffentlichen Stellen

und die Personen des Privatrechts, die das Ziel, von dem eine Abweichung zugelassen werden soll, zu beachten haben. So können etwa grundsätzlich auch die beiden Standortkommunen im Rahmen der Fortschreibung ihrer Flächennutzungspläne bzw. der Aufstellung von Bebauungsplänen einen Zielabweichungsantrag stellen, und zwar bei der hierfür zuständigen Gemeinsamen Landesplanung.

vgl. zu einem solchen Fall: Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg, Beschluss von 16.12.2016 - 2 N 51/16 (Gemeinde Karstädt), Verwaltungsgericht Potsdam, Urteil vom 14.07.2016 - 5 K 4080/13

Nach der bisherigen Praxis der Gemeinsamen Landesplanung, wohl gestützt von der Rechtsprechung, besteht ein Anspruch auf eine solche Ausnahme in aller Regel nicht. Zwar ist das Kriterium der Vertretbarkeit des § 6 Absatz 2 ROG weit auszulegen. Eine vielfach nicht zu überwindende Hürde dürfte aber, gerade bei einem großflächigen Vorhaben, das Kriterium der „Grundzüge der Planung“ sein. Dieses Kriterium ist nach der Rechtsprechung nur dann erfüllt, wenn

„die Abweichung im Bereich dessen [liegt], was der Plangeber gewollt hat oder gewollt hätte, wenn er den Grund der Abweichung gekannt hätte“.

(so Bundesverwaltungsgericht, Urteil 09. März 1990 - 8 C 76.88)

Insoweit dürften die Voraussetzungen für eine Zielabweichung, gemäß einer entsprechenden Einschätzung der Gemeinsamen Landesplanung, nicht vorliegen. Soweit das Freiraumverbundkriterium nicht erfasst ist (näher 2.), wäre dies auch für eine Windkraftnutzung unschädlich (anders als auf Ebene der Regionalplanung).

1.5.1.3 Hinweis: Normenkontrollverfahren rechtshängig

Erwähnt sei schließlich noch, dass der LEP B-B, wie eingangs aufgeführt (unter 1.2.1), einerseits im Eilverfahren nach OVG Berlin-Brandenburg nicht für vorläufig außer Vollzug gesetzt wurde. Nicht ausgeschlossen ist aber, dass im Rahmen einer ausstehenden Hauptsache-Entscheidung der LEP B-B im **Normenkontrollverfahren** doch noch für unwirksam erklärt wird. In der Folge stünde der LEP B-B in diesem Fall dem geplanten speicherkombinierten EE-Kraftwerk nicht entgegen. Da eine solche erfolgreiche Normenkontrolle gegebenenfalls allgemeinverbindlich ist (§ 47 Absatz 5 Satz 1 2. Halbsatz VwGO) und zudem die Unwirksamkeit rückwirkend feststellt würde, stünde in diesem Fall der LEP B-B ohne Weiteres auch dem hier behandelten speicherkombinierten EE-Kraftwerk nicht entgegen.

1.5.1.4 Insbesondere: Auslassung des Freiraumverbundes

Am ehesten (und schnellsten) wird man den Vorgaben des LEP B-B dadurch gerecht werden können, dass man die vom Freiraumverbund umfassten Kriterien im Rahmen der Planung für das EE-Kraftwerk vollständig auslässt (so näher dazu unter 2.).

1.5.2 Regionalplan Havelland-Fläming 2000

Oben ist dargestellt, dass die Zieldarstellung 3.2.1 (Z) namentlich der Errichtung und dem Betrieb von Windenergieanlagen entgegensteht. Dies betrifft derzeit die gesamte Liegenschaft Sperenberg.

Auch insoweit ist - weithin entsprechend zur Darstellung zum LEP BB (oben 1.5.1) - zu prüfen, ob durch Fortschreibung oder Zielabweichung dieses „Hindernis“ ausgeräumt werden kann bzw. welche planungsrechtlichen Aspekte hierbei gegebenenfalls jeweils zu beachten wären:

1.5.2.1 Änderung / Aufhebung der Darstellung

Zum einen kommt - wie stets - eine **Fortschreibung des Regionalplans Havelland-Fläming** in Betracht. Im Rahmen dessen müsste das Plankonzept eines künftigen Regionalplans in der Weise gewählt werden, dass das Vorhabengebiet bzw. zumindest weite Teile des Vorhabengebiets gemäß einer künftigen Darstellung von Eignungsgebieten (mit Ausschlusswirkung im Sinne von § 35 Absatz 3 Satz 3 BauGB) innerhalb eines (künftigen) Eignungsgebiets zur WEA-Nutzung liegt. Dies setzt insbesondere einen entsprechenden Planungswillen der Regionalplanung bzw. der Regionalversammlung voraus.

Gemäß der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts zu § 35 Absatz 3. Satz 3 BauGB setzt die Darstellung künftiger (anderer oder zusätzlicher) Eignungsgebiete überdies ein einheitliches Planungskonzept voraus, in dem so genannte „harte“ Tabukriterien und so genannte „weiche“ Tabukriterien definiert, unterschieden, einheitlich angewandt und dokumentiert werden.

Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 13.12.2013 - 4 CN 1.11; Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 11.04.2013 - 4 CN 2.12 (dazu schon oben unter 1.2.2)

Das bisherige Plankonzept der Regionalplanung Havelland-Fläming, welches Grundlage des Regionalplans Havelland-Fläming 2020 war, wäre entsprechend anzupassen, und etwa das Tabukriterium Freiraumverbund, mutmaßlich aber noch weitere Kriterien wären anders zu fassen oder aufzuheben. Unter der Vorgabe, auf Ebene der Regionalplanung im Vorhabengebiet WEAs zuzulassen, dürfte also in jedem Fall eine grundsätzliche Überarbeitung der regionalplanerischen Kriterien notwendig werden. Wie unten dargestellt (unter 2.), finden sich aber auch Potentialflächen für Standorte, wenn das Freiraumverbundkriterium in seiner jetzigen Ausgestaltung dauerhaft beibehalten werden sollte.

Zum selben Ergebnis würde führen, wenn entgegen der bisherigen Vorgaben namentlich der Gemeinsamen Landesplanung, der Freiraumverbund nach dem LEP B-B nicht mehr als Tabukriterium im Sinne der vorzitierten Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts angewendet würde. Nach Auskunft der Regionalplanung Havelland-Fläming gibt es bisher seitens der Gemeinsamen Landesplanung die Vorgabe, im Freiraumverbund sogar in Gestalt eines sogenannten harten Tabukriteriums keine WEA-Nutzung zuzulassen. Dies erscheint nicht zwingend; planerisch könnte auch innerhalb des Freiraumverbundes künftig WEA-Nutzung zugelassen werden.

1.5.2.2 Zielabweichungsverfahren (ZAV)

Zu erwägen ist - alternativ zur Fortschreibung - grundsätzlich auch eine sogenannte **Zielabweichung**. Rechtsgrundlage ist § 6 Absatz 2 Raumordnungsgesetz (ROG). Von Zielen der Raumordnung kann danach dann abgewichen werden, wenn die Abweichung unter raumordnerischen Gesichtspunkten vertretbar ist und die Grundzüge der Planung nicht berührt werden. Antragsberechtigt sind die öffentlichen Stellen und die Personen des Privatrechts, die das Ziel, von dem eine Abweichung zugelassen werden soll, zu beachten haben. So können etwa auch die beiden Standortkommunen im Rahmen der Fortschreibung ihrer Flächennutzungspläne bzw. der

Aufstellung von Bebauungsplänen einen Zielabweichungsantrag stellen, und zwar bei der hierfür zuständigen Gemeinsamen Landesplanung.

vgl. zu einem solchen Fall: Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg, Beschluss vom 16.12.2016 - 2 N 51/16 (Gemeinde Karstädt), Verwaltungsgericht Potsdam, Urteil vom 14.07.2016 - 5 K 4080/13

Nach der bisherigen Praxis der Gemeinsamen Landesplanung, wohl gestützt von der Rechtsprechung, besteht ein Anspruch auf eine solche Ausnahme im Regelfall nicht. Zwar ist das Kriterium der Vertretbarkeit des § 6 Absatz 2 ROG weit auszulegen und für sich kein Hindernis. Eine regelmäßig kaum zu überwindende Hürde bildet aber, gerade bei einem großflächigen Vorhaben, das weitere Kriterium der „Grundzüge der Planung“. Dieses Kriterium ist nach der Rechtsprechung nur dann erfüllt, wenn

„die Abweichung im Bereich dessen [liegt], was der Plangeber gewollt hat oder gewollt hätte, wenn er den Grund der Abweichung gekannt hätte“.

(Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 09.03.1990 - 8 C 76.88)

Insoweit dürften die Voraussetzungen für eine Zielabweichung, gemäß einer entsprechenden Einschätzung der Gemeinsamen Landesplanung, jedenfalls nicht ohne Weiteres erfüllt sein.

Teils wird dies aber auch anders gewertet und in der Verwaltungspraxis gehandhabt. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang eine aktuelle Genehmigungspraxis in Mecklenburg-Vorpommern, die teils auch für Windparks mit mehr als 10 WEAs in den vergangenen Jahren unter bestimmten Voraussetzungen sog. Zielabweichungen zugelassen hat. Dahinter steht das dortige politische Ziel der Landesregierung, einen zügigen Ausbau auch der Windkraftnutzung in geeigneten Räumen zuzulassen, auch wenn die Regionalplanung solche Flächen nicht ausweist.

Fazit: Eine Zielabweichung entspricht in Brandenburg nicht der Praxis (anders als etwa in Mecklenburg-Vorpommern). Bei einer entsprechenden Begründung im Einzelfall erscheint eine Zielabweichung aber nicht in jedem Fall von vornherein ausgeschlossen. Bei alledem wäre eine Zielabweichung vor allem dann sinnvoll, wenn auf Basis dessen z.B. ein privater Vorhabenträger bereit wäre, darüber hinaus erforderliche Untersuchungen und Antragsunterlagen (Artenschutz, FFH-Verträglichkeit etc.) erstellen zu lassen.

1.5.2.3 Hinweis: Normenkontrollverfahren rechtshängig

Wie oben schon erwähnt, sind derzeit mehrere Normenkontrollen gegen den Regionalplan Havelland-Fläming rechtshängig, aber vom Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg noch nicht entschieden. Nicht ausgeschlossen ist, dass im Rahmen einer ausstehenden obergerichtlichen Entscheidung der Regionalplan Havelland-Fläming 2020 im Normenkontrollverfahren für unwirksam erklärt wird. In der Folge stünde er dem geplanten speicherkombinierten EE-Kraftwerk, insbesondere den dazu geplanten Windenergieanlagen nicht entgegen. Da eine solche erfolgreiche Normenkontrolle gegebenenfalls allgemeinverbindlich ist (§ 47 Absatz 5 Satz 1 2. Halbsatz VwGO) und zudem die Unwirksamkeit rückwirkend feststellt, stünde in diesem Fall der LEP B-B ohne Weiteres auch dem hier behandelten speicherkombinierten EE-Kraftwerk nicht entgegen.

Unter Umständen kann aber auch in einem solchen Fall ein etwaiger Fehler des Plans auch rückwirkend geheilt werden (vgl. § 12 Absatz 6 ROG) mit der Folge, dass der LEP B-B wiederum doch dem Vorhaben entgegensteht. Führen lediglich formelle Fehler zur Aufhebung des Regionalplans, steht dennoch der Regionalplan zudem als Genehmigung von WEA regelmäßig als so genannter ungeschriebener öffentlicher Belang entgegen.

Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 01.07.2010 - 4 C 6.09; Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 27.01.2005 - 4 C 5.04

Nicht zuletzt gibt es auch nach Unwirksamkeitserklärung eines Regionalplans nach anschließender Neuaufstellung während des Aufstellungsverfahrens die grundsätzliche Möglichkeit, eine WEA-Genehmigung durch so genannte befristete Untersagung zumindest zu verzögern.

siehe gemeinsames Rundschreiben des Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft und des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg vom 23. April 2010, Amtsblatt Nr. 19 vom 19. Mai 2010

Dies alles wird hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Auch wenn nicht ausgeschlossen erscheint, dass eine Normenkontrolle zur Aufhebung der regionalplanerischen Vorgaben, unter Umständen auch kurzfristig, führen kann, dürfte es für die Beteiligten keine Handlungsvariante sein, ohne Änderung / Fortschreibung des Regionalplans oder eine denkbare Zielabweichung vor allem eine detaillierte Windkraftplanung auf den Weg zu bringen.

1.5.2.4 Naturschutzgebiete; FFH-Gebiete

Dem naturschutzrechtlichen Gebietsschutz in Gestalt von Naturschutzgebieten- und FFH-Gebietsausweisungen (oben unter 1.3.1) kann und sollte zunächst durch Auslassung dieser Gebietsflächen Rechnung getragen werden (näher unter 2.). Dies entbindet das speicherkombinierte EE-Kraftwerk zwar nicht von einer FFH-Verträglichkeitsprüfung, also eines Nachweises, dass das konkret geplante Projekt namentlich mit den Erhaltungszielen des FFH-Gebietsschutzes in Einklang steht. Die Standortauswahl kann aber absehbare Konflikte, die ohne nachfolgende Untersuchungen nicht näher bewertet werden können, jedenfalls erheblich minimieren.

1.5.2.5 Artenschutzrecht

Soweit Verstöße namentlich gegen § 44 Absatz 1 Nr. 1 BNatSchG festgestellt werden (schon heute bekannt: Seeadler, siehe **Abbildung 9**), kommen Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen, unter Umständen auch Ausnahme und Befreiungen in Betracht (vgl. oben 1.3.1.1)

1.6 Schlussfolgerungen für abschließende Empfehlungen des Gutachtens sowie für die Bewertung der Szenarien in Arbeitspaket 2.

Zunächst ist festzustellen, dass einem speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk Sperenberg bekanntermaßen (vgl. Schreiben von Landrätin Wehlan vom 3. Juni 2016 an die Kommunale Arbeitsgemeinschaft) derzeit noch eine Reihe von fachlichen und rechtlichen „Hürden“ entgegenstehen.

So steht vorrangig der Regionalplan Havelland-Fläming derzeit der Errichtung der geplanten Windenergieanlagen (WEA) entgegen. Gegenläufige Darstellungen folgen ferner aus den Vorgaben der Landesentwicklungsplanung (LEP B-B.). Letzteres gilt jedenfalls dann, sollten **Windkraftanlagen** auch im Bereich des Freiraumverbundes vorgesehen werden (im Rahmen dieser Studie ausgearbeitet, näher unter 2).

Überdies fehlen aktuell erforderliche Bauleitpläne (Flächennutzungsplan und Bebauungspläne) der beiden Standortkommunen Am Mellensee und Nuthe-Urstromtal. Für die sonstigen Komponenten des speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerkes, namentlich **Photovoltaikanlagen** und Anlagen zur **Elektrolyse / Wasserstoffherzeugung**, bedarf es im Grundsatz der Fortschreibung der bestehenden Flächennutzungspläne und der Aufstellung von Bebauungsplänen. Bebauungspläne und Flächennutzungspläne können, bei einem entsprechendem Planungswillen der Kommunen, grundsätzlich zeitlich parallel (sog. Parallelverfahren) aufgestellt bzw. fortgeschrieben werden (§ 8 Absatz 3 Satz 1 BauGB).

Bei alledem ist derzeit nicht abschließend abschätzbar, ob in welchen räumlichen Teilbereichen absehbar betroffene Belange des Artenschutzrechtes, des Naturschutzrechtes, des europäischen Gebietsschutzes und des Denkmalschutzrechtes der Errichtung und dem Betrieb eines speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerkes in der Liegenschaft Sperenberg entgegenstehen. Hierzu sind, bezogen auf konkrete Planungen vorab u. a. die Erstellung von naturschutzfachlichen Kartierungen, eine FFH-Verträglichkeitsprüfung und denkmalschutzfachliche Bewertungen (Konzepterstellung namentlich zum Erhalt des Denkmals „Heeresversuchsanstalt Kammersdorf“) notwendig. Diese sollten veranlasst werden (vgl. unter 1.7)

Im **Ergebnis** setzt ein speicher kombiniertes EE-Kraftwerk Sperenberg mithin, nach unserer zusammenfassenden Einschätzung, um eine möglichst realistische Chance auf Umsetzung zu erhalten, jedenfalls die Änderung bzw. Fortschreibung des Regionalplans Havelland-Fläming oder die Gewährung einer Zielabweichung voraus. Ansonsten ist eine Windkraftnutzung ausgeschlossen. Im Hinblick auf PV-Anlagen und Anlagen zur Elektrolyse und Wasserstoffherzeugung sind die Bauleitpläne der beiden Standortkommunen fortzuschreiben (Flächennutzungspläne) bzw. aufzustellen (Bebauungspläne). Dabei sind auch Bauleitpläne zur Windkraftnutzung möglich (keine planungsrechtliche Notwendigkeit, Stichwort: Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 6 BauGB), einen entsprechenden Planungswillen der Kommunen vorausgesetzt; insoweit könnten dann auch die Kommunen ein Verfahren auf Zielabweichung anstoßen. Für solche Bauleitpläne bzw. auch für etwaig anschließend oder parallel betriebene Zulassungsverfahren sind jedenfalls vorab die erforderlichen Untersuchungen (Natur- und Artenschutz, Denkmalschutz etc.) auf den Weg zu bringen. Erst auf Grundlage solcher Untersuchungen wird sodann abschließend abschätzbar sein, ob bzw. in welchen Teilbereichen der Liegenschaft Sperenberg einzelne Kraftwerkskomponenten genehmigungsfähig sind.

Soweit eine Windkraftnutzung nicht oder zunächst nicht vorangetrieben werden sollte, können die beiden betroffenen Standortkommunen durch die Aufstellung von Bebauungsplänen zumindest oder vorab die planungsrechtlichen Voraussetzungen für die Errichtung von PV-Anlagen und einer Elektrolyse-Anlage durch entsprechende Bebauungspläne anstoßen (zu potentiell geeigneten Standorten näher in Kapitel 2.). Planungsrechtlich sind die einzelnen Kraftwerkskomponenten nicht voneinander abhängig.

1.7 Zur Projektträgerschaft

Zur Trägerschaft eines speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerkes am Standort Sperenberg sind, auch nach Rücksprache mit den beteiligten Kommunen, nach Aussagen des Ministeriums der Finanzen (MdF) und der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) zwei Varianten zu erwägen:

- Erstens (Variante 1) könnte eine juristische Person, beispielsweise eine Stiftung, unter Beteiligung auch der Standortkommunen errichtet werden. Auf diese Trägergesellschaft könnte sodann Grundeigentum an der Liegenschaft Sperenberg oder genutzten Teilbereiche der Liegenschaft übertragen werden. Die Trägergesellschaft könnte hiernach ihrerseits einem (privaten) Vorhabensträger des Kraftwerkes die Grundstücke längerfristig im Rahmen von gewerblichen Mietverträgen überlassen (nebst dinglichen Sicherungen). Der Vorhabensträger würde sodann ein speicherkombiniertes EE-Kraftwerk auf eigenes Risiko projektieren und, falls er eine öffentlich-rechtliche Zulassung erreicht, das Vorhaben errichten und betreiben können.
- Zweitens (Variante 2) kann - ohne Zwischenschaltung einer Trägergesellschaft (Variante 1) - die jetzige Grundeigentümerin Nutzungsrechte unmittelbar in Gestalt von gewerblichen Mietverträgen einem Vorhabensträger überlassen. Die Gründung und „Zwischenschaltung“ einer juristischen Person entfällt in dieser Variante.

Das Land Brandenburg als Eigentümer der relevanten Teile der Liegenschaft Sperenberg hat mitgeteilt, es werde Grundstücksrechte grundsätzlich nicht an Dritte zum Eigentum übertragen. Damit wird es absehbar bei der oben genannten zweiten Variante bleiben, wonach voraussichtlich einzelne Teile der Liegenschaft unmittelbar und längerfristig einem privaten Projektträger eines speicherkombinierten EE-Kraftwerkes im Rahmen eines gewerblichen Mietvertrages zur Nutzung (Projektierung und etwaiger späterer Umsetzung) überlassen werden. Benötigte dingliche Rechte (etwa beschränkt persönliche Dienstbarkeiten) werden hierzu flankierend gewährt, wie es etwa im Rahmen von Photovoltaik und Windkraftvorhaben auf Flächen der BImA auch sonst der heutigen Praxis entspricht.

2. Liegenschaftsfragen

2.1 Zur Aufgabenstellung

In den Ausschreibungsunterlagen ist das Arbeitspaket 3 (AP 3) wie folgt umschrieben:

„Die betreffenden Liegenschaften befinden sich derzeit im Landeseigentum (Ministerium der Finanzen, MdF) bzw. im Eigentum des Bundes (Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, BImA). Hier ist aufzuzeigen, wie diese Liegenschaften für das in Rede stehende Projekt verfügbar gemacht werden können.“

Die Aufgabenstellung in den Ausschreibungsunterlagen wurde für das Arbeitspaket 1 wie folgt umrissen:

„Das Arbeitspaket 3 umfasst eine Standortbewertung vor dem Hintergrund der Anforderungen, die sich aus dem Arbeitspaket 1 (siehe dazu oben unter 1) ergeben. Dabei ist zu prüfen, welche der für ein sinnvolles Konzept eines speicher-kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks benötigten Flächen und Einrichtungen in welcher Form zur Verfügung gestellt werden sollten. Insbesondere sind die kommunalen Interessen und die eventuellen Vorarbeiten der KAG zu berücksichtigen. Weiterhin ist die Einbindung des Kraftwerks Thyrow in das Gesamtkonzept auf der Basis der Ergebnisse des Arbeitspakets 2 zu beschreiben. Eine Gesamtabwägung soll die jeweiligen Folgen für die Wirtschaftlichkeit des Projekts berücksichtigen.

Diese konkreten Arbeitsschritte werden abgearbeitet:

- Standortanalyse mit räumlicher Einordnung der Flächen und Einrichtungen in die Region;
- Bewertung der Flächen und der vorhandenen Infrastruktur;
- Prüfung und Bewertung der Vorstellungen der KAG zur Bereitstellung der Flächen und Einrichtungen vor dem Hintergrund der Ergebnisse des AP 1;
- Prüfung und Bewertung der vorhandenen Alternativen und der rechtlichen Möglichkeiten zur Bereitstellung oder Abgabe der für ein Energiekonzept potentiell geeigneten Flächen;
- Schlussfolgerungen für abschließende Empfehlungen des Gutachtens sowie, soweit relevant, für die Bewertung der Szenarien in Arbeitspaket 5.“

2.2 Standortanalyse mit räumlicher Einordnung der ehemaligen Heeresversuchsanstalt

Die Konversionsfläche Flugplatz / Garnison Sperenberg und Heeresversuchsstelle Kummersdorf-Gut in der Liegenschaft Kummersdorf-Gut / Sperenberg (nachfolgend auch: „WGT-Liegenschaft Sperenberg / Kummersdorf-Gut“ genannt oder „ehemalige Heeresversuchsanstalt“) liegt im Land Brandenburg etwa 40 km südlich von Berlin im Landkreis Teltow-Fläming

Die ehemalige Heeresversuchsanstalt besteht im Wesentlichen aus einem ausgedehnten bewaldeten Gelände südwestlich von Sperenberg zwischen den Ortslagen Schönefeld und

Kummersdorf-Gut im Landkreis Teltow-Fläming. Die L 70 teilt zwischen diesen beiden Ortschaften den südöstlichen Teil der ehemaligen Heeresversuchsanstalt im Bereich der Kasernen und der ehemaligen „Versuchsstelle Kraftfahrzeuge“.

Bei der Anlage handelt es sich um die größte Erprobungsstelle für die Bewaffnung und Ausrüstung deutscher Armeen zwischen 1875 und 1945. Die Geländegestaltung, Bebauung und Besiedlung der gesamten Region zwischen Sperenberg, Kummersdorf, Schönefeld, Gottow und Schöneweide sind dadurch nachhaltig beeinflusst worden; die militärische Nutzung bestimmt nach wie vor den Charakter der Landschaft.

Die Bewertung der Flächen und der vorhandenen Infrastruktur kann nach unterschiedlichen Gesichtspunkten vorgenommen werden. Einleitend wird nachstehend die Historie der Liegenschaft umrissen (unter 2.2.1). Vor allem ist sodann die bestehende planungsrechtliche Situation zu analysieren; potentielle Standortbereiche für die einzelne Komponente des speicher-kombinierten Erneuerbar-Energien-Kraftwerk werden dort herausgearbeitet (unter 2.2.3). - Im Einzelnen:

2.2.1 Historie und Zustand der Liegenschaft

Auf der ehemaligen Heeresversuchsanstalt wurde zwischen 1875 und 1945 Militärtechnik entwickelt und erprobt. Kurz nach der Gründung des Deutschen Reiches wurde im Jahr 1871 beschlossen, den Schießplatz der Artillerieprüfungskommission von Tegel in die Kummersdorfer Heide zu verlegen, da die Entwicklung von Militärtechnik größere Sicherheitsabstände zu Siedlungsgebieten erforderlich machte. Seit 1874 wurde das Areal Kummersdorf-Gut / Sperenberg als Schießplatz genutzt. Die Gemarkung hatte nicht von Anfang an die heutige Flächenausdehnung, es fand vielmehr eine stufenweise Erweiterung bis 1945 statt. Die ursprüngliche Ausdehnung betrug zunächst 911 ha (bis ca. 1900), dann 1.166 ha (bis 1931) und schließlich 3.500 ha bis 1945. In der Zeit der Gründung von 1871 bis 1945 wurde eine Versuchsstelle zur Erforschung, Entwicklung und Erprobung von Waffen und Militärtechnik etabliert. In den ersten 70 Jahren seiner Geschichte wurde auf dem Gelände unter höchster Geheimhaltung zum damaligen Standard militärische Spitzentechnologie entwickelt und erprobt. Dazu zählten Artillerie, Feldeisenbahnen, Panzer, Kraftfahrzeuge, Festungsbauten und Kommunikationstechnik. Ab 1945 wurde das Gelände sodann als sowjetischer Militärflugplatz und als Ausstattung für motorisierte Einheiten genutzt.

Seit der Nutzungsaufgabe des Geländes im Jahr 1994 liegen die Flächen brach und unterliegen zunehmend dem zeitlichen und witterungsbedingten Zerfall. Hunderte von Fragmenten der ehemaligen Heeresversuchsanstalt sind auf dem Gelände, in seinem Waldgebiet und den Sukzessionsflächen verborgen. Die Konversionsfläche ist als „Heeresversuchsanstalt Kummersdorf“ denkmalgeschützt und das größte flächenhafte, technische Denkmal des Landes Brandenburg.

Aufgrund der langen, wechselhaften militärischen Nutzung befinden sich auf dem Gelände teils erhebliche Belastungen des Bodens mit Kampfmitteln und Altlasten, insbesondere auf den Flächen der Schießbahnen und der Versuchsstellen (Quelle: Projektgruppe Museum Heeresversuchsstelle Kummersdorf 2009).

Quelle: Entwicklungskonzept für die Gesamtfläche der Heeresversuchsstelle Kummersdorf-Gut / Gemeinde Am Mellensee / Gemeinde Nuthe-Urstromtal, nachfolgend auch „HochC“ genannt, dort unter A.4.2.

2.2.2 Eigentumsverhältnisse

Zum 01. März 2012 wurden die Flächen der Heeresversuchsstelle in überwiegenden Teilen vom einstigen Eigentümer, der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (nachfolgend auch „BlmA“ genannt), an das Land Brandenburg übergeben.

So genannte schwer/schwerstbelastete Flächen (Munition, Altlasten) sind im Eigentum des Bundes geblieben. Die dem Bund weiterhin gehörenden wenigen Teilbereiche sind für das hier betrachtete Kraftwerksvorhaben aller Voraussicht nach nicht betroffen.

2.2.3 Flächenanalyse im Hinblick auf eine Elektrolyse-Anlage, etwaige Solaranlagen und etwaige Windenergieanlagenstandorte

Auf die bestehende planungsrechtliche Situation, insbesondere die planungsrechtlichen Restriktionen sind wir bereits eingegangen (oben unter 1.2). Die dort aufgeführten Vorgaben werden nachstehend kartographisch dargestellt. Planungsrechtliche Vorgaben ergeben sich insbesondere aus dem Landesentwicklungsplan (LEP B-B), dem Regionalplan Havelland-Fläming 2020 und den sonstigen vornehmlich naturschutzfachlichen Vorgaben (Landschaftsschutzgebiete, FFH-Gebiete etc.). Hieraus lässt sich sodann ableiten, auf welchen Standorten überhaupt bzw. am ehesten a) Speicherkomponenten wie Elektrolyse-Anlage oder Batterie, b) ein Solarpark und c) ein Windkraftprojekt je nebst Verkabelung umgesetzt werden kann. - Dazu im Einzelnen:

2.2.3.1 Überblick

Die **Abbildung 1** zeigt blau umrandet die Liegenschaftsabgrenzung, grün-grau unterlegt (braun umrandet) sind die, aus denkmalschutzrechtlicher Sicht relevanten Flächen zu erkennen; hierzu gehören auch die beiden Schießbahnen (je von Nordwest nach Südost verlaufend). Der ehemalige Flughafen bzw. die Start- und Landebahnen verlaufen von Ost nach West (mittig in der Abbildung dargestellt). Schließlich ist die Gemarkungsgrenze verzeichnet: Östlich bzw. südöstlich davon liegt das Gebiet der Gemeinde Am Mellensee; westlich bzw. nordwestlich schließt sich der Flächenbereich der Liegenschaft an, der auf das Gebiet der Gemeinde Nuthe-Urstromtal entfällt.

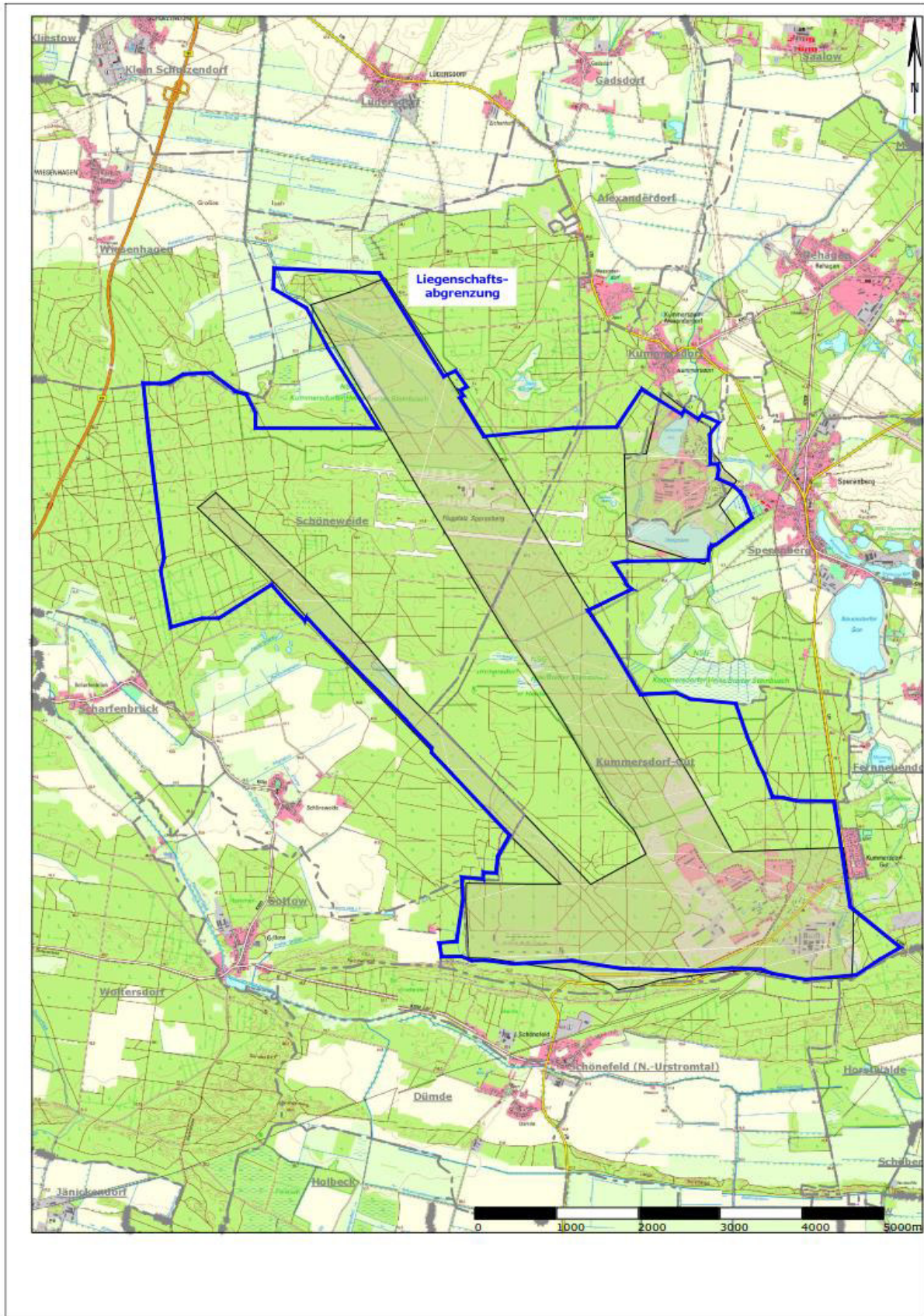


Abbildung 1: Liegenschaftsabgrenzung (blau), Gemarkung (grau), Denkmalschutz (braun);
Quelle: [1]

2.2.3.2 Restriktion: Landesentwicklungsplan (LEP)

Wie oben unter 1.2 dargestellt, gibt es Darstellungen des Landesentwicklungsplans Berlin-Brandenburg (LEP B-B), die einem speicher-kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk Sperenberg derzeit entgegenstehen, jedenfalls soweit einhergehend auch Windenergieanlagen errichtet werden sollen. Zu nennen ist vor allem das sog. Vorranggebiet Freiraum (Ziel 3.1.1 LEP B-B, nachstehend auch: Freiraumverbund-Kriterium). Der nach dem LEP B-B geltende Freiraumverbund ist in **Abbildung 2** in dunklerem Grün dargestellt. Danach betrifft die Freiraumverbunddarstellung insbesondere Flächen nördlich, östlich und südlich der Start- und Landebahn. Der Bereich der ehemaligen Start- und Landebahn sowie Bereiche ganz im Süden und Südwesten der Liegenschaft sind hingegen nicht vom Freiraumverbundkriterium erfasst. Die Flächen innerhalb des Freiraumverbundes scheiden - unabhängig von den zusätzlichen Restriktionen etwa aus dem Regionalplan Havelland-Fläming (dazu näher unten) - nach Rechtsansicht der Gemeinsamen Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg für eine Windenergienutzung schon gemäß LEP B-B aus.

Für die nicht vom Freiraumverbundkriterium erfassten Flächen legt der LEP B-B als Grundsatz zusätzlich so genannte empfindliche Teilräume der regionalen Landschaftseinheiten (vgl. Grundsatz 3.1.2 des LEP B-B) fest. Solche bloßen Grundsätze wären im Rahmen einer Einzelfallprüfung auch für eine WEA-Nutzung unter Umständen überwindbar (vgl. oben unter 1.2.1).

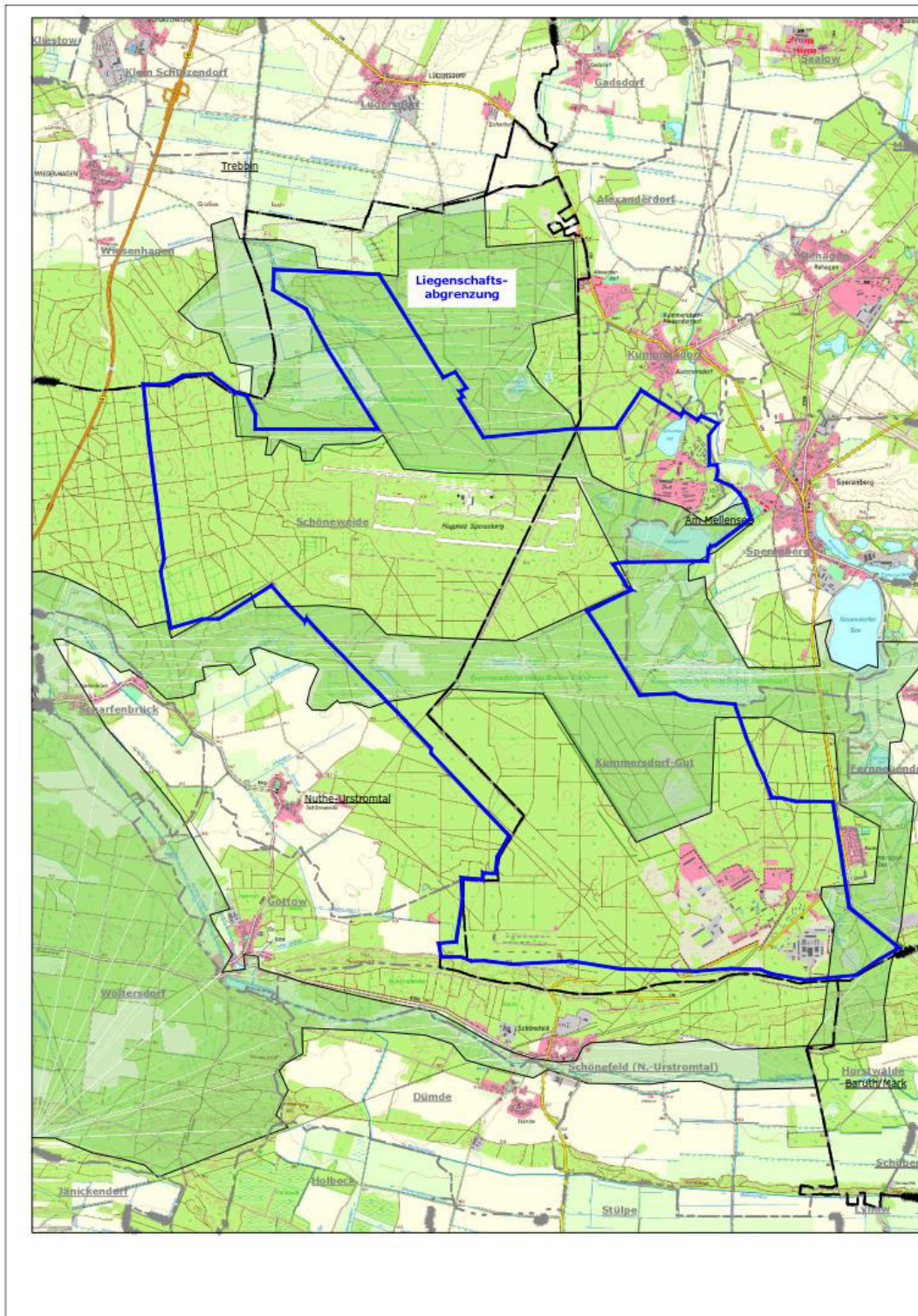


Abbildung 2: Liegenschaftsabgrenzung (blau), Gemarkung (grau/schwarz), Freiraumverbund (dunkleres Grün); Quelle: [1]

2.2.3.3 Restriktion: Regionalplan Havelland-Fläming

Wie ebenfalls oben unter 1.2.2 erläutert, befindet sich die *gesamte* Liegenschaft Sperenberg seit dem 30. Oktober 2015 im räumlichen Geltungsbereich des Regionalplans Havelland-Fläming 2020. Dieser Regionalplan umfasst eine Ausschlussplanung nach § 35 Absatz 3 Satz 3 BauGB, wonach Windenergieanlagen allein in dort dafür ausdrücklich vorgesehenen Eignungsgebieten (§ 8 Absatz

7 Nr. 3 ROG) errichtet und betrieben werden dürfen. In der gesamten Liegenschaft Sperenberg ist insoweit *kein* solches (Wind-) Eignungsgebiet im Regionalplan Havelland-Fläming 2020 dargestellt.

Ergänzt sei hier der Vollständigkeit wegen: Jenseits der hier behandelten Liegenschaftsfläche, und zwar östlich angrenzend, schließt sich das nach dem Regionalplan Havelland-Fläming 2020 ausgewiesene Windeignungsgebiet Nuthe-Birkhorst Nr. 32 (WEG 32) an. Es ist erkennbar in der **Abbildung 3**. Dort können mithin aus planungsrechtlicher Sicht, anders als auf der Liegenschaft Sperenberg selbst, gemäß den regionalplanerischen Darstellungen Windenergieanlagen errichtet und betrieben werden. Bis heute sind auch dort jedoch noch keine Windkraftanlagen errichtet worden.

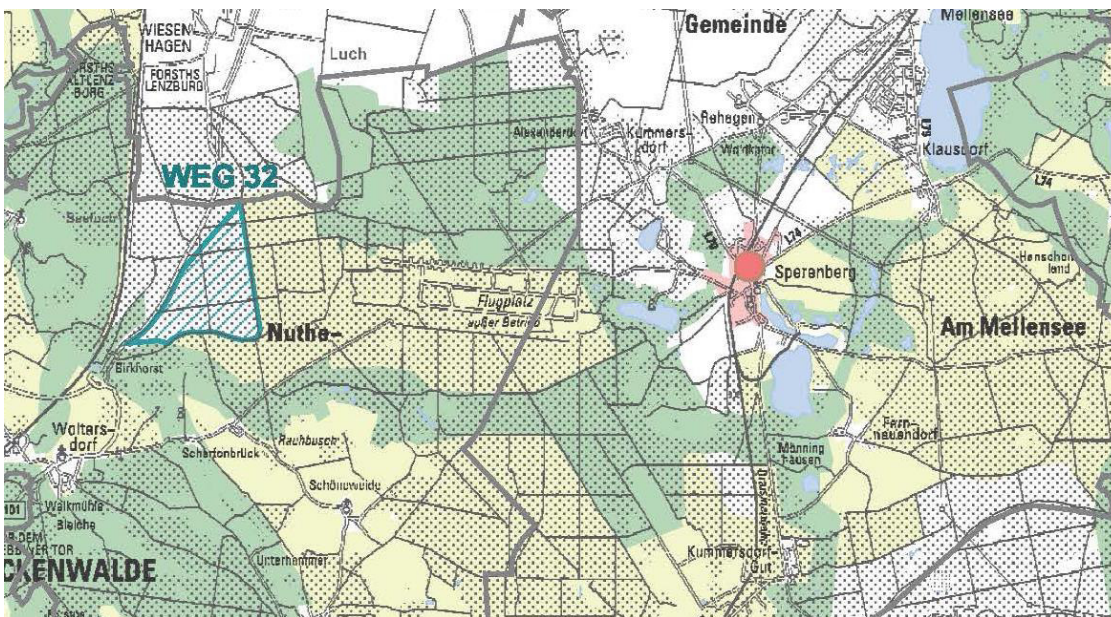


Abbildung 3: Windeignungsgebiet (grün); Quelle: [2], [3]

2.2.3.4 Gebietsschutz (FFH-Gebiete, Naturschutzgebiete)

Erhebliche Teilräume der Liegenschaft Sperenberg befinden sich zudem in einem als Naturschutzgebiet geschützten FFH-Gebiet. Es handelt sich um das FFH-Gebiet Kummersdorfer Heide / Breiter Steinbuch (FFH-Gebiet Nr. 508).

Das FFH-Gebiet Nr. 508 umfasst im Wesentlichen Flächen der Schießbahn-Ost mit Teilen der Artilleriebahn. Der FFH-Bereich auf der Liegenschaft besteht aus zwei Teilflächen nördlich und südlich der Liegenschaft (siehe **Abbildung 4**). Die nördliche Teilfläche weist eine Größe von rund 390 Hektar auf. Die südliche Teilfläche mit ca. 560 Hektar liegt etwa 1 km südwestlich von Sperenberg und reicht nah an das Kasernengelände Kummersdorf-Gut heran. Das FFH-Gebiet reicht die südliche Teilfläche in die Liegenschaft hinein (etwa 2/3 innerhalb und 1/3 außerhalb).

Die Abgrenzung des FFH-Gebiets ist weithin identisch mit den Grenzen des Naturschutzgebietes (NSG) Kummersdorfer Heide / Breiter Steinbuch (vgl. näher zur Abgrenzung und den geringfügigen Abweichungen Hoch C-Studie, dort Seite 63). Die Flächen des FFH-Gebiets sind zugleich Teilbereiche des Freiraumverbundes (oben **Abbildung 2**).

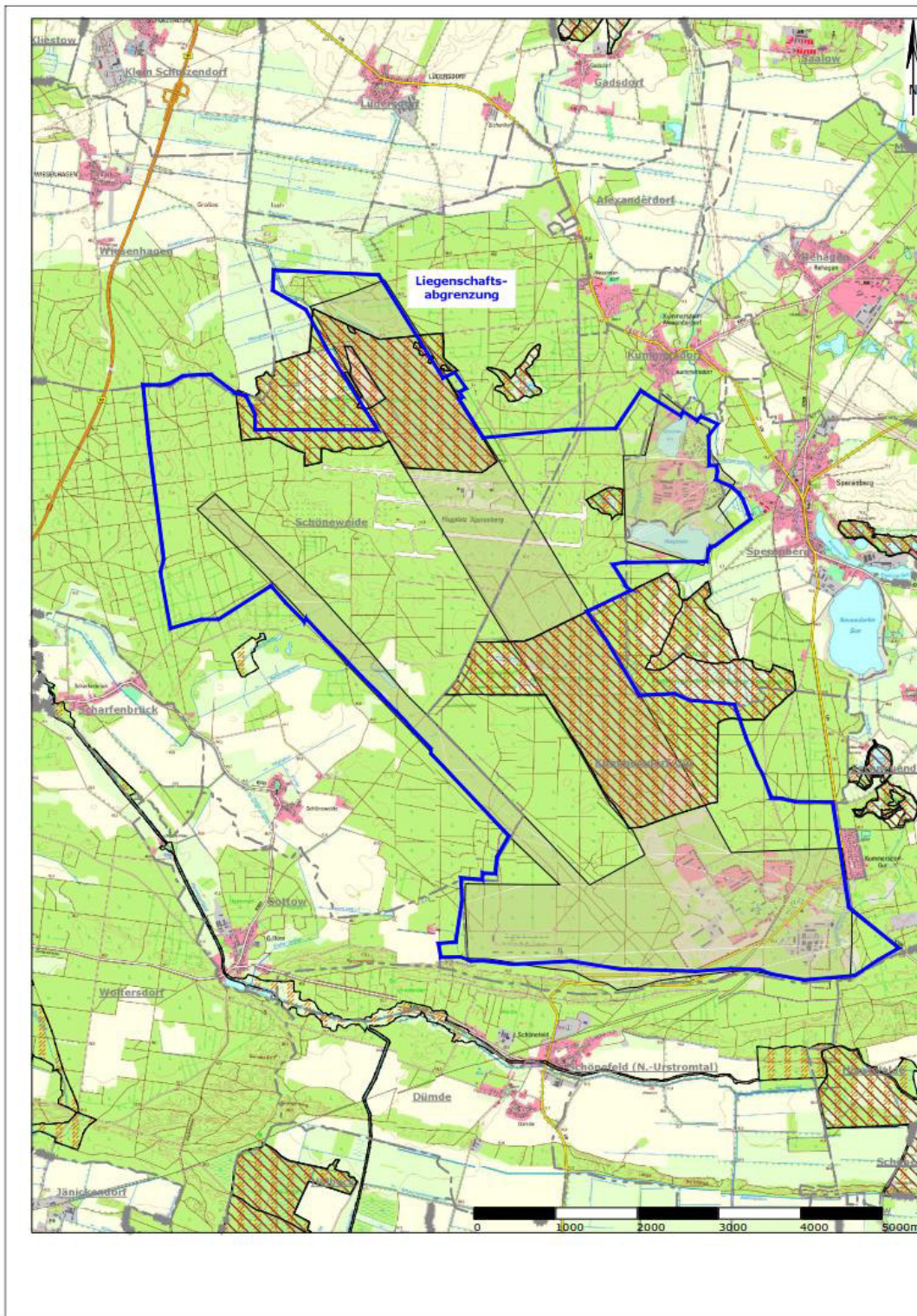


Abbildung 4: Liegenschafts-abgrenzung (blau), Denkmalschutz (braun), FFH-Gebiet und NSG (schraffiert); Quelle: [1]

2.2.3.5 Landschaftsschutzgebiet

Die Liegenschaft Sperenberg befindet sich - bis auf eine kleine Überschneidung im Südwesten - selbst nicht in einem Landschaftsschutzgebiet (LSG). Die **Abbildung 5** zeigt schraffiert das sich westlich, südlich und östlich gelegene Landschaftsschutzgebiet „Baruther Urstromtal und Luckenwalder Heide“.

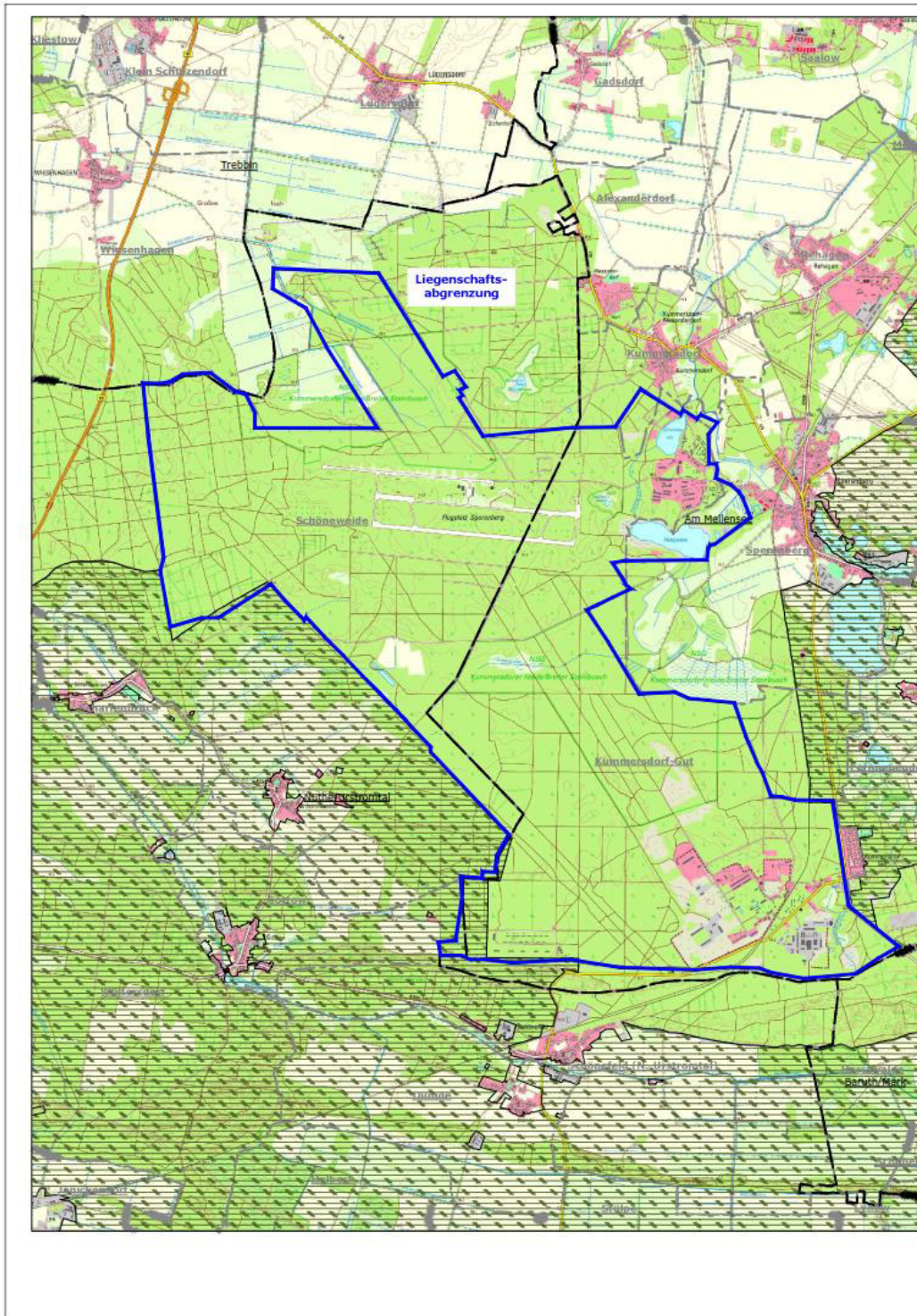


Abbildung 5: Liegenchaftsabgrenzung (blau), LSG (schraffiert) ; Quelle: [1]

2.2.3.6 Denkmalschutz

Im Rahmen der Umsetzung eines speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks Sperenberg sind maßgeblich auch denkmalschutzrechtliche Aspekte von Relevanz. Insoweit sind in der **Abbildung 6** die denkmalschutzrechtlich bedeutsamen Flächen rot umrandet nochmals hervorgehoben (vgl. schon **Abbildung 1**). Deutlich wird in der **Abbildung 6**, dass die ehemaligen Schießbahnen sowie insbesondere die ehemaligen Militärliegenschaften im Süden der Liegenchaft

von besonderer denkmalschutzrechtlicher Bedeutung sind. Überdies haben die Denkmalschutzbehörden namentlich der Errichtung von Windenergieanlagen jedenfalls innerhalb der beiden geschützten Bereiche der vormaligen Schießbahnen widersprochen.

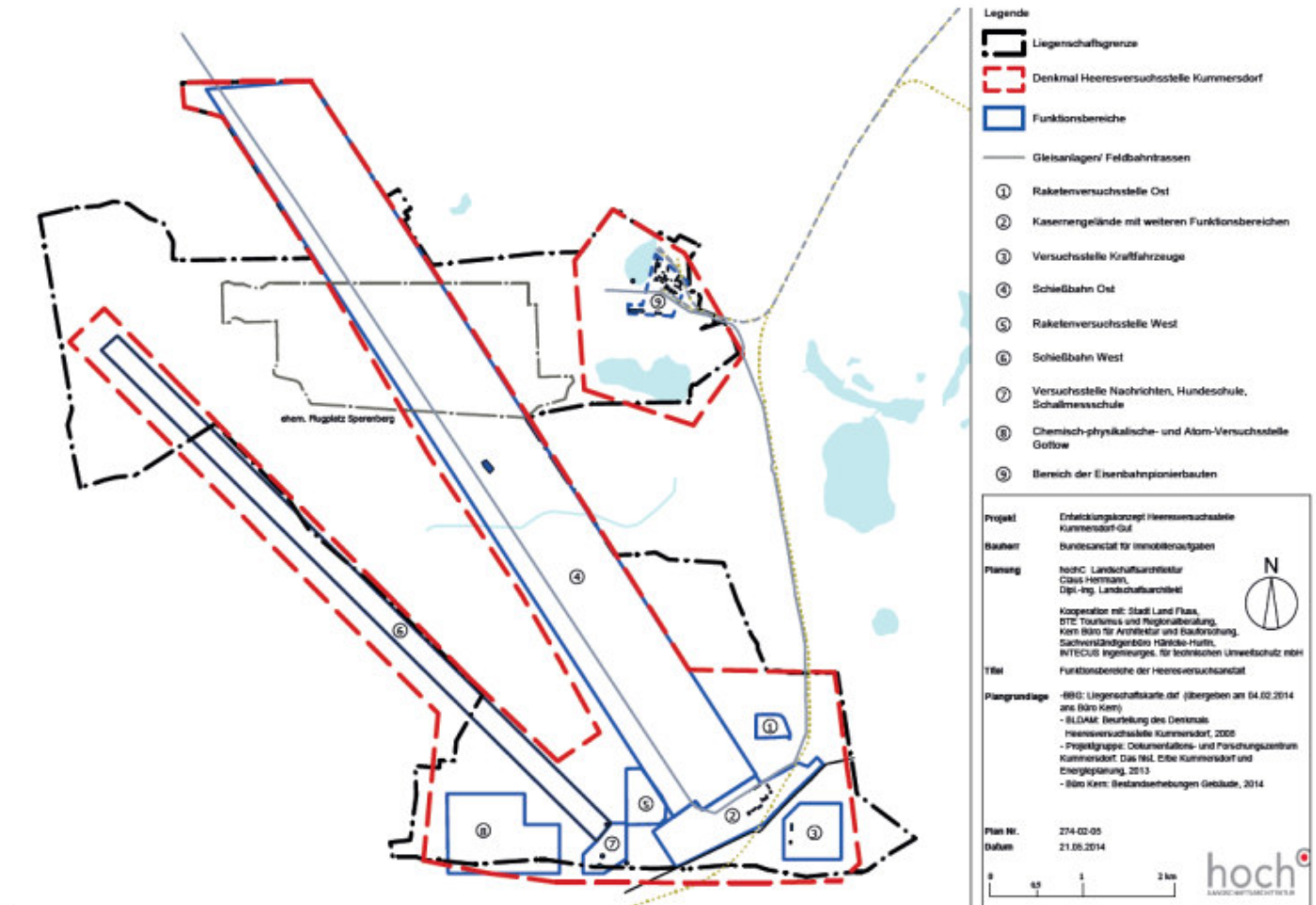


Abbildung 6: Liegenschaftsgrenze (schwarz), Denkmalschutz (rot); Quelle: [4]

2.2.3.7 Landschaftsrahmenplan des Landkreises Teltow-Fläming

Nachstehend sind noch zwei Abbildungen aus dem Landschaftsrahmenplan (LRP) des Landkreises Teltow-Fläming (Stand 2010) dargestellt (**Abbildung 7** und **Abbildung 8**). Im Landschaftsrahmenplan ist verzeichnet, dass es im Bereich der Liegenschaft zumindest vereinzelt Biotope gibt. Insoweit sind absehbar keine ein Erneuerbare-Energien-Kraftwerk gänzlich hindernden Konflikte zu erwarten (vgl. oben 1.3.2.2). Entsprechendes gilt bezogen auf die Entwicklungsziele gemäß Landschaftsrahmenplan. So ist für den Bereich der ehemaligen Start- und Landebahnen dort ausdrücklich festgelegt: „Sanierung / Umnutzung oder Rückbau ehemals militärisch genutzter Bebauung“. Im Übrigen geht es um den Erhalt und die Entwicklung von Laubwäldern und Laubholzforsten, allerdings nur jenseits der ehemaligen Start- und Landebahnen.

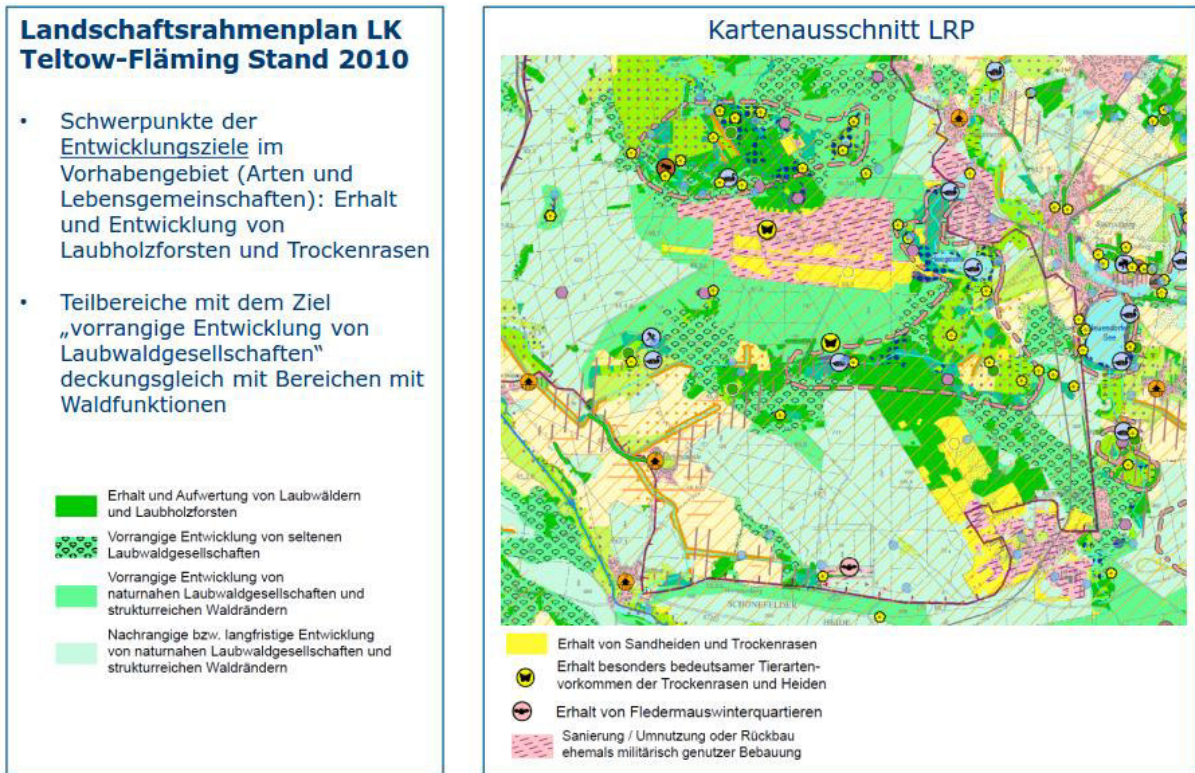


Abbildung 7: Ausschnitt LRP; Quelle: [5]

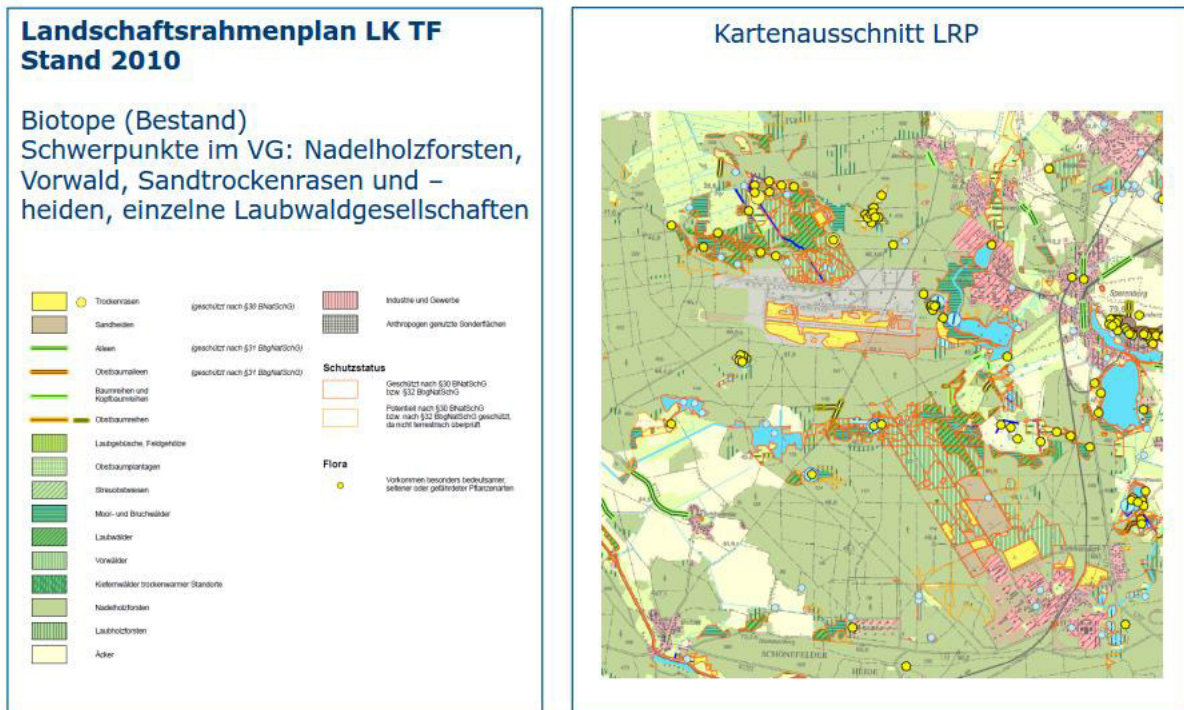


Abbildung 8: Ausschnitt LRP; Quelle: [5]

2.3 Schlussfolgerungen: Potentielle Standorte für die einzelnen Komponenten

Auf Grundlage der oben erläuterten planungsrechtlichen Vorgaben und räumlichen Restriktionen für einzelne Bereiche der Liegenschaft ist nachfolgend der Frage nachzugehen, an welcher Stelle ein speicher-kombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk Sperenberg bzw. deren einzelne Komponenten zukünftig möglicherweise umgesetzt werden kann. In **Abbildung 9** sind zusammenfassend und zur besseren Übersicht die Liegenschaftsgrenzen und die die Liegenschaft betreffenden FFH-Gebietsflächen bzw. Naturschutzgebietsflächen eingezeichnet. **Abbildung 9** verzeichnet auch grob die nach den (nicht abgeschlossenen) Bebauungsplänen der Standortkommunen erwogenen Bereiche für Solaranlagen (in der Abbildung gelb eingezeichnet). Sie befinden sich zum einen im Bereich der ehemaligen Start- und Landebahnen, zum anderen südlich im Bereich der ehemaligen Militärliegenschaften.

Ergänzend verzeichnet ist dort noch ein aus der benachbarten Windkraftplanung Birkholz vermuteter Seeadlerhorst mit einem für die etwaige Windkraftnutzung relevanten 3-km-Radius (blau-violetter Kreis im Nordwesten der Karte). Solche Seeadlervorkommen stehen regelmäßig einer Windkraftnutzung aus artenschutzrechtlichen Gründen entgegen (vgl. oben 1.3.1.1).

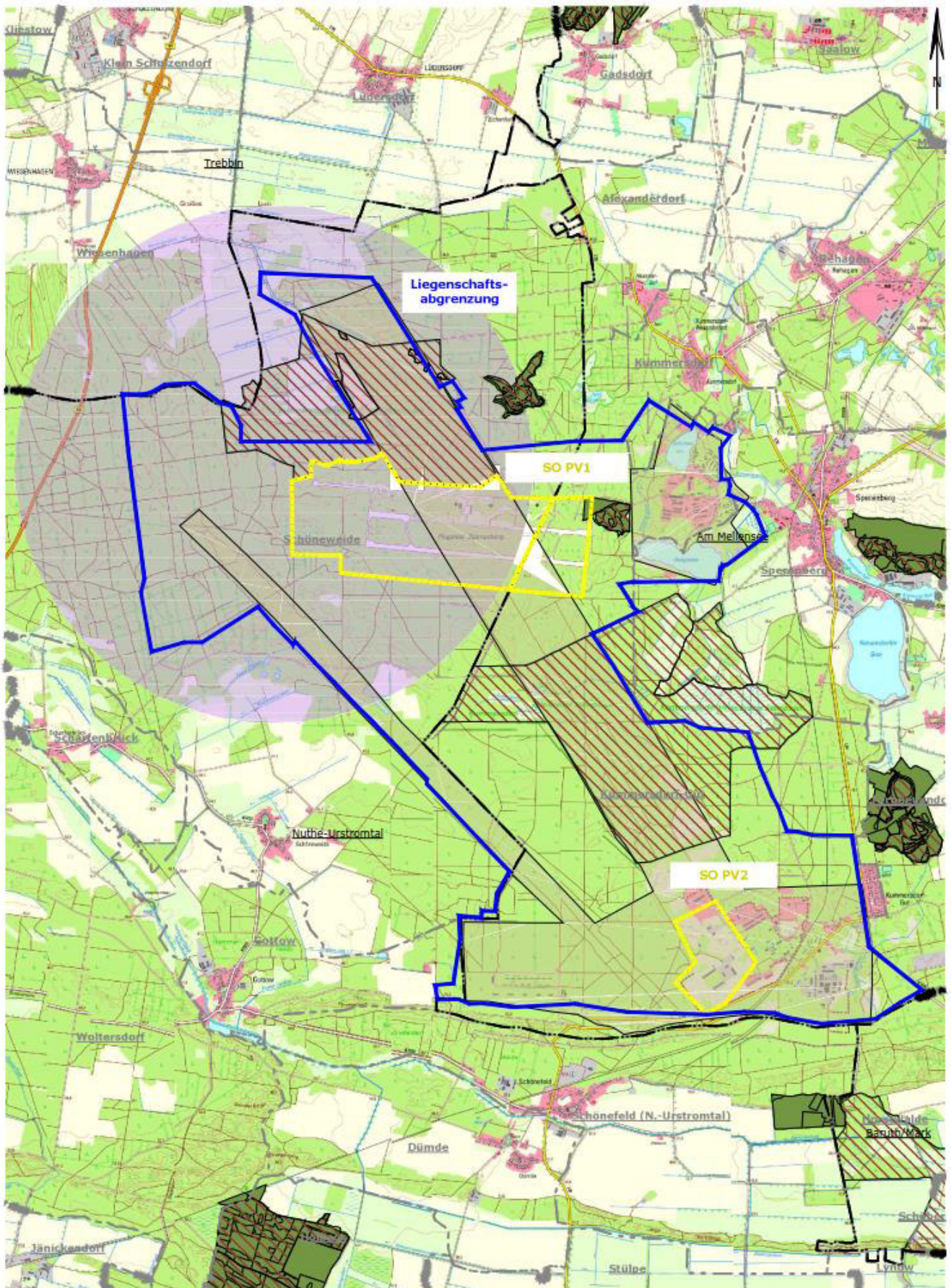


Abbildung 9: Liegenschaft (blau), Denkmalschutz (braun), FFH-Schutzgebiet und NSG (schraffiert), SO PV (gelb), Biotopschutz (dunkelgrün); Quelle: [1]

Auf Grundlage der oben dargestellten Restriktionen und der genannten Planungen kann damit zusammenfassend der Frage nachgegangen werden, in welchen Teilbereichen der Liegenschaft Sperenberg einzelne Komponenten eines speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerkes (Elektrolyse, Photovoltaik, Windkraft; vgl. zu Netzanschluss und Verkabelung oben 1.3) potentiell errichtet werden könnten (teils unter Abänderung vorhandener planungsrechtlicher Restriktionen).

Dazu im Einzelnen:

2.3.1 Speicherkomponenten Elektrolyse-Anlage oder Batterie

Eine Elektrolyse-Anlage hat typischerweise einen geringen Flächenanspruch. Es bedarf einer Halle für die Elektrolyse-Technik, die regelmäßig einen geringen Flächenbedarf aufweist (z. B. 20 m x 15 m). Mit Nebenanlagen kann der Flächenbedarf sodann rund 30 m x 40 m betragen.

Gerade wegen der geringen Flächeninanspruchnahme gibt es, auch mit Blick auf die denkmalschutzrechtlichen Restriktionen und Einwände der Denkmalfachbehörden, absehbar mehrere Standorte im Bereich der Liegenschaft, an der eine entsprechende Elektrolyse-Anlage errichtet werden könnte. Die Standortwahl sollte sich aus praktischen und technischen Gründen an dem Standort der PV-Anlagen orientieren. So ist z. B. eine gemeinsame Einzäunung möglich. Aus technischen Gründen sollte eine Elektrolyse-Anlage zudem möglichst nahe an den Stromerzeugungsanlagen errichtet werden. Der in **Abbildung 10** rot eingezeichnete potentielle Standort orientiert sich an diesen Vorgaben. Sollten sich die Standorte z. B. aus Gründen des Biotop- oder Denkmalschutzes nach einer Detailplanung als ungeeignet erweisen, dürften in verschiedenen Bereichen der Liegenschaften Alternativstandorte in Betracht kommen (Ergänzung: Aktuell wird in der Machbarkeitsstudie aus technischen Gründen mit Speicherkomponenten in räumlicher Nähe des Gasturbinenkraftwerks Thyrow geplant.)

2.3.2 Standorte für Photovoltaik-Anlagen

Im Hinblick auf potentielle Standorte PV-Anlagen liegt nahe, zunächst auf die (bisher nicht zu Ende geführten) Bebauungsplanaufstellungsverfahren der Gemeinde Am Mellensee und der Gemeinde Nuthe-Urstromtal und deren räumliche Geltungsbereiche zurückgreifen. So fasste die Gemeinde Am Mellensee mehrere Aufstellungsbeschlüsse für Bebauungspläne mit dem Ziel, Photovoltaik-Freianlagen zu errichten (oben unter 1.2.3). Ebenso hatte die Gemeinde Nuthe-Urstromtal solche Aufstellungsbeschlüsse gefasst. Beide Standortgemeinden haben aber die Aufstellungsverfahren nunmehr seit Jahren nicht fortgeführt.

Um die Errichtung und den Betrieb von PV-Anlagen zu ermöglichen, sind vorab aber grundsätzlich Bebauungspläne mit Festsetzungen zur PV-Nutzung aufzustellen. Dafür ist auch der Flächennutzungsplan der Gemeinde Am Mellensee fortzuschreiben (oben 1.2.3.1.3; dies ist parallel zur Aufstellung des Bebauungsplans zulässig; § 8 Absatz 3 Satz 1 Baugesetzbuch). Die genehmigungsrechtliche Zulässigkeit von PV-Anlagen hängt deshalb - vorab - von der Frage ab, ob die Gemeinde Am Mellensee und die Gemeinde Nuthe-Urstromtal bzw. deren Gemeinderatsmitglieder in ihrer Mehrheit die Bebauungsplanverfahren in Zukunft fortführen und zum Abschluss bringen wollen. Im Rahmen dessen werden auch auf Grundlage noch zu erstellender detaillierter Planungen die absehbaren Konflikte mit Belangen des Artenschutzes (z. B. Reptilienarten wie Zauneidechse, Glattnatter, dazu oben unter 1.3.1.1.2) und des Denkmalschutzes

zu bewältigen sein. Am ehesten wird eine Bauflächen-Festsetzung in den bereits vorbelasteten bzw. versiegelten Bereichen zulässig sein.

In **Abbildung 10** sind ungeachtet der bis heute fehlenden bauleitplanerischen Voraussetzungen die räumlichen Geltungsbereiche der (nicht abgeschlossenen) Bebauungsplan-Aufstellungsgebiete dargestellt (gelb und blau hervorgehoben). Die Grenzen waren so gewählt, dass FFH-Gebiete, Naturschutzgebiete und Freiraumverbund räumlich nicht tangiert werden. Planungsziel der Kommunen war danach insbesondere, Photovoltaik-Anlagen auf den ehemaligen Start- und Landebahnen sowie im Bereich des ehemaligen Guts Kummersdorf zuzulassen. Nach Angaben von MEKS kommt namentlich auf den heute überbauten und versiegelten Flächen ein Bereich 168,12 Hektar in Betracht. Es handelt sich dabei um die überbaute Startbahn und Rollbahn (ca. 94,14 Hektar) und die teils überbauten, teils unversiegelten Flächen zwischen den genannten Bahnen (ca. 73,97 Hektar). In **Abbildung 10** sind die Flächen blau gekennzeichnet.

Teilweise liegen die potentiell für Photovoltaik-Anlagen geeigneten Flächen in der denkmalschutzfachlich geschützten Schießbahn-Ost. Ob die insoweit absehbar betroffenen denkmalschutzfachlichen Bedenken im Rahmen einer Bauleitplanaufstellung überwunden werden können, hängt maßgeblich von einer etwaigen Verständigung mit der Denkmalfachbehörde und/oder einer entsprechend detaillierten Abwägung im Rahmen einer etwaigen Fortführung der Bebauungsplanaufstellungsverfahren ab (vgl. oben 1.3.3). Ob und vor allem in welchem Umfang dies möglich ist und zugleich auch den Planungswillen der Kommunen entspricht, lässt sich heute nicht abschätzen. Eine Photovoltaik-Nutzung ist aber unter der Voraussetzung, dass ein Bebauungsplan unter Berücksichtigung und Abwägung von denkmalschutzfachlichen Belangen erfolgt, zukünftig planungsrechtlich zulässig.

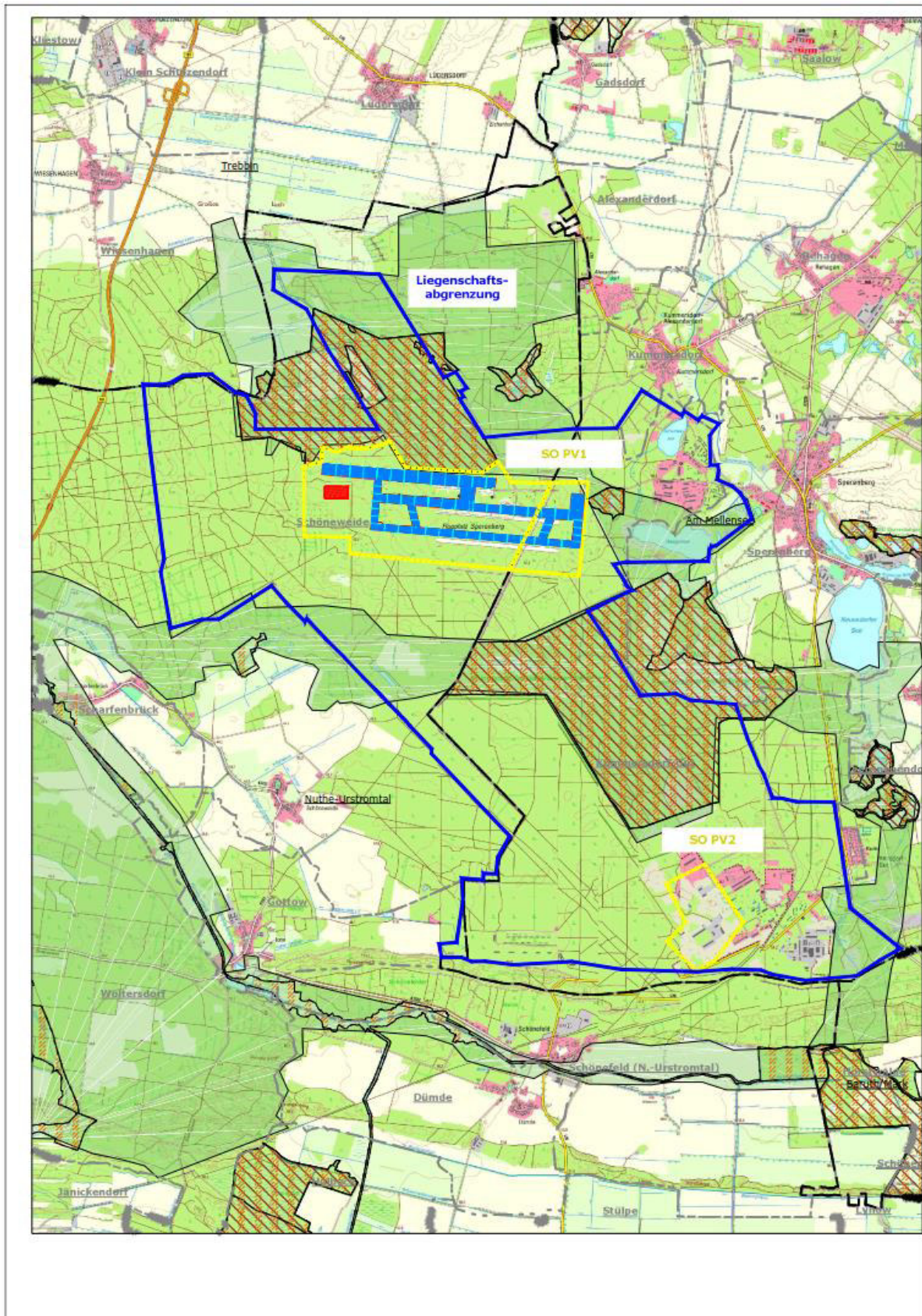


Abbildung 10: Liegenschaft (blau), FFH-Schutzgebiet und NSG (schraffiert), SO PV (gelb), räumlicher Geltungsbereich der Bebauungspläne (gelb/blau); Quelle: [1]

2.3.3 Windkraftnutzung

Eine Windkraftnutzung scheidet nach den Vorgaben des Regionalplans Havelland-Fläming 2020 für die gesamte Liegenschaft grundsätzlich aus. Es bedarf hier einer Fortschreibung der Regionalplanung oder einer Zielabweichung (oben unter 1.2.2 und 1.5.2.2). Dabei dürfte aber etwa im Rahmen einer Fortschreibung nach den sodann neu zu bildenden Auswahlkriterien eines Regionalplans Havelland-Fläming unter Verweis auf die in der Liegenschaft Sperenberg ausgewiesenen FFH-Gebiete / Naturschutzgebiete und den heute schon bekannten Seeadlerhorst im Nordwesten der Liegenschaft am ehesten der in **Abbildung 11** genannte Bereich für eine Windkraftnutzung zur Verfügung stehen können. Die dargestellten Grenzen einer Potentialfläche sind dabei so gewählt, dass FFH-Gebiete, Naturschutzgebiete und Freiraumverbund (nach LEB-BB, vgl. oben unter 1.2.1) räumlich nicht tangiert würden und auch der (derzeit vermutete) Seeadlerhorst samt dem Radius von 3 km unberührt bleibt.

Nicht ausgeschlossen erscheint nach den liegenschaftlichen Voraussetzungen, dass solche Flächen im Süd-Westen der Liegenschaft für eine Windkraftnutzung auch seitens der Regionalplanung geöffnet werden könnten (siehe **Abbildung 11**). Zu prüfen wäre in diesem Fall seitens der Regionalplanung Havelland-Fläming, ob die genannte Fläche ganz oder unter Umständen auch nur in Teilen als Wind-Eignungsgebiet ausgewiesen werden soll. Sollte ein entsprechender planerischer Wille der Regionalplanung bestehen, wäre für diesen Fall aber insbesondere auch zu prüfen, ob eine Windkraftnutzung - so wie dargestellt außerhalb der FFH-Schutzgebiete - mit den Erhaltungszielen des FFH-Gebietes vereinbar ist (und zwar auch bei Auslassung der FFH-Gebiete; siehe oben unter 1.3.1.2). Zudem müsste ein in der Vergangenheit nicht gelungener Konsens mit den Denkmalschutzbehörden zur denkmalschutzverträglichen Gestaltung der Gesamtliegenschaft unter Einschluss von Windkraftnutzungen erreicht werden, und zwar namentlich unter dem Gesichtspunkt des Umgebungsschutzes.

Gemäß der zeichnerischen Darstellung sind hiernach, sollten die raumordnungsrechtlichen Voraussetzungen geschaffen und die genannten Konflikte planerische bewältigt werden, geschätzt 15 bis 18 Windenergieanlagen moderner Bauart denkbar.

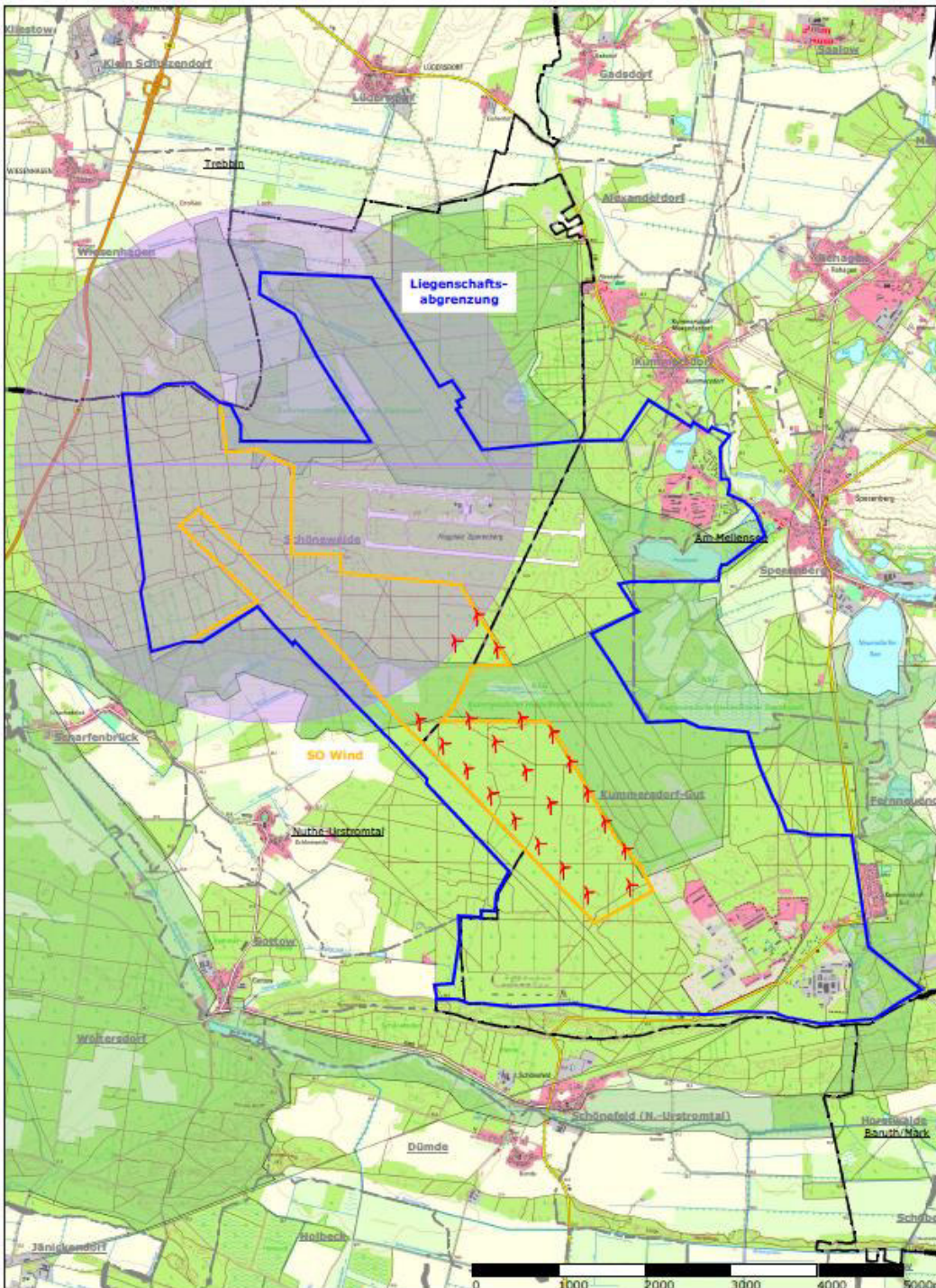


Abbildung 11: Liegenschaft (blau), FFH-Schutzgebiet (schraffiert), SO PV (gelb), räumlicher Geltungsbereich der Bebauungspläne (gelb/blau); Quelle: [1]

2.4 Zusammenfassung

Eine Analyse der Liegenschaft (ehemalige Heeresversuchsanstalt) ergibt, dass derzeit die (fehlenden) planungsrechtlichen Vorgaben der Standortkommunen Am Mellensee und Nuthe-Urstromtal wie auch die überörtlichen, insbesondere die regionalplanerischen Vorgaben einem speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk im Grundsatz zunächst entgegenstehen. So ist für die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen vorab die Fortschreibung der

Flächennutzungsplanung sowie die Aufstellung von Bebauungsplänen erforderlich. Hierfür sind vorab entsprechende Entwurfsplanungen zu erstellen. Ob und für welche konkreten Bereiche dabei absehbare Konflikte (etwa im Bereich des Denkmalschutzes und des Artenschutzes) überwunden werden können, lässt sich derzeit nicht abschätzen. Absehbar werden Photovoltaik-Anlagen am ehesten im Bereich der ehemaligen Start- und Landebahnen umsetzbar sein.

Windenergieanlagen sind im gesamten Bereich der Liegenschaft jedenfalls nach den Vorgaben des Regionalplans Havelland-Fläming 2020 derzeit unzulässig (vgl. aber zu sog. Zielabweichungsverfahren oben unter 1.5.2.2). Nicht ausgeschlossen erscheint, dass etwa im Rahmen einer Fortschreibung des Regionalplans auch im Bereich der Liegenschaft möglicherweise Eignungsgebiete zur Windkraftnutzung zukünftig ausgewiesen werden können. In Betracht kommen dabei vor allem solche Flächen, die nicht in der Freiraumverbundfläche nach dem Landesentwicklungsplan Berlin-Brandenburg liegen und zugleich die Naturschutzgebiete / FFH-Gebiete aussparen. Potentielle Standortbereiche ergeben sich insoweit vor allen Dingen im Südwesten der Liegenschaft, sollte denn zu einem späteren Zeitpunkt eine entsprechende Fortschreibung der Regionalplanung erfolgen bzw. eine Zielabweichung gewährt werden (vgl. Praxis in Mecklenburg-Vorpommern).

Für die Elektrolyse-Anlage ist derzeit ein Standort jenseits der Liegenschaft im Bereich des Gasturbinenwerks Thyrow vorgesehen. Im Bereich der Liegenschaft wäre eine entsprechende Kraftwerkskomponente insbesondere dann zulässig, würde auch hierfür die Standortkommune eine entsprechende Festsetzung im Rahmen eines Bebauungsplans treffen (vgl. dazu oben unter 1.2.3.2).

3. Technische Umsetzbarkeit

In AP 2 werden ausgehend von der bestehenden gas- und stromseitigen Infrastruktur vier Szenarien für ein speicherkombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk am Standort Sperenberg/Thyrow entworfen.

3.1 Energietechnische Ist-Situation

Zunächst wird die Ist-Situation der angrenzenden energietechnischen Infrastruktur am Standort Thyrow, einschließlich ihrer Hauptkomponenten, strom- und gaseitig erfasst und analysiert. Zu den Hauptkomponenten der Infrastruktur zählen insbesondere:

- Gaseitig: Gasturbinenkraftwerk Thyrow angeschlossen an eine Gastransportleitung mit einem Erdgas-Röhrenspeicher
- Stromseitig: Umspannwerk Thyrow mit einem Anschluss an das Übertragungs- und Verteilnetz sowie das Bahnstrom-Umrichterwerk

Die beschriebene Infrastruktur befindet sich jeweils in unmittelbarer räumlicher Nähe zueinander am Standort Thyrow. Dieser liegt rund 12 km Luftlinie nördlich vom „Flugplatz Sperenberg“ der Fläche der ehemaligen Heeresversuchsanstalt Kummersdorf.

Neben der Erstellung eines graphischen Anlagenschemas (vgl. **Abbildung 12**) wird nachstehend eine tabellarische Zusammenstellung der wesentlichen technischen Kenndaten der Hauptkomponenten vorgenommen.

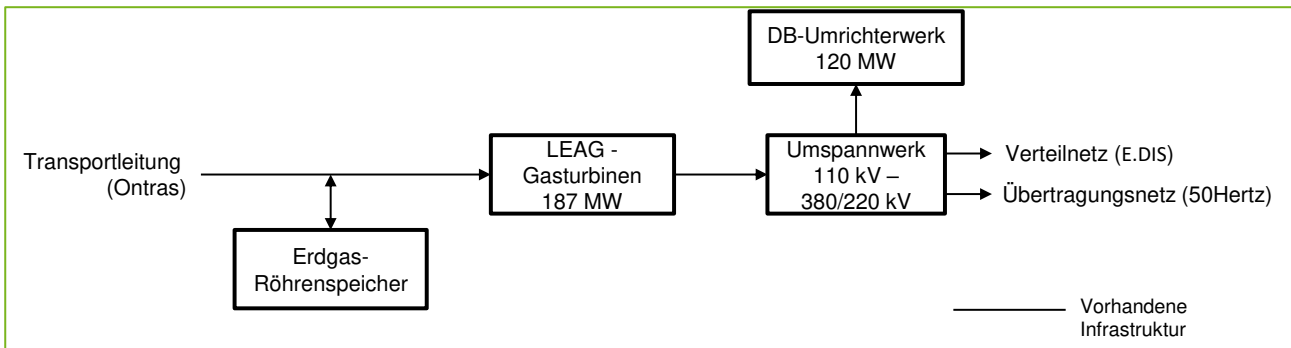


Abbildung 12: Ist-Situation energietechnischer Infrastruktur Thyrow – Anlagenschema

3.1.1 Gasturbinenkraftwerk Thyrow

Besitzer und Betreiber des Gasturbinenkraftwerks Thyrow ist die Lausitzer Energie Kraftwerke AG (LEAG). Laut Angaben der LEAG sind im Jahr 2016 fünf der acht vorhandenen Gasturbinen sowie der Erdgasröhrenspeicher bis Mitte 2018 auf Anforderung des Übertragungsnetzbetreibers 50Hertz von der Bundesnetzagentur als systemrelevant eingestuft worden. Eine Verlängerung der entsprechenden Systemrelevanz um weitere zwei Jahre gilt als sehr wahrscheinlich. Systemrelevanz bedeutet, dass diese Gasturbinen-Blöcke nicht zur Teilnahme am Strommarkt zugelassen sind [6]. Sollte es zu einem Netzausfall kommen, sollen die schwarzstartfähigen Gasturbinen in Kombination mit dem Braunkohlekraftwerk Jänschwalde den schrittweisen Wiederaufbau des Übertragungsnetzes gewährleisten [6].

Zwischenzeitlich ist durch LEAG ein Vermarktungsprozess der nicht systemrelevanten Gasturbinen erfolgt. Im Ergebnis steht im Monat Dezember 2017 nur noch eine der nicht systemrelevanten Gasturbinen für eine Nachnutzung zur Verfügung. LEAG steht einer Verwendung der verbleibenden Gasturbine im Rahmen eines speicher kombinierten EE-Kraftwerks unter wirtschaftlichen Bedingungen grundsätzlich positiv gegenüber, wie aus der Aussage von Frank Mehlow (Leiter Energiewirtschaft) vom Dezember 2016 hervorgeht [6] [7]:

„Die verbleibende Gasturbine wäre beispielsweise geeignet und verfügbar für Pilotprojekte zur Speicherung erneuerbarer Energie. Da sind wir an Kooperationen und dem Aufbau einer geeigneten Infrastruktur sehr interessiert, insofern es sich um wirtschaftlich selbsttragende Konzepte handelt.“

Die grundsätzliche Gesprächsbereitschaft und Offenheit für eine Beteiligung an einem speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk bestätigte die LEAG im persönlichen Gespräch im August 2017 nachdrücklich.

Im Folgenden werden technische Informationen zum Gasturbinenkraftwerk Thyrow (GTKW Thyrow) sowie zum Erdgas-Röhrenspeicher dargestellt.

3.1.1.1 Gasturbinen-Blöcke

Wesentliche technische Daten zum GTKW Thyrow sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Kenndaten Gasturbinenkraftwerk Thyrow

Betreiber	Lausitz Energie Kraftwerke AG	[6]
Elektrische Leistung	187 MW (Blöcke A-E in Betrieb)	[6]
Blöcke A bis D	Typ „Alstom PG6461B“ je 36,5 MW Inbetriebnahme: 1987	[8]
Blöcke E, G, H	Typ „Alstom PG6541B“ je 37,5 MW Inbetriebnahme: 1989	[8]
Nenn-Erdgasverbrauch	12.202 Nm ³ /h mit 36 MJ/Nm ³	[7]
Nettowirkungsgrad	31,41 %	[7]
Anfahrzeit Normalstart	13,5 min	[7]

Zur Einordnung des „Standes der Technik“ der Gasturbinen sei erwähnt, dass es seit der Inbetriebnahme 1987 bzw. 1989 technologische Fortschritte gab. Unter anderem konnten Effizienzsteigerungen erzielt werden, wodurch man heutzutage bei Neuinstallationen eher von einem Nettowirkungsgrad von etwa 40% ausgeht. Weiter kann der Gesamtwirkungsgrad verbessert werden, wenn die Abwärme aus dem Gasturbinen-Prozess in einem Dampfkreislauf genutzt (GuD) wird. In diesem Fall kann ein Strom-Wirkungsgrad von etwa 60 % erreicht werden.

Die vorliegenden Gasturbinen in Thyrow besitzen im Vergleich mit anderen deutschen Gaskraftwerken einen niedrigen Wirkungsgrad. Aus diesem resultieren relativ hohe spezifische Stromgestehungskosten. Da momentan selbst effizientere Gaskraftwerke in Deutschland nicht ausgelastet sind, ist der wirtschaftliche Betrieb der vorhandenen Gasturbinen in Thyrow unter den jetzigen regulatorischen Rahmenbedingungen, ohne die Nutzung und Vermarktung von Abwärme, in der Praxis nicht möglich [7]. Vor diesem Hintergrund ist für die LEAG, neben der Nachfolgenutzung in einem Pilotprojekt, weiterhin ein Verkauf der nicht systemrelevanten Blöcke eine Option [7].

Wasserstoff-Toleranz der Gasturbine

Zur Wasserstoff-Toleranz der Gasturbinen konnten seitens der LEAG keine abschließenden Angaben gemacht werden. Bereits laufende Untersuchungen in Kooperation mit GE (vormals Alstom) dieser Art wurde mit der Anmeldung zur Stilllegung nicht weiter bearbeitet [7].

Der Hersteller GE gibt an, dass ein Betrieb mit 5 Vol.-% Anteil Wasserstoff ohne weitere Anpassungen möglich ist. Höhere Wasserstoff-Anteile darüber hinaus seien prinzipiell möglich. Eine allgemeingültige Aussage zur Größenordnung kann jedoch nicht getroffen werden.

Hierzu wird eine Einzelfallbetrachtung durch GE selbst erforderlich, in der die genaue Zusammensetzung des beabsichtigten Gasgemisches vorgegeben sein muss. Eine solche Untersuchung ist mit einem Zeitrahmen von etwa zwei Monaten anzusetzen.

Die Sekundärliteratur legt nahe, dass sich Turbinen desselben Typs weltweit mit unterschiedlichen Gasgemischen (Prozess-, Raffinerie- und Synthesegase) und Wasserstoffanteilen zwischen 46,8 - 95 Vol.-% in Betrieb befinden [9].

3.1.1.2 Erdgas-Röhrenspeicher Thyrow

Das Erdgassystem umfasst neben dem Gasleitungsnetz zum Transport und der Verteilung des Erdgases auch Gasspeicher zum Ausgleich von „starken saisonalen und tageszeitlichen Schwankungen“ [10, p. 313]. Bei den Gasspeichern wird zwischen Untergrundgasspeichern (UGS) und Obertagespeichern unterschieden. In Deutschland existieren im Wesentlichen zwei Arten von UGS: Kavernen- sowie Porenspeicher. Vereinfacht gesagt: Es handelt sich im Falle von Kavernen-UGS um sehr große Hohlräume in Salzgestein bzw. bei Poren-UGS um ein großes zusammenhängendes Volumen durchlässiger, poröser Gesteinsschichten tief im Untergrund, die von einer dichten Gesteinsschicht, dem Deckgebirge aus Ton- oder Salzgestein, abgeschirmt werden. In **Abbildung 13** werden diese beiden Speicherungsmöglichkeiten schematisch veranschaulicht. UGS besitzen ein Speichervolumen von mehreren Hundertmillionen bis mehreren Milliarden Nm³ Arbeitsgas.

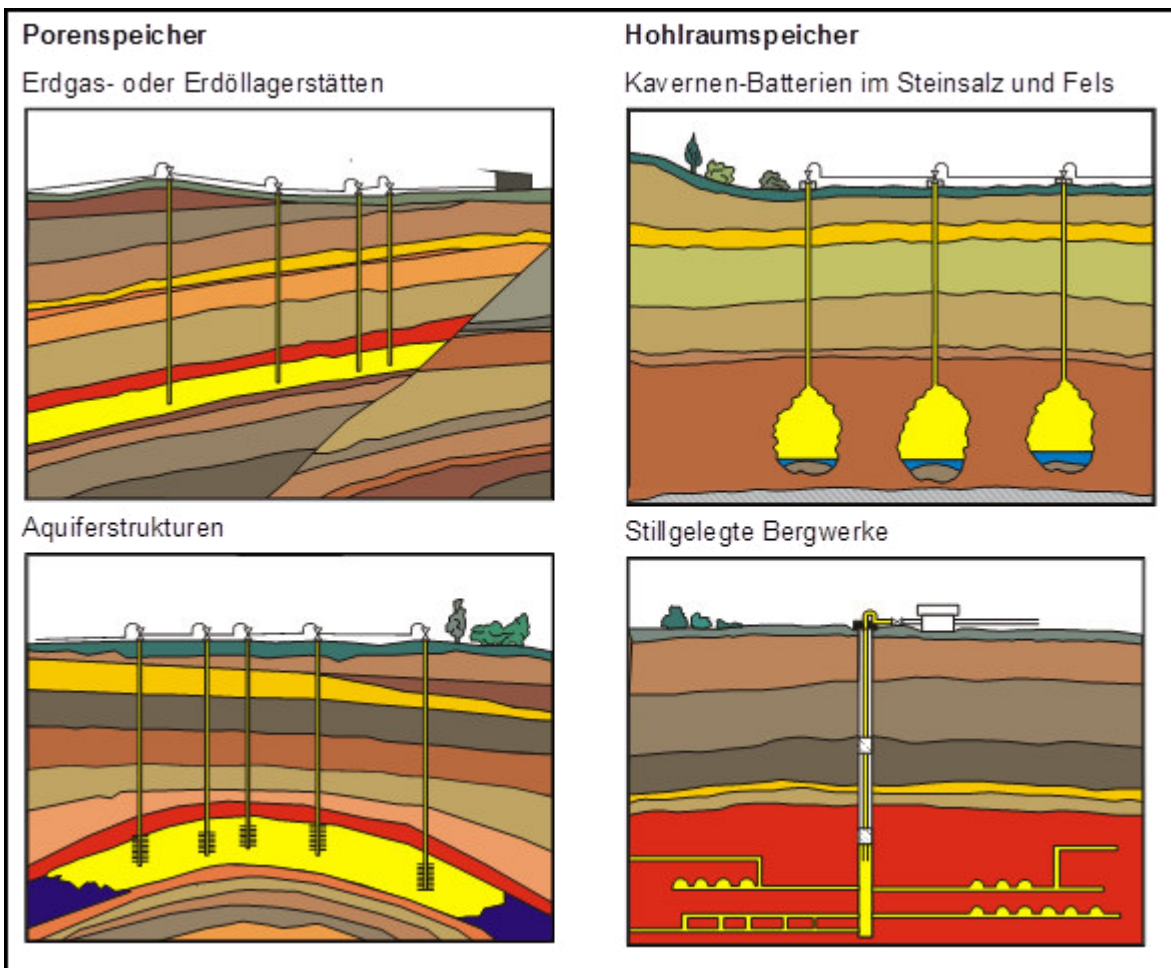


Abbildung 13: Schematische Darstellung Untergrundgasspeicher (DBI-Darstellung)

Erdgas-Röhrenspeicher hingegen - wie am GTKW Thyrow vorliegend - zählen zu den sogenannten Obertagespeichern, die im Erdgasnetz in der Vergangenheit oft dezentral auf den Betriebsgeländen von Gasnetzbetreibern angelegt wurden [10, p. 313]. Im Vergleich zu den Untergrundgasspeichern spielen die Obertagespeicher mit Speichervolumina im Bereich von einigen tausend bis zu einigen Millionen Normkubikmetern Erdgas jedoch „eine untergeordnete Rolle“ [10, p. 313].

Ein Erdgas-Röhrenspeicher umfasst im Wesentlichen die folgenden Anlagenkomponenten [11]:

- Röhrenspeicher: im Erdreich mäanderförmig verlegte Stahlrohre, die mit Gas befüllt werden
- Verdichteranlagen: zur Einspeicherung in den Röhrenspeicher aus der Ferngasleitung (FGL)
- Gasdruck-Regel- und Messanlagen: Regelung des Gasdrucks z.B. zum Gasturbinenkraftwerk hin und zur Messung der eingespeicherten Gasmenge

Wesentliche technische Daten des Erdgas-Röhrenspeichers in Thyrow sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Kenndaten Erdgas-Röhrenspeicher Thyrow

Betreiber	Lausitz Energie Kraftwerke AG	[6]
Engineering & Errichtung	Bilfinger VAM Anlagentechnik GmbH	[11]
Inbetriebnahme	2010	[11]
Außendurchmesser	1422 x 21,6 mm	[11]
Länge Speicherrohre	3570 m	[11]
Geometrisches Volumen	ca. 5330 m ³	
Arbeitsvolumen	ca. 480.000 Nm ³ _{Erdgas}	[12]
Betriebsdruck	21 bar (min.) ... 100 bar (max.)	[12], [11]
Verdichter	10.000 Nm ³ _{Erdgas} /h	[11]
Reichweite für GTKW	ca. 8h	[7]
Material Speicherrohre	L555MB	[11]

Die Wasserstoffverträglichkeit des Erdgas-Röhrenspeichers kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht abschließend bewertet werden. Der LEAG als Betreiber liegen hierzu aktuell keine Erkenntnisse vor.

Eine erste Überprüfung zeigt: Beim L555MB handelt es sich um einen hochfesten kohlenstoffhaltigen Rohrstoß (Zugfestigkeit R_M : 625 N/mm², Streckgrenze R_e : 555-675 N/mm²) [13]. Diese sind erfahrungsgemäß anfälliger für wasserstoffbedingte Materialschädigungen wie beispielsweise Wasserstoffversprödung [14].

In den einschlägigen technischen Regeln für H₂-Rohrleitungen (ASME:B31.12-2014; EIGA: IGC Doc 121/14) sind Listen mit Wasserstoff-kompatiblen Stählen enthalten. Der im Röhrenspeicher verwendete Rohrstoß L555MB ist dort nicht geführt. Einzig ASME:B31.12-2014 listet mit dem X80 einen im Hinblick auf die Festigkeiten vergleichbaren Stahl (API 5L X80) als unter Auflagen H₂-kompatibel.

Um nicht gelistete Rohrstoße für reinen Wasserstoff zu nutzen, wird in ASME:B31.12-2014 bei Umwidmungen von Erdgas-Rohrleitungen auf 100% H₂ davon ausgegangen, dass der Betriebsdruck auf 40% reduziert wird [15]. Damit würde sich die verfügbare Speicherkapazität signifikant reduzieren.

Allerdings ist für eine finale Bewertung im Hinblick auf die Umwidmung eine detailliertere Einzelfallbetrachtung erforderlich, die im Rahmen der Machbarkeitsstudie nicht durchgeführt werden kann. Diese sollte in weiteren Untersuchungsschritten jedoch erfolgen.

Für die Machbarkeitsstudie wird relativ konservativ von einer Druckreduktion auf 50% des Betriebsdruckes mit Erdgas somit $p_{H_2}=50$ bar für eine 100% H₂-Befüllung ausgegangen. Dies findet Berücksichtigung in der Modellierung der Szenarien (vgl. Abschnitt 4.1).

3.1.2 Gastransportleitung

Das GTKW Thyrow ist angeschlossen an eine Ferngasleitung der ONTRAS Gastransport GmbH (ONTRAS) und wird von dieser mit Erdgas versorgt. Laut ONTRAS „handelt es sich um eine Transportleitung mit verhältnismäßig hohen Durchflüssen“, wobei es saisonal jedoch auch zu Gasstillständen oder sogar Gasflussumkehr kommen kann [16].

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie ist die Aufnahmefähigkeit der Leitung für erneuerbare Gase, insbesondere EE-Wasserstoff, interessant. Für eine präzise, zeitaufgelöste Abschätzung der möglichen Wasserstoff-Beimischung wurde durch die ONTRAS ein historischer Lastgang der entsprechenden Ferngasleitung bereitgestellt.

Die ONTRAS zeigt eine grundsätzliche Gesprächsbereitschaft für eine Beteiligung an einem speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk im Rahmen ihrer gesetzlichen Pflichten als Fernleitungsnetzbetreiber.

3.1.3 Umspannwerk Thyrow

Das Umspannwerk Thyrow bildet das Bindeglied zwischen dem 220/380kV-Übertragungsnetz von 50Hertz und dem Verteilnetz von E.DIS auf der 110kV-Ebene. Zusätzlich ist das Umspannwerk der Netzanschlusspunkt des Gasturbinenkraftwerk Thyrow auf der 110kV-Ebene.

3.1.3.1 50Hertz

Die 50Hertz zeigt eine grundsätzliche Gesprächsbereitschaft für eine Beteiligung an einem speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk im Rahmen ihrer gesetzlichen Pflichten als Strom-Übertragungsnetzbetreiber.

3.1.3.2 E.DIS

Laut E.DIS Netz GmbH gibt es am Umspannwerk Thyrow Lastflüsse in beide Richtungen; also aus dem Übertragungsnetz in das Verteilnetz und umgekehrt. Die Anzahl der Tage, an denen der Strom aus dem Übertragungsnetz in das Verteilnetz fließt, nimmt jedoch aufgrund der hohen Konzentration von EE-Anlagen im Verteilnetz stetig ab [17].

Die E.DIS zeigt eine grundsätzliche Gesprächsbereitschaft für eine Beteiligung an einem speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk im Rahmen ihrer gesetzlichen Pflichten als Strom-Verteilnetzbetreiber.

3.1.4 Bahnstrom-Umrichterwerk

In Deutschland existiert ein eigenes 110 kV - Bahnstromnetz, das von der DB Energie GmbH mit einer Netzfrequenz von 16,7 Hertz betrieben wird. Das Netz dient zum Transport elektrischer Energie zu den Einspeisepunkten der Oberleitungsanlage (Unterwerke). Die Oberleitungen werden

mit einer Spannung von 15 kV durch die DB Netz AG betrieben. Die elektrische Betriebsführung erfolgt durch die DB Energie GmbH. Sie dienen der Versorgung der elektrischen Zugförderung [18].

Auf der 110kV-Ebene speisen Wasser- und Wärmekraftwerke in das Netz ein. Außerdem existieren Netzkupplungspunkte zum öffentlichen Versorgungsnetz wie am Standort Thyrow (vgl. **Abbildung 12**), an denen elektrische Energie bezogen wird und die Netzfrequenz von 50 Hertz aus dem Versorgungsnetz auf die 16,7 Hertz des Bahnstromnetzes umgewandelt wird.

Das Bahnstrom-Umrichterwerk Thyrow bildet laut DB Energie einen wichtigen Standort für die Frequenzhaltung im Bahnstromnetz und zur Spannungshaltung des Großraums Berlin [19]. Die Anlage soll aufgrund von betrieblichen Notwendigkeiten umgebaut werden. Die Planungen hierfür befinden sich in einer fortgeschrittenen Phase (Stand August 2017). Anpassungsmaßnahmen, zugunsten eines speicher kombinierten EE-Kraftwerks, sind im Rahmen der Planung noch möglich [19].

Aktuell besitzt das Bahnstrom-Umrichterwerk Tyrow eine Leistung von ca. 100 MW, welche im Zuge des Ausbaus auf 125 MW erweitert werden soll [19].

Die DB Energie zeigt eine grundsätzliche Gesprächsbereitschaft und Offenheit für eine Beteiligung an einem speicher kombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk.

3.1.5 Peripherie

Neben der zentralen Infrastruktur um das Gasturbinenkraftwerk Thyrow sollen in diesem Abschnitt weitere bestehende Energiequellen und –senken im Umfeld der ehemaligen Heeresversuchsanstalt Kummersdorf untersucht werden, soweit im zeitlichen Rahmen der Machbarkeitsstudie möglich.

3.1.5.1 Anrainergemeinden

Für das Land Brandenburg liegt eine sogenannte „Energiedatenbank Brandenburg“ vor, die von der Energiesparagentur des Landes Brandenburg innerhalb der Wirtschaftsförderung Brandenburg (WFBB) verwaltet wird. In dieser Datenbank werden „gemeindescharfe Energiesteckbriefe“ zusammengestellt.

Diese waren zum Zeitpunkt der Prüfung im Juli 2017 noch nicht fertiggestellt, da die Verbrauchsdaten Strom für die Kommunen noch nicht vorlagen.

Als Grundlage für die zukünftige Stadtentwicklung und die Ausführung von Aktivitäten im Bereich des Klimaschutzes initiierten die Städte Luckenwalde, Jüterbog und Trebbin in den Jahren 2012/13 gemeinschaftlich die Erarbeitung eines umfassenden Klimaschutz- und Energiekonzeptes. Dieser Schritt wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert und in Kooperation mit den Firmen KEMA IEV – Ingenieurunternehmen für Energieversorgung GmbH, KEM Kommunalentwicklung Mitteldeutschland GmbH und das Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen und -systeme (IVAS) – ausgeführt. Im Rahmen des entstandenen Konzeptes wurden die folgenden Ziele formuliert [20]:

- Senkung des Energieverbrauchs und der Energiekosten für Wohnen, Industrie/Gewerbe, Verkehr und öffentliche Einrichtungen
- Umstellung auf regenerative Energieträger im Rahmen der Energiewende und für den Klimaschutz

- Belebung lokaler und regionaler Wirtschaftskreisläufe durch Beteiligung der örtlichen Wirtschaft und der Kommunen an der dezentralen Energieversorgung

Dabei setzt jede Kommune unterschiedliche Schwerpunkte in der Verfolgung dieser Ziele [21]:

Jüterbog:

- Energieeffizienzsteigerung kommunaler Objekte
- Bewahrung und Aufwertung lebenswerter Räume für die Bevölkerung
- Erhöhung der regionalen Wertschöpfung

Luckenwalde:

- Klimafreundliche Wärmeversorgung und klimafreundlicher Verkehr
- Energieeffizienzsteigerung und wirtschaftliche Sicherung im kommunalen Sektor
- Erhöhung der regionalen Wertschöpfung sowie der kommunalen Unabhängigkeit

Trebbin:

- Mitgestaltung der Energiewende durch den Ausbau von Erneuerbare Energien Anlagen zum Vorteil der Stadt
- Erhöhung der regionalen Wertschöpfung
- Umweltfreundliche Gestaltung des Verkehrs und des kommunalen Sektors

3.1.5.1.1 *Kommunale Arbeitsgemeinschaft*

Im Mai 2016 haben die Städte Trebbin und Luckenwalde sowie die Gemeinden Nuthe-Urstromtal und Am Mellensee eine sogenannte Kommunale Arbeitsgemeinschaft (KAG) gegründet [22]. Die Stadt Ludwigsfelde erwog zu diesem Zeitpunkt ebenfalls einen Beitritt [22]. Damit sollten die nachfolgenden gemeinsamen Ziele verfolgt werden:

- „den Stillstand auf der Liegenschaft Sperenberg“ beenden
- „Ansiedlung eines Demonstrationsprojekts für die zukünftige Energiewirtschaft“

Aus der Präambel des KAG-Vertrags geht hervor [23]:

„Die Gemeinde Am Mellensee, die Stadt Luckenwalde, die Gemeinde Nuthe-Urstromtal und die Stadt Trebbin sehen in der Realisierung eines „Multi-Energie-Kraftwerkes“ als nachhaltiges Forschungs- und Entwicklungsprojekt die einzige wirtschaftlich sinnvolle Entwicklungschance für das Vorhabengebiet. Hierfür sollen die einzigartigen Vorteile des Vorhabengebietes, insbesondere die unmittelbare Nähe zur Netzinfrastruktur auf 110 kV- und 380 kV-Ebene mit der Möglichkeit der Anbindung an das Stromnetz der Deutsche Bahn AG sowie zu einem Hochdruckgasnetz am Gasturbinenkraftwerk Thyrow, genutzt werden. Dabei sollen Windkraftanlagen und Photovoltaikanlagen mit geeigneten Speichertechnologien (Wasserstoff, neuartiges Batteriekonzept) kombiniert und mittels innovativer Regelungstechnologien und ggfs. Rückverstromung in einem Gaskraftwerk auf zukünftige technisch/-ökonomische Energiemarktanforderungen vorbereitet werden. Durch das Kraftwerkskonzept soll die Netzstabilität und Versorgungsqualität bei zunehmender Integration erneuerbarer Energien in das Stromnetz gewährleistet werden. Ziel ist es auch zu demonstrieren, wie die Nutzung von Wind- und Solarstrom auf ökonomisch effiziente Weise deutlich erhöht werden kann. Außerdem soll die zukünftige friedliche Nutzung des

Vorhabengebietes für Forschung und Entwicklung mit der Erlebbarkeit der Geschichte des Vorhabengebietes verbunden werden.“

Die KAG zeigt weiterhin eine grundsätzliche Gesprächsbereitschaft und Offenheit für eine Beteiligung an einem speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk.

3.1.5.2 Lokale energiewirtschaftliche Akteure

Im Rahmen der Studie konnten einige lokale energiewirtschaftliche Akteure identifiziert werden. Deren Haltung zu dem Vorhaben eines speicherkombinierten EE-Kraftwerks ist kurz dargestellt.

3.1.5.2.1 *Städtische Betriebswerke Luckenwalde [24]*

Grundsätzlich besteht Interesse an einem „speicherkombinierten EE-Kraftwerk“ seitens der Städtischen Betriebswerke Luckenwalde. Ein finanzielles Engagement ist im Rahmen der wirtschaftlichen Größe zu sehen und bedarf der Zustimmung des Aufsichtsrats. Dafür ist wenigstens eine „schwarze Null“ innerhalb der Beteiligung erforderlich. Zur Motivation der Städtischen Betriebswerke Luckenwalde zählen erwartete Wissenszuwächse im Bereich Speichertechnologien und Betriebsführung sowie die Möglichkeit der positiven Außenkommunikation.

Die Städtische Betriebswerke Luckenwalde zeigen eine grundsätzliche Gesprächsbereitschaft und Offenheit für eine Beteiligung an einem speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk.

3.1.5.2.2 *Stadtwerke Ludwigsfelde [25]*

Auch seitens der Stadtwerke Ludwigsfelde besteht ein grundsätzliches Interesse an einem „speicherkombinierten EE-Kraftwerk“. Ein wirtschaftliches Engagement wird Stand heute als unwahrscheinlich angesehen. Hingegen ist beispielsweise eine Rolle bei der der künftigen Nutzung der Energieprodukte des Kraftwerks und bei Schaffung der regionalen Akzeptanz denkbar.

Die Stadtwerke Ludwigsfelde zeigen eine grundsätzliche Gesprächsbereitschaft und Offenheit für eine Beteiligung an einem speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk.

3.1.5.2.3 *Bürgerenergiegenossenschaft Teltow-Fläming [26]*

Die lokale Bürgerenergiegenossenschaft zeigt ein grundsätzliches Interesse und Gesprächsbereitschaft für eine Beteiligung an einem speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk. Ein wirtschaftliches Engagement über eine symbolische Größenordnung hinaus ist aus heutiger Sicht jedoch unwahrscheinlich. Hingegen wäre eine Multiplikatoren-Rolle in einem Bürgerbeteiligungsprozess denkbar.

3.1.5.3 Biogas-Anlagen

An Biogas-Anlagen, die zur Einspeisung von Biomethan ins Erdgasnetz vorgesehen sind, wird Rohbiogas vor der Einspeisung aufbereitet. In diesem Prozess wird vor allem CO₂ abgeschieden und damit der Methan-Anteil in der Gaszusammensetzung erhöht, wodurch Biomethan entsteht.

Laut Einspeiseatlas befindet sich im Umkreis von 20 km um Thyrow nur eine solche Anlage [27]. Diese wird in Tabelle 3 in ihren Kenndaten beschrieben.

Tabelle 3: Biomethan-Einspeiseanlage nahe Thyrow [28] [29]

Ort	Klein Schulzendorf
Betreiber	agt bio energy GmbH
Gasaufbereitung	PSA
Status	in Betrieb
Betriebsaufnahme	2012
Einspeisung Biomethan	350 m ³ /h
Betriebsbereich	60 ... 125 %
Geschätztes CO ₂ -Potential	340 m ³ /h 2,8 ¹ Mio. m ³ /a

Die Biomethan-Einspeisung der agt bio energy erfolgt ins Ortsnetz mit derzeit ca. bis 320 Nm³/h [29]. Davon werden im Ortsnetz je nach Jahreszeit zwischen 140 – 180 Nm³/h verbraucht [29]. Für die Einspeisemengen darüber hinaus wird eine Rückverdichtung ins Verteilnetz der NBB auf die Druckstufe 16 bar im Trebbiner Ortsteil Kliestow vorgenommen [29]. Auch eine weitere Rückverdichtungsstufe aus dem NBB-Verteilnetz zurück in das ONTRAS-Transportnetz ist in etwa 2 km-Entfernung in Richtung Thyrow vorhanden [29].

Das in der Anlage bei der Biogasaufbereitung anfallende, überschüssige CO₂ wird derzeit in einer regenerativen Nachverbrennung verbrannt [29].

Die agt bio energy zeigt eine grundsätzliche Gesprächsbereitschaft und Offenheit für eine Verwertung ihres anfallenden Überschusses an erneuerbarem CO₂ sowie der Methanisierungstechnologie selbst.

¹ Eigene Rechnung für 8400 Volllaststunden/a (Technische Verfügbarkeit der PSA 98%, Netzanschluss 96%, [19])

3.1.5.4 Wasserstoff-Abnehmer im Mobilitätssektor

Im Zuge der sogenannten Dekarbonisierung des Verkehrssektors bieten sich perspektivisch Absatzmöglichkeiten für erneuerbaren Wasserstoff im Verkehrssektor an.

Für Straßenfahrzeuge wird derzeit im Rahmen des „Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)“ der Ausbau der Wasserstoff-Tankstellen-Infrastruktur vorangetrieben. Bisher sind 50 solcher Tankstellen in Betrieb, bis 2023 sollen es 400 Stück sein [30].

Im Großraum Berlin finden sich derzeit sieben Wasserstoff-Tankstellen in Betrieb, im Bau oder in Planung [31]:

- TOTAL Potsdam Horstweg (in Planung)
- TOTAL Schönefeld Flughafen BER (in Bau)
- Shell Berlin Sachsendamm (in Betrieb)
- TOTAL Berlin Heerstraße 37 (in Betrieb)
- TOTAL Berlin Holzmarktstraße (in Betrieb)
- TOTAL Berlin Heidestraße (in Betrieb)
- Shell Rothenbachstraße (in Bau)

Darüber hinaus laufen derzeit die ersten Pilotprojekte für Brennstoffzellenzüge an, die auf nicht-elektrifizierten Strecken Dieselloks ersetzen sollen. Solche Vorhaben gibt es bereits in Niedersachsen, NRW, Hessen und Baden-Württemberg; in Schleswig-Holstein befindet sich ein weiteres in Anbahnung.

3.1.5.5 Industrie / Gewerbe

In der Region Teltow-Fläming gibt es eine Reihe von Industrieparks und Gewerbeflächen, die von Firmen bewirtschaftet werden, welche von einem möglichen Pilotprojekt profitieren können.

Insbesondere ist dies durch eine stoffliche Nutzung und Verwertung von erneuerbarem Wasserstoff denkbar. Dies betrifft vor allem Logistik- und Transportunternehmen, Betriebe aus den Bereichen Antriebs- und Fahrzeugtechnik, Tankstellen sowie Hersteller synthetischer Kraftstoffe und chemischer Erzeugnisse. Die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff in großem Maßstab könnte sich zu einem Standortfaktor für die Region entwickeln.

Eine detaillierte Untersuchung der Industrie- bzw. Gewerbestruktur sollte im Rahmen weiterführender Studien durchgeführt werden.

3.2 Zielvorstellungen Speicherkombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk

Als Grundlage für die folgende Entwicklung der Szenarien eines speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerk als Leuchtturmprojekt wurden in Abstimmung mit dem Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg als Auftraggeber die folgenden, priorisierten Zielvorstellungen abgestimmt.

1. Geringe rechtliche Hürden / Komplexität
2. Kompatibilität Denkmalpflege / Flächendenkmal
3. Voraussichtliche technische Machbarkeit

4. Innovationsgrad im Bereich Systemintegration Erneuerbarer Energien
5. Integration von bestehender energietechnischer Infrastruktur
6. Wirtschaftlichkeit / geringer Fördermittelbedarf
7. Anschlussfähigkeit an bestehende regionale und kommunale Energie- und Mobilitätskonzepte
8. Beitrag zur regionalen Wertschöpfung

3.3 Szenarientwicklung Speicherkombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk

Ausgehend von den festgelegten Zielvorstellungen werden vier neue Szenarien eines speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks entwickelt.

Hierbei finden laufende themenbezogene Studien und vergleichbare Projekte aus Brandenburg und anderen Bundesländern Berücksichtigung.

Die Szenarien umfassen drei neue Konzepte eines speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks unter bestmöglicher Nutzung

- a) der bestehenden gas- und stromseitigen Infrastruktur insbesondere Gasturbinenkraftwerk und Erdgas-Röhrenspeicher sowie
- b) dem Dargebot an (im Umkreis) bestehenden und (am Standort) erschließbaren erneuerbaren Energien insbesondere Wind und Sonne.

Im vierten Szenario wird das Konzept des speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks auf den Erfahrungen aus dem Modellprojekt „Energieautarkes Dorf Feldheim“ aufgebaut, soweit diese im Sinne der gesteckten Ziele wirkungsvoll auf den Standort Sperenberg übertragen werden können.

Umfang

Jedes entwickelte Szenario umfasst:

- eine Kontextualisierung des Szenario-Hintergrund unter Einbezug der aktuellen energiewirtschaftlichen Diskussionen als Fließtext
- einen Szenario-Steckbrief als tabellarische Übersicht zu:
 - Ziel des Szenarios
 - Anlageschema des Szenarios
 - Funktionsprinzip des Szenarios
 - Produkt & Absatzmarkt des Szenarios
 - Innovationshöhe des Szenarios
 - Features des Szenarios

Lesart Szenarien und Features

Nachfolgend werden die entwickelten Szenarien skizziert. Diese stellen jeweils eine Wertschöpfungskette dar, welche zwecks Vergleich- und Bewertbarkeit bewusst in Ihrer Komplexität auf einen Kern reduziert wurde. Kombinationen aus einzelnen Szenarien sind möglich und für eine spätere praktische Umsetzung im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit bzw. geringen Fördermittelbedarf voraussichtlich erforderlich.

Darüber hinaus enthalten die Szenarien eines oder mehrere der folgenden Features, wie jeweils im Szenario-Steckbrief unter Features ausgewiesen:

- Die Szenarien werden möglichst so konzipiert, dass sie vor dem Hintergrund der Ergebnisse aus Kapitel 1 **sukzessive umsetzbar** sind. Das heißt ein Vorhabensträger könnte rechtlich unkritischere Komponenten eines speicher kombinierten EE-Kraftwerkes zeitlich vorziehen und mit rechtlich schwierigen Komponenten wie Windenergie- und PV-Anlagen nachziehen (vgl. Zeitschiene in Abschnitt 4.2). Mögliche Strategien zur zeitlichen Überbrückung werden in Abschnitt 5.1.4 skizziert.
- Szenarien zeichnen sich dadurch aus, **modular skalierbar** zu sein. Bei diesen Szenarien besteht also beispielsweise die Möglichkeit mit einer „kleinen“ Systemkonfiguration zu beginnen und diese schrittweise zu erweitern.
- Szenarien zeigen sich teilweise **anschlussfähig für weitere** Komponenten oder mögliche **Abnahmepfade**, die in Zukunft relevant werden könnten. Mit Blick auf die Abnahmepfade gilt dies insbesondere für Wasserstoff-Verwertungspfade in der Mobilität (PKW, Schiene, LKW). Mit Blick auf weitere Komponenten ist z.B. eine Methanisierungsanlage als weitere Prozessstufe nach der Elektrolyse zu nennen.

3.3.1 Szenario „Gasnetz-Einspeisung“

Neben dem Verkehrssektor wird auch die gesamte Energiewirtschaft inklusive der Erdgaswirtschaft in Deutschland bis 2050 nahezu vollständig treibhausgasneutral strukturiert werden müssen, um die Emissionsziele der Bundesregierung einzuhalten [32]. Eine wesentliche Option hierzu stellt die kontinuierliche Erhöhung des Anteils von Gasen aus erneuerbaren Quellen dar. Diese können aus Biomasse, aber mittel- und langfristig auch über Elektrolyse mittels erneuerbarem Strom (Power-to-Gas, PtG), gewonnen werden.

Das Erdgasnetz weist Speicherkapazitäten in den Gasleitungen (Leitungsatmung), vor allem aber in den Untergrundgasspeichern, auf, die das Stromnetz in dieser Form nicht besitzt. Insgesamt beträgt die Energiespeicherkapazität der deutschen Erdgasinfrastruktur ein Speichervermögen von 217 TWh [33]. Weiterhin bietet sie die Möglichkeit Energie langfristig und großtechnisch zu speichern. Insofern kann das Erdgasnetz im zukünftigen Energiesystem bei der Systemintegration Erneuerbarer Energien eine entscheidende Rolle spielen und zusätzlich z.B. auch als (System-)Dienstleister für das Stromnetz auftreten.

Hinzu kommt, dass die Nachfrage nach erneuerbaren Gasen aus Power-to-Gas-Anlagen (EE-PtG-Gase, „Windgas“) stetig wächst [34]. Der bisher einzige Anbieter für private und gewerbliche Endkunden, Greenpeace Energy eG, erweitert seinen Absatz von PtG-Gasen stetig und setzt keine Obergrenze für weiteren Gasbezug [34].



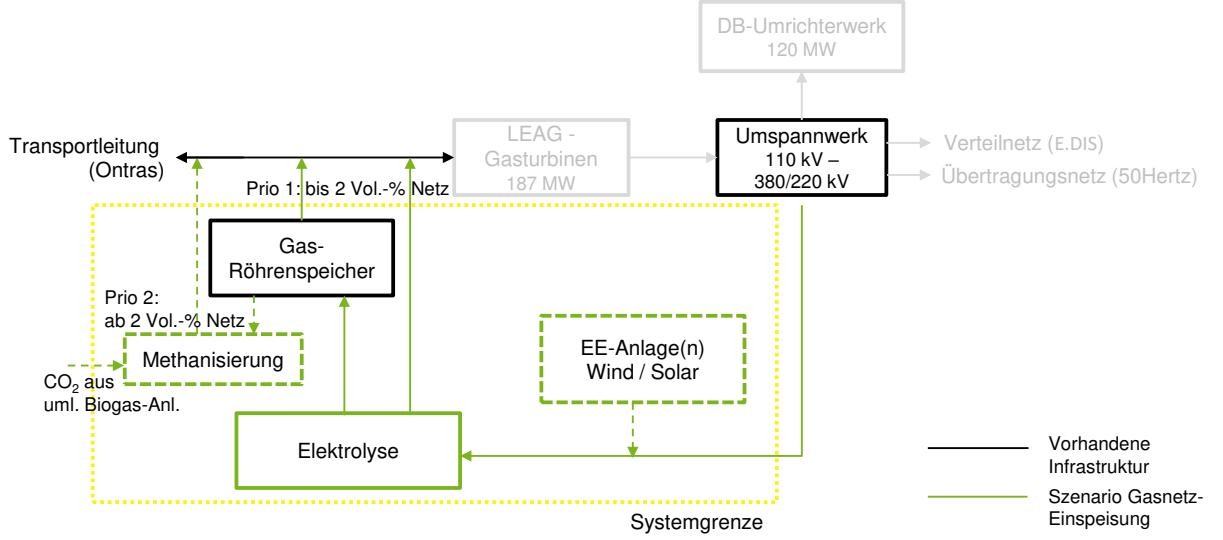




Greenpeace Energy, als derzeit einziger Direktvermarkter von EE-PtG-Gasen an private und gewerbliche Endverbraucher, zeigt ein großes Interesse an einer Beteiligung an einem speicher kombinierten EE-Kraftwerk vorbehaltlich der Ausgestaltung u.a. des Vorhabenträgers.

Szenario-Steckbrief

Das Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ wird im folgenden Steckbrief im Hinblick auf das technische Funktionsprinzip, erwartetes Produkt und Absatzmarkt, die Innovationshöhe im Bereich Systemintegration Erneuerbarer Energien sowie den Features gemäß Abschnitt 3.3 zusammengefasst.

Der Szenario-Steckbrief umfasst ebenso ein graphisches Anlagenschema, das die Systemkonfiguration mitsamt den Kernkomponenten und deren Verschaltung im nachfolgenden graphischen Anlagenschema versinnbildlicht. Die bestehende Infrastruktur wird in Schwarz (vgl. **Abbildung 12**), die neu zu errichtenden Elemente in Grün dargestellt. Gestrichelte Elemente sind optional; die gelbe Systemgrenze umfasst die für das Szenario benötigten Komponenten und bildet gleichzeitig einen Bilanzraum.

Tabelle 4: Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ - Szenario-Steckbrief

<p> Ziel</p> <p>Im Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ soll aus lokal erzeugtem erneuerbarem Strom erneuerbarer Wasserstoff gewonnen und zur Direktvermarktung in das Gasnetz eingespeist werden.</p>
<p> Anlagenschema</p> 
<p> Funktionsprinzip / Betriebskonzept</p> <ul style="list-style-type: none"> • EE-Strom aus EE-Anlagen oder Überschussstrom aus öffentlichem Netz (Behebung von Netzengpässen, positive Prognoseabweichungen, Peak-Shaving, negative Regelleistung) wird in einer Elektrolyse in Wasserstoff umgewandelt • Bis zu 2 Vol.-% Wasserstoff (vgl. DIN 51624) wird direkt in die Ferngasleitung eingespeist; der Erdgas-Röhrenspeicher wird zur Glättung der PtG-H2-Einspeisemenge herangezogen
<p> Produkt & Absatzmarkt</p> <ul style="list-style-type: none"> • EE-PtG-Gase (EE-PtG-H₂, ggf. PtG-CH₄) zur Direktvermarktung an private und gewerbliche Endkunden (vgl. Windgas Greenpeace Energy)
<p> Innovationshöhe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kombination aus Wind, PV und Elektrolyse bisher in dieser Form nur in Haßfurth • Ähnliches Konzept wird am Energiepark Mainz bzw. in Haßfurt (Windgas Haßfurt GmbH & Co. KG) bereits umgesetzt • Größenordnung könnte jedoch bisher einzigartig sein • Umwidmung Erdgas-Röhrenspeicher auf Wasserstoff neu
<p> Features</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sukzessive umsetzbar • Modular skalierbar • Anschlussfähig für weitere Abnahmepfade

3.3.2 Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“

Im öffentlichen Stromnetz muss die eingespeiste Strommenge mit der entnommenen Strommenge innerhalb einer gewissen Toleranz zu jedem Zeitpunkt die Waage halten, da sonst Abweichungen in der Netzfrequenz von 50 Hz entstehen. Dadurch können wichtige Betriebsmittel Schaden nehmen (vgl. **Abbildung 14**). Dies wird durch das Vorhalten von Regelleistung durch die Übertragungsnetzbetreiber sichergestellt.

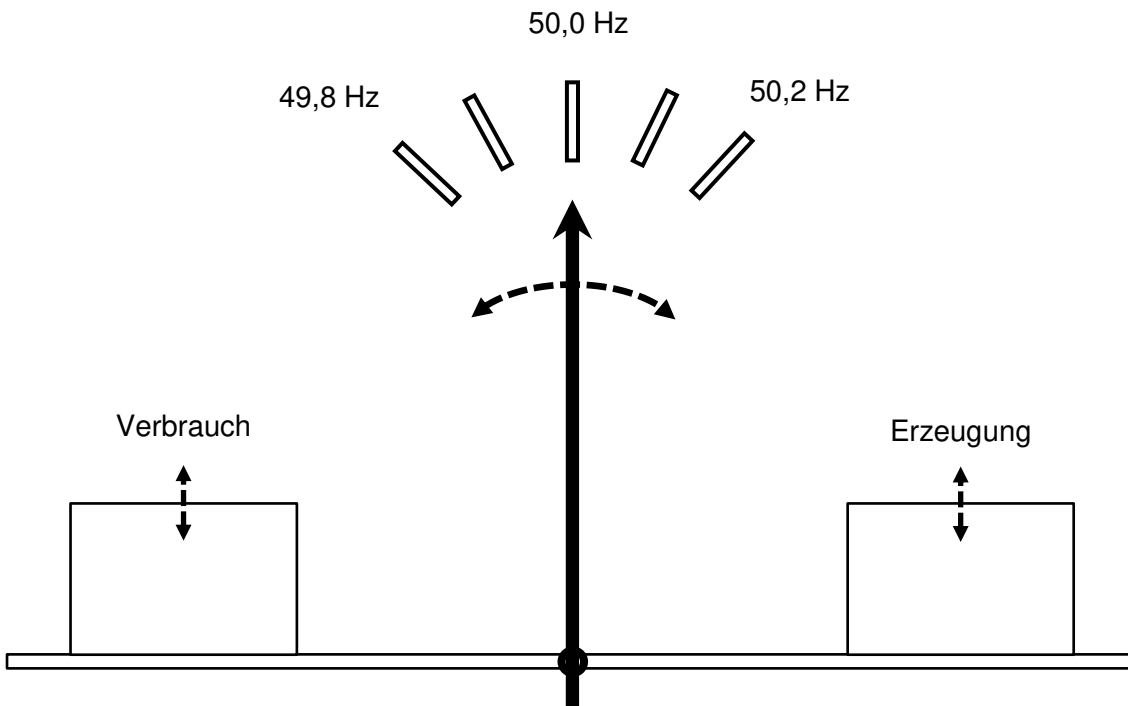


Abbildung 14: Notwendigkeit des Ausgleichs von Verbrauch und Erzeugung im Stromversorgungssystem nach [35, p. 4]

Diese unterteilt sich, wie in **Abbildung 15** ersichtlich, in drei Regelungsarten (Primärregelung, Sekundärregelung, Minutenreserve). Im Fall einer Frequenzabweichung werden diese zeitlich nacheinander abgerufen.

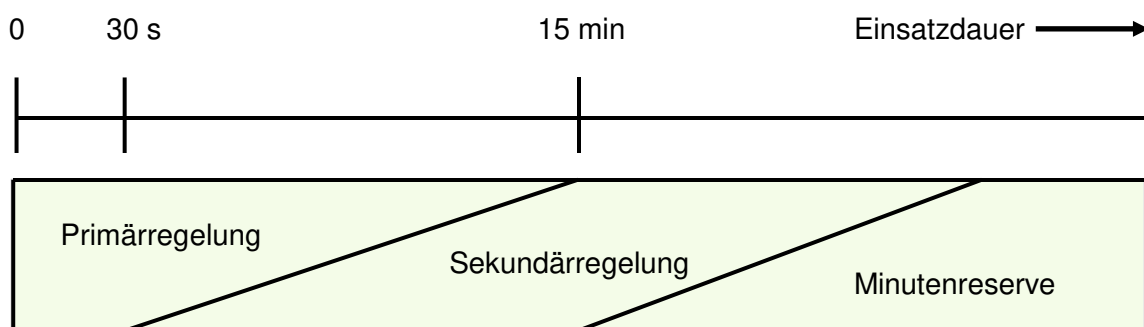


Abbildung 15: Regelleistungsarten nach [35, p. 13]

Weiterhin ist zwischen positiver und negativer Regelleistung zu unterscheiden. Grob gesagt wird positive Regelleistung dann benötigt, wenn „zu wenig Strom im Netz“ ist, die Nachfrage also die aktuelle Einspeisung übersteigt und zum Ausgleich zusätzlicher Strom eingespeist werden muss. Umgekehrt wird negative Regelleistung dann erforderlich, wenn „zu viel Strom im Netz“ ist, die Einspeisung also die Nachfrage übersteigt, und zum Ausgleich Strom aus dem Netz entnommen werden muss.

Die Vermarktung von Regelleistung erfolgt über die Onlineplattform regelleistung.net. Dort können entsprechend der Ausschreibungen durch die Übertragungsnetzbetreiber Angebote für die Bereitstellung von Regelleistung abgegeben werden. Um jedoch als Regelenergieanbieter zugelassen zu werden, muss zunächst ein Nachweis der technischen und wirtschaftlichen Anforderungen einer Präqualifikation für die jeweilige Regelenergieart erbracht sein. Dabei muss die betreffende Regelenergieanlage u.a. eine Mindestleistung erbringen sowie einen vorgeschriebenen Fahrplan abfahren können.

Es wird allgemein davon ausgegangen, dass der Bedarf an Regelleistung mit wachsendem Anteil volatiler Energieerzeugungsarten wie Wind und PV in Zukunft weiter steigen wird [36, p. 11]. Allerdings hängt die tatsächliche Entwicklung des Bedarfs an Regelleistungen von vielen Faktoren ab und eine solche Prognose ist nur begrenzt belastbar. Selbst Regelzonen-Verantwortliche wie 50Hertz tun sich mit Prognosen zu Volumina und Preisen zukünftiger Regelleistungsmärkte schwer [37].



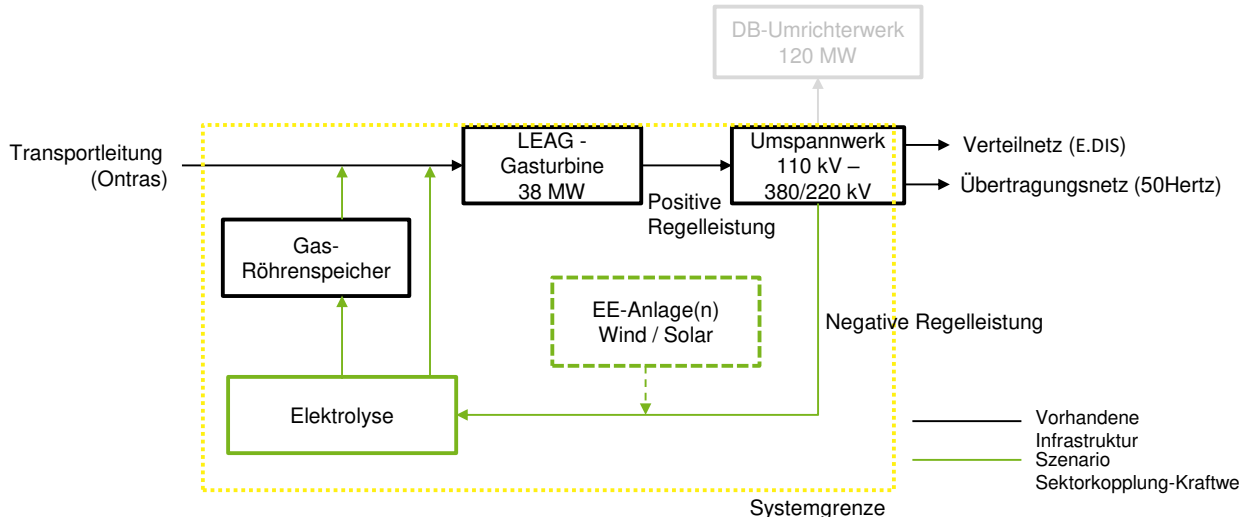




Erfahrungen aus dem Energiepark Mainz legen nahe, dass für eine PtG-Anlage mit PEM-Elektrolyse der negative Sekundärregel-Markt (s. roter Bereich in **Abbildung 15**) innerhalb der Regelleistungsmärkte technisch und wirtschaftlich am vielversprechendsten ist [38]. Die Gasturbine sollte sich durch ihre Kaltstart-Zeit von 13,5 min für die positive Minutenreserve eignen.

Szenario-Steckbrief

Das Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ wird im folgenden Steckbrief im Hinblick auf das technische Funktionsprinzip, erwartetes Produkt und Absatzmarkt, die Innovationshöhe im Bereich Systemintegration Erneuerbarer Energien sowie den Features gemäß Abschnitt 3.3 zusammengefasst.

Der Szenario-Steckbrief umfasst ebenso ein graphisches Anlagenschema, das die Systemkonfiguration mitsamt den Kernkomponenten und deren Verschaltung im nachfolgenden graphischen Anlagenschema versinnbildlicht. Die bestehende Infrastruktur wird in Schwarz (vgl. **Abbildung 12**), die neu zu errichtenden Elemente in Grün dargestellt. Gestrichelte Elemente sind optional; die gelbe Systemgrenze umfasst die für das Szenario benötigten Komponenten und bildet gleichzeitig einen Bilanzraum.

Tabelle 5: Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ - Szenario-Steckbrief

<p> Ziel</p> <p>Im Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ soll das Gasnetz als Dienstleister des Stromnetzes fungieren, indem in der Elektrolyse negative und durch Rückverstromung in der Gasturbine positive Regelleistung angeboten wird.</p>
<p> Anlagenschema</p> 
<p> Funktionsprinzip / Betriebskonzept</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überschussstrom aus öffentlichem Netz (Behebung von Netzengpässen, positive Prognoseabweichungen, Peak-Shaving, negative Regelleistung) oder EE-Strom aus EE-Anlagen wird in einer Elektrolyse in Wasserstoff umgewandelt • Wasserstoff wird in den Erdgas-Röhrenspeicher eingespeichert oder direkt in die Gastransportleitung eingespeist • Rückverstromung von bilanziellen PtG-Gasen in Gasturbine zur Bereitstellung von positiver Minutenreserve
<p> Produkt & Absatzmarkt</p> <ul style="list-style-type: none"> • negative Sekundärregelleistung (Elektrolyse) und positive Minutenreserve (Gasturbine)
<p> Innovationshöhe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kombination aus Wind, PV, Elektrolyse und Gasturbine neu <ul style="list-style-type: none"> – Rückverstromung (bilanziell) erneuerbaren Gases in Gasturbine neu – (Teil-)Umwidmung von Gasturbine sowie Erdgas-Röhrenspeicher auf Wasserstoff neu • Positive und negative Regelenergie durch PtG neu (Gassektor als Systemdienstleister des Stromsektors)
<p> Features</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sukzessive umsetzbar • Modular skalierbar • Anschlussfähig für weitere Abnahmepfade

3.3.3 Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“

Die Deutsche Bahn ist der größte Stromverbraucher in Deutschland [18]. Über ihre Tochtergesellschaft DB Energie betreibt sie ein eigenes 110kV-Bahnstromnetz mit der Netzfrequenz von 16,7 Hertz (Hz) [18]. Die Einspeisung elektrischer Energie erfolgt im dezentralen Netz direkt mit Hilfe von Umrichtern oder Umformern aus dem Landesnetz in das Oberleitungsnetz. Im zentralen Netz erfolgt die 50Hz-Einspeisung mit Hilfe von Umrichtern oder Umformern in das 110kV/16,7Hz-Bahnstromleitungsnetz, um die elektrische Energie an die Einspeisepunkte an den Oberleitungsanlagen entlang des Schienennetzes zu transportieren. Die Erzeugung wird vor allem mit Wärme- und Wasserkraftwerken dargestellt. Die Einspeisung von EE-Strom sollte laut [18] „möglichst verteilt und lastnah erfolgen“.

Für den Verkehrssektor bedeutet eine Treibhausgasemissionsminderung von 95% gegenüber 1990 bis 2050 voraussichtlich eine vollständige Dekarbonisierung [32]. Dies entspricht auch den Zielen der Deutschen Bahn. Bis zum Jahr 2050 soll auch der DB-Schienenverkehr CO₂-neutral betrieben werden [39]. Ein wesentliches Instrument stellt hierbei die Erhöhung des Anteils an Strom aus Erneuerbaren Energien dar.

Damit geht einher, dass auch der Anteil erneuerbaren Stromes im Bahnstromnetz ansteigt. Insofern steht das Bahnstromnetz hinsichtlich der steigenden Volatilität der Erzeugungsseite perspektivisch vor ähnlichen Herausforderungen wie das öffentliche Stromnetz.

Ähnlich wie im öffentlichen 50-Hz-Stromnetz besteht auch im Bahnstromnetz der Bedarf für Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch (vgl. Abschnitt 3.3.2), also die Notwendigkeit für Regelleistung. Aufgrund der starken Lastschwankungen, verursacht durch die angeschlossenen ortsveränderlichen Verbraucher (Züge), ist der Regelleistungsbedarf im Bahnstromnetz jedoch anteilig deutlich größer als im Netz der allgemeinen öffentlichen Versorgung. Die Regelleistungsarten im Bahnstromnetz unterscheiden sich von denen im öffentlichen Netz. Einen Teil der Regelleistung bezieht die DB in über die Netzkopplungspunkte (Umformer, Umrichter) mit dem 50-Hz-Netz. In einem speicher kombinierten EE-Kraftwerk könnten vor allem eine Batterie im Sekundenraster und ggf. weitere Komponenten zur Bereitstellung von Bahnstrom-Regelleistung herangezogen werden [19]. Die postfossile Gewährleistung der Spannungshaltung durch Blindleistungskompensation im Bahnstromnetz ist ebenfalls ein Thema.

Daher soll im Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ der reale Bahnstrom-Lastgang am Bahnstrom-Umrichterwerk fahrplantreu durch EE-Bahnstrom-Einspeisung abgefahren werden. Damit soll ein Beitrag zu zwei wesentlichen Herausforderungen der Energie- und Verkehrswende geleistet werden:

- Dekarbonisierung des Verkehrssektor durch Versorgung des Schienenverkehrs mit EE-Strom
- Netzdienliche, fahrplantreue Einspeisung von EE-Strom trägt zur Entlastung der elektrischen Netze und Systemintegration bei



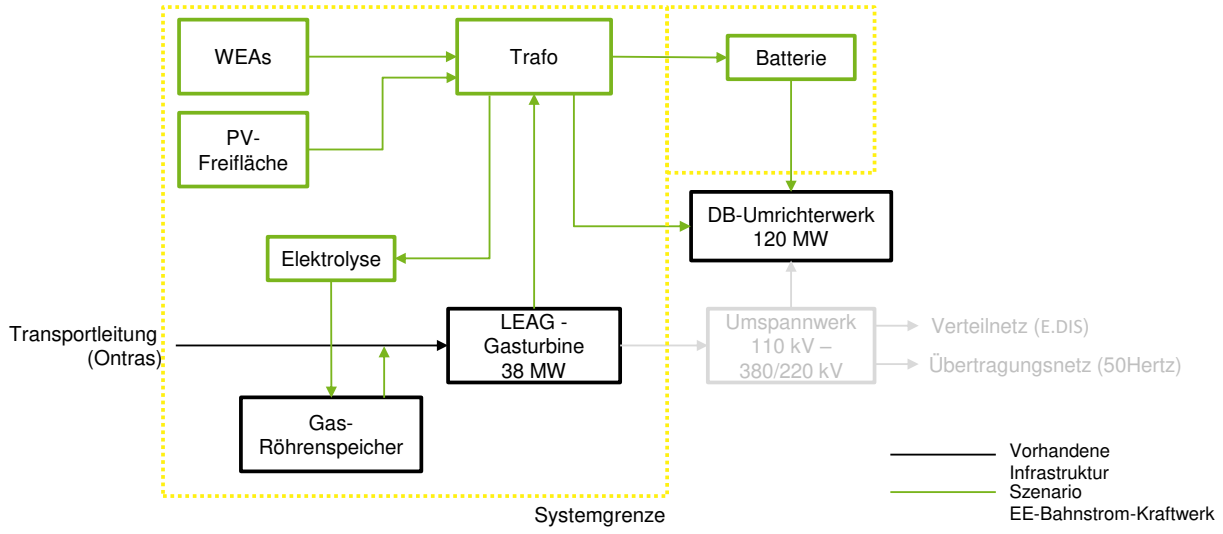




Szenario-Steckbrief

Das Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ wird im folgenden Steckbrief im Hinblick auf das technische Funktionsprinzip, erwartetes Produkt und Absatzmarkt, die Innovationshöhe im Bereich Systemintegration Erneuerbarer Energien sowie den Features gemäß Abschnitt 3.3 zusammengefasst.

Der Szenario-Steckbrief umfasst ebenso ein graphisches Anlagenschema, das die Systemkonfiguration mitsamt den Kernkomponenten und deren Verschaltung im nachfolgenden

graphischen Anlagenschema versinnbildlicht. Die bestehende Infrastruktur wird in Schwarz (vgl. **Abbildung 12**), die neu zu errichtenden Elemente in Grün dargestellt. Gestrichelte Elemente sind optional; die gelbe Systemgrenze umfasst die für das Szenario benötigten Komponenten und bildet gleichzeitig einen Bilanzraum.

Tabelle 6: Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Szenario-Steckbrief

<p> Ziel</p> <p>Im Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ soll das Bahnstrom-Umrichterwerk Thyrow mit fahrplanteuem, erneuerbarem Strom versorgt werden.</p>	
<p> Anlagenschema</p>  <p style="text-align: right;">  Vorhandene Infrastruktur  Szenario EE-Bahnstrom-Kraftwerk </p>	
<p> Funktionsprinzip / Betriebskonzept</p> <ul style="list-style-type: none"> • EE-Strom wird in Windenergie- und Photovoltaikanlagen erzeugt • Netzeinspeisung erfolgt gemäß Bahnstrom-Lastkurve am DB-Umrichterwerk direkt ins Bahnstrom-Netz • Überschussstrom wird eingespeichert: <ul style="list-style-type: none"> – Kurzfristig in Batterie – Langfristig über Elektrolyse und Einspeisung Röhrenspeicher / Gasnetz • Bei nicht ausreichender EE-Stromerzeugung gemäß Bahnstrom-Lastkurve Bereitstellung zunächst aus Batterie und dann Rückverstromung Gasturbine 	
<p> Produkt & Absatzmarkt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fahrplanteuer EE-Bahnstrom an DB Energie • ggf. Systemdienstleistung Bahnstrom-Netz (Regelenergie, Momentanreserve, Schwarzstartfähigkeit) 	

Innovationshöhe

- Kombination aus Wind, PV, Elektrolyse, Batteriespeicher und Gasturbine neu
 - Rückverstromung bilanziell erneuerbaren Gases in Gasturbine neu
 - (Teil-)Umwidmung von Gasturbine sowie Erdgas-Röhrenspeicher auf Wasserstoff neu
- EE-Kraftwerk mit gleichen elektrischen Eigenschaften wie konventionelles Kraftwerk hochinnovativ:
 - Erneuerbares, fahrplantreues Bedienen von charakteristischen Strom-Lastkurven durch Kombination EE-Anlagen (Wind, PV) sowie Kurz- und Langfristspeicher hochinnovativ
 - Netzdienlichkeit durch Bereitstellung von EE-Systemdienstleistungen („Postfossile Systemdienstleistungen“)
- Beitrag zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors / Verkehrswende / Sektorkopplung (Strom Gas Verkehr)

Features

- Sukzessive umsetzbar
- Modular skalierbar
- Anschlussfähig für weitere Abnahmepfade

3.3.4 Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“

Das abschließende Szenario soll die Erfahrungen des Modellprojekts „Energieautarkes Dorf Feldheim“ besonders miteinbeziehen.

Hierzu wird zunächst ein Exkurs zu Hintergrund und Historie des Energieautarken Dorfs Feldheim unternommen, um anschließend die gewonnenen Erkenntnisse unter Berücksichtigung der Zielvorstellungen (vgl. Abschnitt 3.2) auf den Standort Sperenberg zu übertragen.

3.3.4.1 Exkurs: „Energieautarkes Dorf Feldheim“

Der Ortsteil Feldheim der Stadt Treuenbrietzen wurde zwischen 2005 und 2016 durch enge Kooperation von Stadt, Anwohnern, der lokalen Agrargenossenschaft und dem Projektentwickler Energiequelle GmbH schrittweise zum sogenannten „Energieautarken Dorf Feldheim“ entwickelt [40] [41]. Wesentliche Meilensteine finden sich in Tabelle 7.

Tabelle 7: Kurzfassung Chronologie „Energieautarkes Dorf Feldheim“ [41]

Jahr	Meilenstein
1995 - 2008	In diesem Zeitraum werden 43 WEA (72 MW) sowie eine Biogasanlage (526 kW _e) durch Energiequelle in Feldheim installiert.
2009/10	Ein vom Land Brandenburg gefördertes Nahwärmenetz von der Energiequelle GmbH geplant und umgesetzt, um die Versorgung von Haushalten und Betrieben mit Wärme aus der Biogasanlage und einem Biomasseheizwerk zu ermöglichen. In die Konzeption sind die Anwohner Feldheims mit eingebunden. Im selben Zug wird ein zusätzliches Stromverteilnetz auf eigene Kosten verlegt, um dem Wunsch der Anwohner zu entsprechen, nach der lokal bereitgestellten Wärme auch den Strom aus den lokalen Windenergieanlagen direkt zu nutzen. In vorhergehenden Gesprächen zwischen Energiequelle GmbH und dem ansässigen Verteilnetzbetreiber E.DIS Netz über den Kauf des bestehenden Strom-Verteilnetzes konnte keine Einigung erzielt werden. Das neue Netz wird als sogenanntes „Arealnetz“ von Energiequelle GmbH betrieben, wodurch verschiedene Entgelte, Steuern und Abgaben (Netzentgelte, Stromsteuer (zwischenzeitlich), EEG-Umlage (zwischenzeitlich), KWK Umlage) entfallen. Angeschlossene Privat- und Gewerbekunden erhalten für eine Laufzeit von 10 Jahren EE-Strom zu festgelegten, niedrigen Preisen von 16,6 ct/kWh (brutto). Die Versorgung erfolgt zu etwa 97% der Zeit direkt aus den angeschlossenen 8 Windenergieanlagen, zu 3% aus einem regionalen erneuerbaren Sammelnetz, in dem weitere Windkraftanlagen, PV-Anlagen und Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von über 315 MW installiert sind.
2015/16	Ein Lithium-Ionen-Batteriespeicher (10 MW / 10 MWh; Zellen-Hersteller LG Chem), zum Errichtungszeitpunkt Europas größter Akku, wird installiert. Der Testbetrieb startet im Herbst 2015. Seit November 2016 nimmt dieser im kommerziellen Betrieb mit 9 MW am Primärregelleistungsmarkt teil.

Heute werden etwa 145 Bewohner in 37 Haushalten sowie zwei kommunale Einheiten und drei Agrarbetriebe auf lokaler Ebene mit erneuerbarem Strom und Wärme versorgt [40]. Darüber hinaus trägt der Batteriespeicher durch die Bereitstellung von Primärregelleistung zur überregionalen Netzstabilität innerhalb der 50Hertz-Regelzone bei.

3.3.4.2 Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“

Wie der Exkurs in 3.3.4.1 zeigt, wurde das „Energieautarke Dorf Feldheim“ nicht originär als solches konzipiert, sondern im Dialog zwischen Anwohnern, der Gemeinde Treuenbrietzen und der Energiequelle GmbH über Jahre hinweg schrittweise dazu entwickelt. Eine Wiederholung eines ähnlichen Vorhabens am Standort Sperenberg erscheint aus unterschiedlichen Gründen unrealistisch; gewichtige darunter sind:

- Seit der Umsetzung Feldheims haben sich die regulatorischen Rahmenbedingungen entscheidend verändert. Nunmehr ist es nicht mehr möglich, private Haushalte über Arealnetze in bilateralen Lieferverträgen mit Strom zu versorgen [41].
- Ein geschlossenes, einheitliches Interesse seitens der Anrainergemeinden um Sperenberg an einem vergleichbaren Projekt ist nicht gegeben [23].
- Eine größer skalierte Nachbildung des „Energieautarken Dorfs Feldheim“ bietet im Sinne der Zielvorstellungen (vgl. 3.2) eine nur geringe Innovationshöhe.

Eine Weiterentwicklung des Konzepts ist daher nötig, um die Erfahrungen von Feldheim am Standort Sperenberg anwendbar zu machen.

Als entscheidendes Merkmal von Feldheim sticht hervor, dass dort die Energieversorgung bestehender Verbraucher (Haushalte, Gewerbe, kommunale Einheiten) von mehrheitlich fossiler Erzeugung durch lokal erzeugte Erneuerbare Energien ersetzt wurde. Somit konnte eine lokal begrenzte Transformation der Energieversorgung hin zu Erneuerbaren Energien durchgeführt werden. Neben den reinen Erzeugungskapazitäten wird mit Erneuerbarer Energie Primärregelleistung aus dem Batteriespeicher angeboten.

Ähnliches ließe sich am Standort Sperenberg / Thyrow auf größerer Ebene verwirklichen. Jegliche Netzeinspeisepunkte strom- (50Hertz, E.DIS) bzw. gasseitig (ONTRAS) können als Abnehmer für Erneuerbare Energie gesehen werden, da sie die Energie final zu den Verbrauchern transportieren und verteilen. Das GTKW Thyrow ist in diesem Fall als Energieerzeugungsanlage zu sehen, die vom fossilen Betrieb hin zu (bilanziell) Erneuerbarem transformiert werden sollte, um dadurch weiterhin Teil einer zukünftigen Erzeugungsinfrastruktur zu sein.

Ein speicherkombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk könnte zukünftig als „Regelbares EE-Kraftwerk“ durch Kombination von EE-Strom-Anlagen (Wind & PV) sowie von Kurz- und Langzeitspeichern die nachstehenden elektrischen Eigenschaften von fossilen Kraftwerken nachbilden.

- a) regelbare Erzeugungskapazitäten - fahrplanteures Abfahren von Lastkurven
- b) Bereitstellung von Systemdienstleistungen (z.B. Regelleistung zur Frequenzhaltung, Blindleistung zur Spannungshaltung, Momentanreserve, Schwarzstartfähigkeit)

Eine Vermarktung der Erzeugungskapazitäten bietet sich außerhalb des EEGs an der Börse im Baseload- und Peakload-Bereich am Spot- bzw. kurzfristigen Terminmarkt an. Primär- und Sekundärregelleistung kann am Regelleistungsmarkt angeboten werden. Für weitere Systemdienstleistungen wie Blindleistungsbereitstellung zur Spannungshaltung, Momentanreserve oder Schwarzstartfähigkeit sind bilaterale Verträge mit den zuständigen Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber zu prüfen.

Ziel

Im Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ soll nun die fahrplanteure Versorgung der etwa 70.000-Einwohner der Anrainer-Kommunen Trebbin, Luckenwalde, Nuthe-Urstromtal und Am Mellensee sowie Ludwigsfelde mit Strom aus EE-Anlagen bzw. Kurz- und Langfristspeicher (vgl. Anlagenschema Tabelle 8) dimensioniert werden.

In der Praxis machen ein solches Vorhaben bei der Nutzung des öffentlichen Netzes regulatorische, wettbewerbsrechtliche Fragen des liberalisierten Energiemarkts (Kunden dürfen den Stromanbieter frei wählen) eine Realisierung unwahrscheinlich.

Szenario-Steckbrief

Das Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ wird im folgenden Steckbrief im Hinblick auf das technische Funktionsprinzip, erwartetes Produkt und Absatzmarkt, die Innovationshöhe im Bereich Systemintegration Erneuerbarer Energien sowie den Features gemäß Abschnitt 3.3 zusammengefasst.

Der Szenario-Steckbrief umfasst ebenso ein graphisches Anlagenschema, das die Systemkonfiguration mitsamt den Kernkomponenten und deren Verschaltung im nachfolgenden graphischen Anlagenschema versinnbildlicht. Die bestehende Infrastruktur wird in Schwarz (vgl. **Abbildung 12**), die neu zu errichtenden Elemente in Grün dargestellt. Gestrichelte Elemente sind optional; die gelbe Systemgrenze umfasst die für das Szenario benötigten Komponenten und bildet gleichzeitig einen Bilanzraum.

Tabelle 8: Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Szenario-Steckbrief

<p> Ziel</p> <p>Im Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ sollen die rund 70.000 Einwohner der KAG-Anrainerkommunen zu 100% mit fahrplanreuem, erneuerbarem Strom versorgt werden.</p>	
<p> Anlagenschema</p> <p style="text-align: right;"> Vorhandene Infrastruktur Szenario Regelbares EE-Kraftwerk </p>	
<p> Funktionsprinzip / Betriebskonzept</p> <ul style="list-style-type: none"> • EE-Strom wird in Windenergie- und Photovoltaikanlagen erzeugt • Netzeinspeisung erfolgt gemäß regionaltypischem Standardlastprofil am Umspannwerk Thyrow ins öffentliche Stromnetz • Überschussstrom wird eingespeichert: <ul style="list-style-type: none"> – Kurzfristig in Batterie – Langfristig über Elektrolyse und Einspeisung Röhrenspeicher / Gasnetz • Bei nicht ausreichender EE-Stromerzeugung gemäß Lastprofil Bereitstellung zunächst aus Batterie und dann Rückverstromung Gasturbine 	

€ Produkt & Absatzmarkt

- Fahrplatreuer EE-Strom für einen hypothetisch-zukünftigen Strommarkt

💡 Innovationshöhe

- Kombination aus Wind + PV, Elektrolyse, Batteriespeicher und Gasturbine neu
 - Rückverstromung bilanziell erneuerbaren Gases in Gasturbine neu
 - (Teil-)Umwidmung von Gasturbine sowie Erdgas-Röhrenspeicher auf Wasserstoff neu
- EE-Kraftwerk mit gleichen elektrischen Eigenschaften wie konventionelles Kraftwerk hochinnovativ:
 - Erneuerbares, fahrplatreues Bedienen von charakteristischen Strom-Lastkurven durch Kombination EE-Anlagen (Wind, PV) sowie Kurz- und Langfristspeicher hochinnovativ
 - Netzdienlichkeit durch Bereitstellung von EE-Systemdienstleistungen („Postfossile Systemdienstleistungen“)
- Aufzeigen potentiell zukünftiger Betriebsweisen für EE nach Ablauf EEG

👍 Features

- Sukzessive umsetzbar
- Modular skalierbar
- Anschlussfähig für weitere Abnahmepfade

4. Technoökonomische Analyse und Zeitschiene

Im ersten Teil von AP 4 werden die in AP 2 entwickelten Szenarien für ein speicherkombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk am Standort Sperenberg/Thyrow jeweils einer simulationsbasierten Systemanalyse mit anschließender Systemoptimierung hinsichtlich der Kosten unterzogen. Im zweiten Teil wird ein Zeitplan zur Projektumsetzung abgeschätzt.

4.1 Technoökonomische Modellierung

Die eigentliche technoökonomische Modellierung der vier in AP 2 entwickelten Szenarien schließt sich in diesem Abschnitt an. Hierzu erfolgt:

Allgemein: Sowohl die technischen als auch einige der wirtschaftlichen und ökologischen Fragestellungen, die sich aus der Konzeptionsarbeit in AP 2 ergeben, werden mit Hilfe einer Simulationsumgebung detaillierter untersucht. Im zweiten Schritt werden mittels Optimierung technische und wirtschaftliche Potenziale für die Verbesserung der Konzepte aufgezeigt.

Simulationsbasierte Systemanalyse: Die in AP 2 vorausgewählten Szenarien sollen in ihren Hauptkomponenten wie Energieerzeugungsanlagen (z.B. Photovoltaik, Wind oder Gasturbine) und Speicher (z.B. Erdgas-Röhrenspeicher, Gaspipeline oder Batterie) sowie anderen assoziierten Anlagen wie beispielsweise einem Elektrolyseur modelliert werden. Diese Modelle werden gemäß den identifizierten Szenarien in einem Simulationsframework verknüpft und im Jahresverlauf in stündlicher Zeitauflösung simuliert. Wichtige Randbedingungen wie beispielsweise Erzeugungsprofile (Wind, Sonne) sowie Verbrauchsprofile (Lastgänge) werden zeitaufgelöst erfasst oder modelliert. Da auch Annahmen zu Investitions- und Betriebskosten getroffen und hinterlegt werden, können mit Hilfe der Simulation verschiedene Szenarien hinsichtlich Strom- oder Gasgestehungskosten sowie Volllaststunden einzelner Anlagen bewertet werden.

Simulationsbasierte Topologieoptimierung: Auf Basis des erstellten Simulationsmodells wird eine Optimierung der Systemzusammenstellung durchgeführt. Diese verwendet einen evolutionären Mehrziel-Optimierungsalgorithmus. Ziel der Optimierung können beispielsweise möglichst geringe Strom- oder Gasgestehungskosten sein. Mit der Topologieoptimierung werden für das jeweils untersuchte Szenario Konfigurationen der einzelnen technischen Komponenten gefunden, die besonders gut zusammenwirken und zu geringen Kosten führen. So werden beispielsweise die Nennleistung eines Elektrolyseurs und eines Windparks passend zueinander und passend zum vorhandenen Gasspeicher oder der Gasturbine ausgelegt. Ergebnis der Simulation sind daher Dimensionierungs- und Auslegungsempfehlungen für die einzelnen Systembestandteile. So können beispielsweise Potenziale zur Senkung von Kosten des Systems aufgezeigt werden.

Daraufhin wird die Wirtschaftlichkeit bzw. der Förderbedarf der einzelnen Szenarien jährlich bzw. über die Gesamte Projektlaufzeit hinweg unter Berücksichtigung spezifisch erzielbarer Erlöse abgeschätzt. Die Ergebnisse werden tabellarisch gegenübergestellt.

4.1.1 Allgemeine Annahmen

Zunächst werden technische und ökonomische Annahmen für die in den verbliebenen AP 2-Szenarien vorgesehenen Hauptkomponenten stichpunktartig zusammengestellt.

- Lebensdauer von 20 Jahren
- Zinssatz 5 %
- Keine EEG-Vergütung und keine EEG-Umlage (außer in Szenario „PtGtP-Sektor-Kopplung-Kraftwerk“)
- In Szenarien „Gasnetz-Einspeisung“, „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ und „Regelbares EE-Kraftwerk“ werden lediglich die Gesteungskosten ermittelt. Mögliche Erlöse aus der Einspeisung werden nicht berücksichtigt.
- Netzentgelte werden berücksichtigt

4.1.2 Szenario „Gasnetz-Einspeisung“

4.1.2.1 Beschreibung

In diesem Szenario treibt Strom aus erneuerbaren Quellen einen Druckelektrolyseprozess an. Daraus entsteht Wasserstoff, der in ein Gasnetz eingespeist wird.

Das Modell enthält folgende Komponenten:

1. Stromnetzanschluss (nur Einspeisung)
2. Gasnetzanschluss (nur Einspeisung)
3. Photovoltaikanlage (PV)
4. Windenergieanlagen (WEA)
5. Alkalischer Druckelektrolyseur
6. Röhrenspeicher H_2

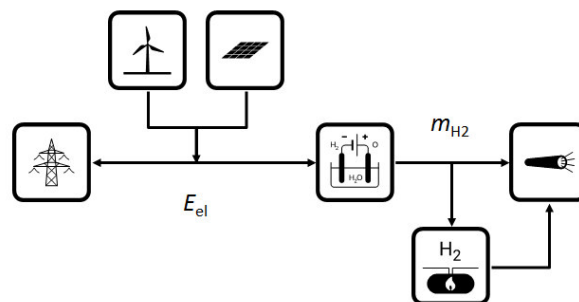


Abbildung 16: Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ - Topologie

Randbedingungen für die Mehrzieloptimierung:

- PV-Anlage 0 - 50 MW
- Windenergieanlagen 0 – 18, jeweils 4,8 MW, 0 - 86 MW Nennleistung
- Alkalischer Druckelektrolyseur mit Ausgangsdruck 50 bar, 0 – 31,8 MW
- Kein Netzstrombezug
- Röhrenspeicher, Betriebsdruck 50 bar bei 5496 m³ Volumen (geometrisch).

- Einspeisung ins Gasnetz ist begrenzt auf 2 Vol.-% des Erdgasflusses in der Leitung
- Keine EEG-Umlage
- Keine Vergütung des eingespeisten Stroms
- Simulation eines Jahres in Stunden-Schrittweite

Optimierungsziele

- Möglichst geringe Wasserstoffgestehungskosten (LCOH₂² nach Annuitätenmethode)
- Möglichst hohe eingespeiste Masse Wasserstoff

4.1.2.2 Ergebnisse

Durch die Mehrzieloptimierung entsteht eine Pareto-Front³. Die günstigste Konfiguration beinhaltet eine WEA-Leistung von etwa 38 MW und einen Photovoltaik-Ausbau von etwa 3 MW. Die Gestehungskosten betragen in diesem Fall 7,65 €/kg, während knapp 1.500 t Wasserstoff pro Jahr eingespeist werden. Etwa 28 % der von den EE-Anlagen gelieferten Energie wird ins Stromnetz eingespeist, der übrige Anteil kann für die Elektrolyse genutzt werden (siehe Tabelle 9). Andere Lösungen führen zwar zu einer höheren eingespeisten Masse Wasserstoff, bedingen aber gleichzeitig höhere Kosten. Die verschiedenen ausgeprägten Kompromisse zwischen diesen beiden Zielen können der folgenden Abbildung und Tabelle entnommen werden.

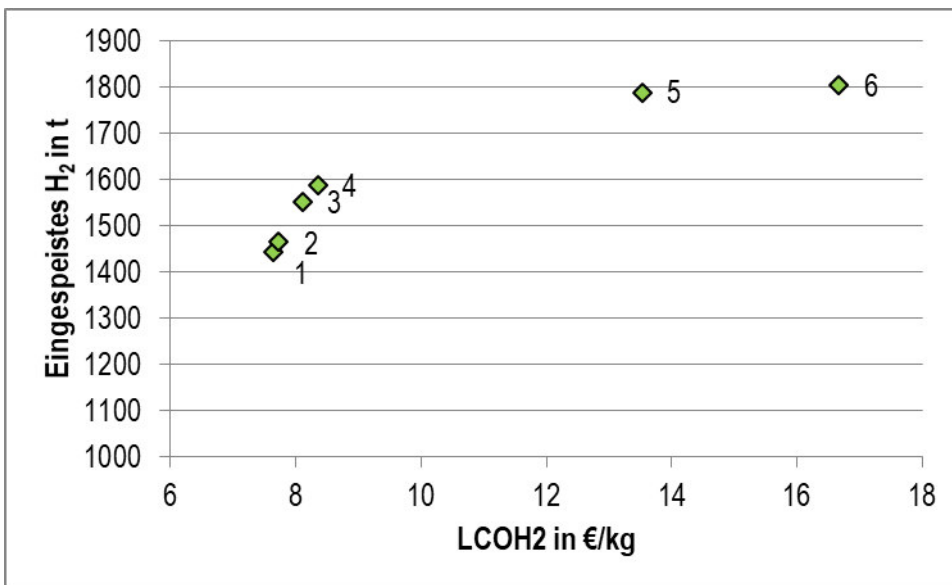


Abbildung 17: Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ - Pareto-Front der Auslegungen im Zielraum

² LCOH₂: engl. „*Levelized cost of hydrogen*“

³ Gibt es für eine Lösung keine anderen Lösungen, die in mindestens einem Zielkriterium besser sind ohne in den restlichen Kriterien schlechter zu sein, dann heißt diese Lösung *Pareto-optimal*. Die Gesamtheit der Pareto-optimalen Lösungen bildet die *Pareto-Front*.

Tabelle 9: Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ – Haupteigenschaften der Pareto-optimalen Auslegungen

#	LCOH ₂ €/kg	m _{H₂} t	WEA MW	P _{PV} MW _p	P _{ely} MW	E _{WEA} GWh	E _{PV} GWh	Einspeise- quote ⁴
1	7.65	1444	38.4	2.6	31.2	103.8	2.6	28%
2	7.72	1466	38.4	5.0	31.2	103.8	5.0	29%
3	8.11	1551	48.0	2.6	31.8	129.7	2.6	38%
4	8.35	1586	52.8	2.2	31.8	142.7	2.2	42%
5	13.52	1788	62.4	65.9	52.7	168.6	65.3	61%
6	16.65	1805	76.8	89.2	99.0	207.5	88.4	69%

Im Folgenden wird die Lösung 2 genauer betrachtet, da diese einen attraktiv erscheinenden Kompromiss hinsichtlich der beiden Ziele darstellt. Diese Auslegung besteht aus Elektrolyseanlagen mit 31 MW Leistung, 8 Windenergieanlagen mit insgesamt 38 MW Peakleistung und Photovoltaikanlagen mit 5 MW Peakleistung. Die Volllaststunden des Elektrolyseurs betragen 2.484 h/a; die tatsächlichen Betriebsstunden sind 7.888 h/a. Die Durchschnittsleistung des Elektrolyseurs beträgt etwa 10 MW.

Im Jahresverlauf der Elektrolyseleistung ist eine Lücke im Sommer erkennbar (vgl. **Abbildung 18**). In diesem Zeitraum sind der Erdgasfluss im NAP und damit das Einspeisepotential null oder nahe null. Zunächst wird der produzierte Wasserstoff in den Speicher geleitet, der binnen etwa zwei Tagen seinen maximalen Füllstand erreicht. Bei Gasstillstand und vollem Gasspeicher wird die von den EE-Anlagen produzierte Energie ins Stromnetz gespeist.

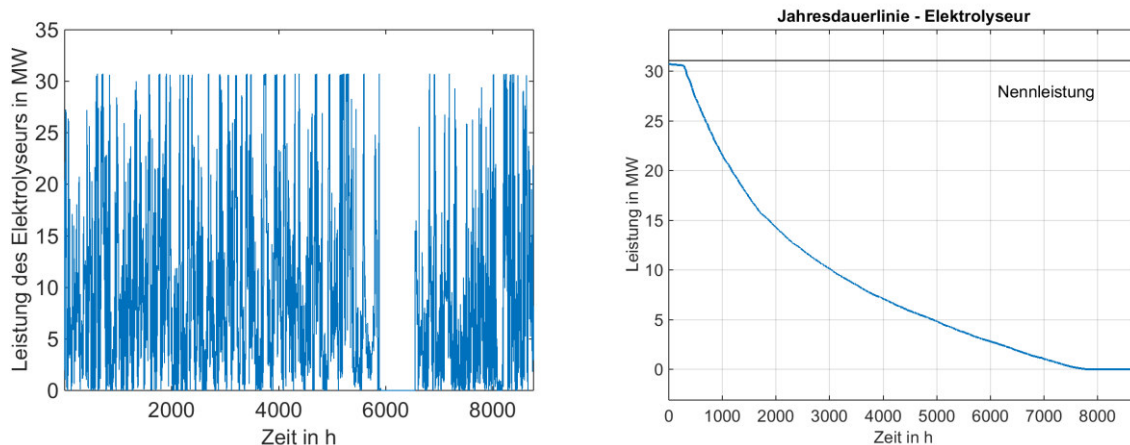


Abbildung 18: Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ – Jahresverlauf der Elektrolyseurleistung und Jahresdauerlinie des Elektrolyseurs

Die Kapazität des Röhrenspeichers beträgt (wie in allen Szenarien) knapp 8 t. Wie in **Abbildung 19** zu erkennen ist, wird die Kapazität ausgenutzt. Während etwa 4.000 Stunden des Jahres ändert sich

⁴ Die Einspeisequote beschreibt das Verhältnis zwischen eingespeister elektrischer Energie und gesamter Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen.

der Speicherstand jedoch nicht (siehe **Abbildung 19**). Es werden 42 Volladezyklen erreicht, während der maximale Füllstand 27 % der Zeitschritte vorliegt. Der mittlere Speicherstand beträgt 54 %.

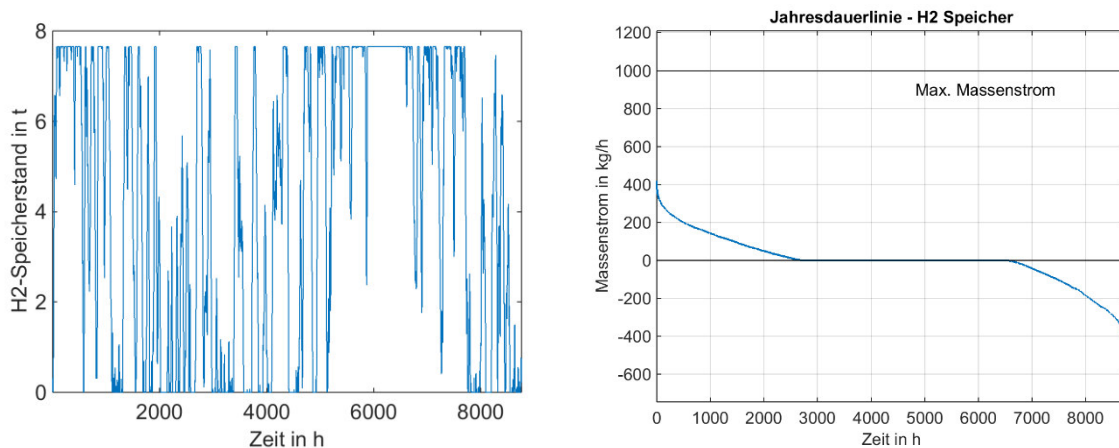


Abbildung 19: Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ – Jahresverlauf des H₂-Röhrenspeicherstandes in t und Jahresdauerlinie des Röhrenspeichers

Das System aus Lösung 2 weist verglichen mit der WEA-Leistung nur eine geringe PV-Leistung auf, entsprechend sind deren Energieerträge gering (**Abbildung 20**, links). Der Anteil der eingespeisten Energie beträgt 29 %, während die übrige durch EE bereitgestellte Energie für Elektrolyse genutzt werden kann. Im betrachteten System gibt es keine Einnahmequelle, da weder die eingespeiste Energie noch der erzeugte Wasserstoff vergütet werden. Die Gesamtannuität beträgt etwa 11 Mio. €, wovon mehr als die Hälfte auf die Windenergieanlage entfällt (**Abbildung 20**, rechts).

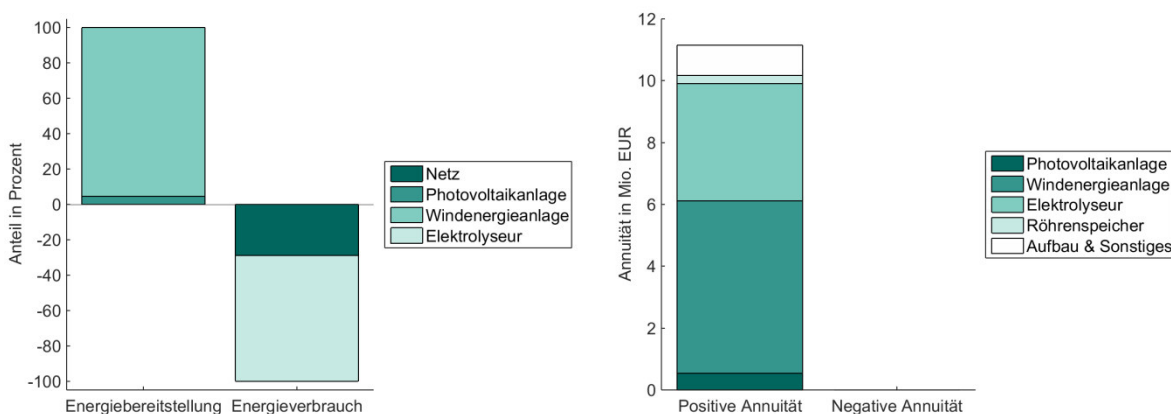


Abbildung 20: Szenario „Gasnetz-Einspeisung“ – Energieflüsse, prozentual aufgeteilt und Aufteilung der Annuitäten

4.1.2.3 Auswertung

Die günstigste Konfiguration erreicht Wasserstoffgestehungskosten von 7,65 €/kg. Dies kann – je nach Absatzpreis des Wasserstoffs – einen wirtschaftlichen Betrieb ermöglichen. Es kann also lohnend sein, dieses Szenario detaillierter zu untersuchen. Es sollte geprüft werden, ob ein Wasserstoffverdichter ggf. erforderlich und/oder sinnvoll sein kann, um die nutzbare Speicherkapazität zu erhöhen. Einige der getroffenen Annahmen und Randbedingungen sind noch

einmal kritisch zu prüfen (z.B. die Annahme, dass keine EEG-Umlage fällig wird). Konfigurationen mit einer höheren Wasserstoffproduktion führen in dieser Betrachtung jedoch zu deutlich höheren Kosten und erscheinen daher unattraktiv. Diese Bewertung kann sich jedoch ändern, wenn angenommen wird, dass die nicht für Elektrolyse nutzbare Erneuerbare Energie am Energiemarkt verkauft werden kann.

4.1.3 Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“

4.1.3.1 Beschreibung

Ein Elektrolyseur erbringt negative Sekundärregelleistung (SRL). Das bedeutet, dass er Energie aus dem Regenergiemarkt bezieht. Der erzeugte Wasserstoff wird entweder im Röhrenspeicher gespeichert oder in das Erdgasnetz eingespeist. Eine Gasturbine erbringt positive Minutenreserveleistung (MRL). Sie nutzt Erdgas als Brennstoff.

Das Modell enthält folgende Komponenten:

1. SRL-Anforderung
2. Alkalischer Druckelektrolyseur
3. Röhrenspeicher
4. Gasnetzanschluss
5. Gasturbine
6. MRL-Anforderung

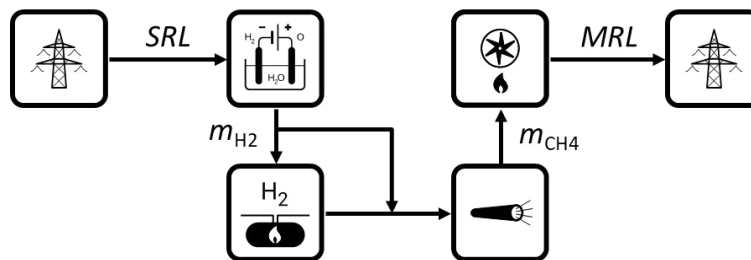


Abbildung 21: Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ - Topologie

Randbedingungen für die Mehrzieloptimierung

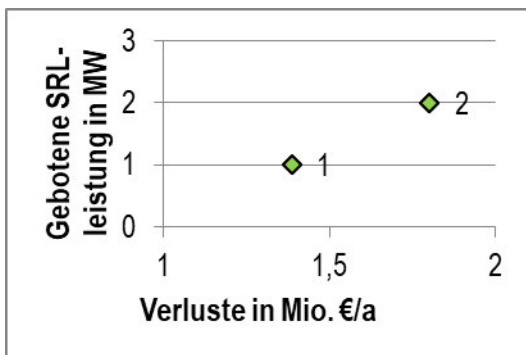
- SRL- und MRL-Marktteilnahme mit realistischer Gebotsstrategie
- Gebotene SRL-Leistung: variiert zwischen 1 und 5 MW
- Gebotene MRL-Leistung entsprechend der GT-Leistung (38 MW)
- Keine Mindestlaufzeit und Mindestlast der Gasturbine
- Alkalischer Druckelektrolyseur mit Ausgangsdruck 50 bar, Leistung passend zur gebotenen SRL-Leistung (zwischen 1 und 5 MW)
- Röhrenspeicher, Betriebsdruck 50 bar bei 5496 m³ Volumen (geometrisch)
- Einspeisung ins Gasnetz ist begrenzt auf 2 Vol.-% des Erdgasflusses in der Leitung
- Falls der produzierte Wasserstoff energetisch nicht zur Versorgung der GT ausreicht, wird angenommen, dass die Differenz zum Erdgaspreis eingekauft werden muss
- Simulation eines Jahres in 15-Minuten-Schrittweite

Optimierungsziele

- Möglichst geringe jährliche Kosten (Annuitätenmethode, berücksichtigt die Erträge aus SRL- und MRL-Marktteilnahme)
- Möglichst hohe gebotene SRL-Leistung

4.1.3.2 Ergebnisse

SRL-Leistungen über 2 MW sind nicht möglich. Dies liegt an der begrenzten Speicherkapazität des Röhrenspeichers sowie der begrenzten Einspeisemöglichkeiten in das Erdgasnetz im Sommer. Beide verbleibenden Varianten (1 und 2 MW) sind nicht wirtschaftlich. Jährliche Verluste belaufen sich in beiden Fällen auf über 1 Mio. € (**Abbildung 22**). Die Volllaststunden der Gasturbine betragen knapp 300, die des Elektrolyseurs etwa 1700 bis 1800 Stunden im Jahr.



SRL-Leistung	MW	1	2
Verluste insg.	Mio. €/a	1,39	1,80
Ely-Leistung	MW	1,14	2,16
VLH Ely	h/a	1725	1826
VLH GT	h/a	289	289
Gas-Defizit	GWh/a	34,1	32,9
Einnahmen MRL	Mio. €/a	0,97	0,97
Einnahmen SRL	Mio. €/a	-0,28	-0,55

Abbildung 22: Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ – Pareto-optimale Auslegungen im Zielraum und Haupteigenschaften der Pareto-optimalen Auslegungen

Die folgenden Abbildungen zeigen die Jahresdauerlinien des Elektrolyseurs, der Gasturbine und des Speichers (Fall „2 MW SRL-Leistung“). Es wird deutlich, dass alle Komponenten wenig genutzt werden. Dies trifft insbesondere für die Gasturbine und den Wasserstoffspeicher zu. Der Speicherstand ändert sich während 8.000 Stunden des Jahres nicht. Er wird lediglich in der Zeit benötigt, zu der kaum in das Erdgasnetz eingespeist werden kann. Entsprechend beträgt der mittlere Speicherfüllstand knapp 15 % und es treten nur 1,1 Vollladezyklen auf. Der maximale Füllstand wird nur in einer Stunde des Jahres erreicht.

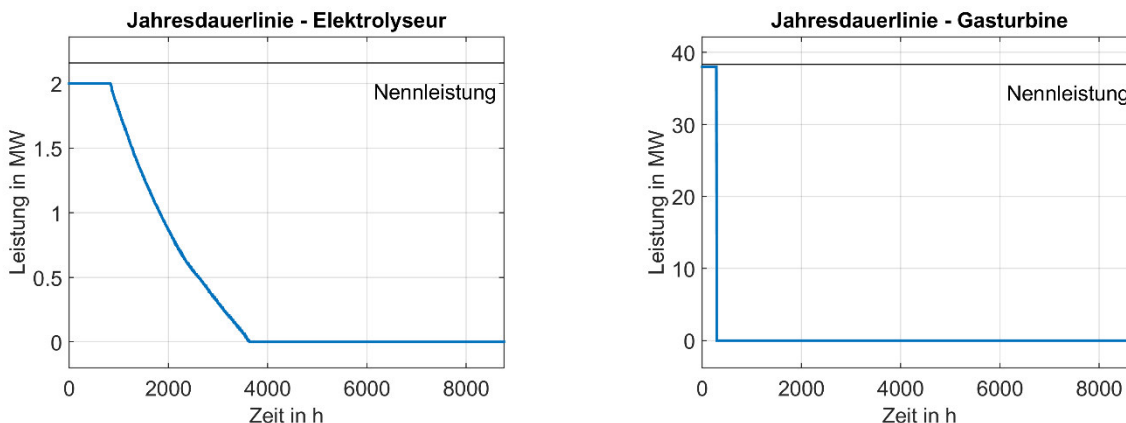


Abbildung 23: Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ – Jahresdauerlinie für den Elektrolyseur und Jahresdauerlinie für die Gasturbine

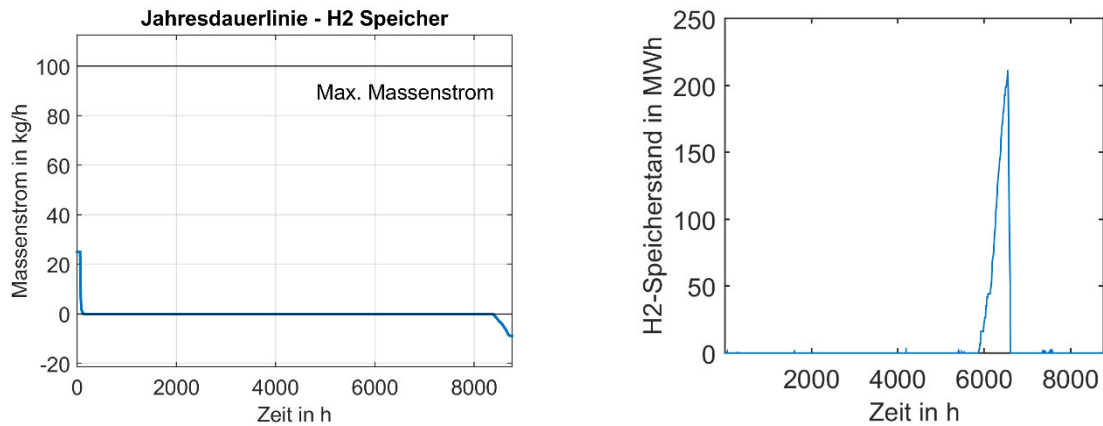


Abbildung 24: Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ – Jahresdauerlinie des Röhrenspeichers und Jahresverlauf des Röhrenspeicherstandes

Die Gasturbine stellt erheblich mehr elektrische Energie bereit als durch die SRL-Marktteilnahme vom Elektrolyseur aufgenommen wird (**Abbildung 25, links**). Dies kann mit der unterschiedlichen Nennleistung von 38 MW (GT) bzw. 2 MW (Ely) erklärt werden und ist wiederum der Grund für das Missverhältnis aus erzeugtem und verbrauchtem Gas. Die Aufschlüsselung der Kosten und Erträge zeigt der rechte Teil von **Abbildung 25**. Es wird deutlich, dass die Einnahmen aus der MRL-Marktteilnahme nicht ausreichen, um die entstehenden Kosten zu decken. Ein Hauptkostentreiber sind die Brennstoffkosten für die Gasturbine.

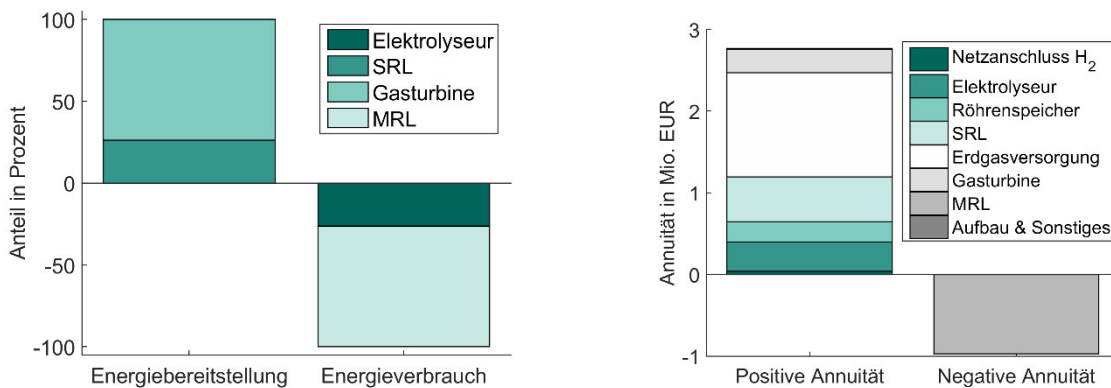


Abbildung 25: Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ - Energieflüsse, prozentual aufgeteilt, und Aufteilung der Annuitäten

4.1.3.3 Auswertung

Jährliche Verluste belaufen sich auf über 1 Mio. €. Die Einnahmen aus der SRL- und MRL-Marktteilnahme können die Kosten nicht kompensieren. Tatsächlich sind die Einnahmen aus der SRL-Marktteilnahme negativ, weil die Arbeitspreise hier teils negativ sind.

Die Kombination aus positiver MRL mittels Gasturbine und negativer SRL mittels Elektrolyseur zeigt keine ausgeglichene Energiebilanz und ist deshalb auch technisch nicht sinnvoll. Obwohl die Gasturbine nur knapp 300 Vollaststunden pro Jahr leistet, genügt der mittels Elektrolyse (> 1700

Volllaststunden) erzeugte Wasserstoff nicht, um den Brennstoffbedarf der Gasturbine zu decken. Das begrenzte Aufnahmepotential der Erdgaspipeline für Wasserstoff im Sommer sowie das begrenzte Speichervolumen des Röhrenspeichers verhindern eine höhere Elektrolyseleistung. Mit einer komplexeren, angepassten Marktteilnahmestrategie, die während dieser Zeit keine SRL-Marktteilnahme vorsieht, könnte die mögliche SRL-Leistung erhöht werden. Auch wenn dadurch ggf. eine Verringerung des Ungleichgewichts zwischen erzeugtem und verbrauchtem Gas erreicht werden kann, so wird sich die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems voraussichtlich nicht wesentlich verbessern. Dies ist den Marktpreisen (SRL und MRL) für Energie sowie den hohen Wirkungsgradverlusten für die gesamte Wandlungskette (Strom – Elektrolyse – Gas – Gasturbine – Strom) geschuldet.

4.1.4 Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“

4.1.4.1 Beschreibung

In diesem Szenario unterstützt EE-Strom aus eigener Erzeugung den Bahnstrombedarf an einem Bahnstrom-Umrichterwerk. Reicht die Leistung aus Wind- und Sonnenenergie nicht, werden eine stationäre Gasturbine und eine Großbatterie eingesetzt. Die Gasturbine verbraucht Erdgas, nimmt aber nur so viel Energie aus dem Gasnetz wie über das Jahr als Wasserstoff eingespeist wird („bilanzielles Grüngas“).

Das Modell hat folgende Komponenten:

1. Stromnetzanschluss
2. Gasnetzanschluss (nur Einspeisung von H_2)
3. Photovoltaikanlagen (PV)
4. Windenergieanlagen (WEA)
5. Transformator
6. Alkalischer Druckelektrolyseur
7. Batteriespeicher
8. Röhrenspeicher
9. DB-Umrichterwerk (Nachfrager)
10. Stationäre Gasturbine, 38 MW elektrische Leistung
11. Gasnetzanschluss (Erdgas, Versorgung Gasturbine)

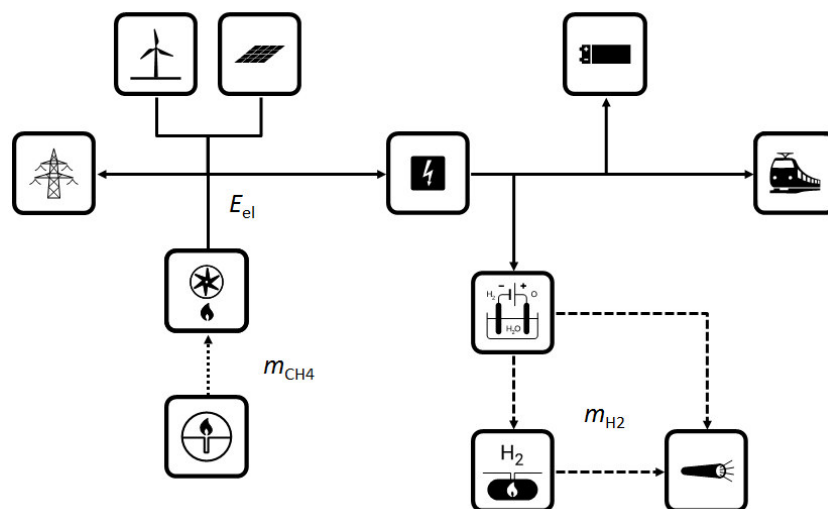


Abbildung 26: Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Topologie

Randbedingungen für die Mehrzieloptimierung

- PV-Anlage 0 - 100 MW
- Windenergieanlagen 0 – 18, jeweils 4,8 MW, 0 - 86 MW
- Batteriespeicher, 0 – 200 MWh
- Alkalischer Druckelektrolyseur mit Ausgangsdruck 50 bar, 0 - 63,5 MW
- Röhrenspeicher, Betriebsdruck 50 bar bei 5496 m³ Volumen (geometrisch).
- Keine EEG-Umlage
- Keine Vergütung des Traktionsstroms
- Vergütung des überschüssigen eingespeisten Wasserstoffs in Höhe von 6 €/kg
- Einspeisung ins Gasnetz ist begrenzt auf 2 Vol.-% des Erdgasflusses in der Leitung
- Erdgaskosten gemäß Durchschnitt des Intraday-Preises
- Energiegehalt des produzierten Wasserstoffs muss größer oder gleich dem Energiegehalt des von der Gasturbine verbrauchten Erdgases über das gesamte Jahr sein
- Simulation eines Jahres in 1-h-Schrittweite
- Da die Gasturbine nicht in der Lage wäre, die Traktionsspitzenlast alleine zu decken, wird der Lastgang auf etwa 10 % der am Umrichterwerk anfallenden Last skaliert (Maximallast etwa 7 MW)

Optimierungsziele

- möglichst niedrige Stromgestehungskosten (LCOE⁵)
- möglichst geringer Netzstrombezug

4.1.4.2 Ergebnisse

Eine vollkommen auf Erneuerbaren Energien basierende Deckung der Energienachfrage (Bahnstrom) ist nur unter hohen spezifischen Kosten von 0,30 €/kWh möglich. Für den Stromabnehmer würde dieser Betrag noch um verschiedene Steuern, Abgaben und Umlagen sowie die Umsatzsteuer erhöht werden. Löst man sich von dem Kriterium der vollständigen Eigenversorgung und lässt den Bezug von Strom aus dem Netz in nur geringem Umfang (z.B. 4 %) zu, so können die Kosten gesenkt werden (im Beispielfall um etwa 10 % auf 0,27 €/kWh). Bei Auslegungen mit Bezugsquoten unter 12 % sind Gestehungskosten unter 0,20 €/kWh möglich.

⁵ LCOE: engl. „*levelized cost of electricity*“

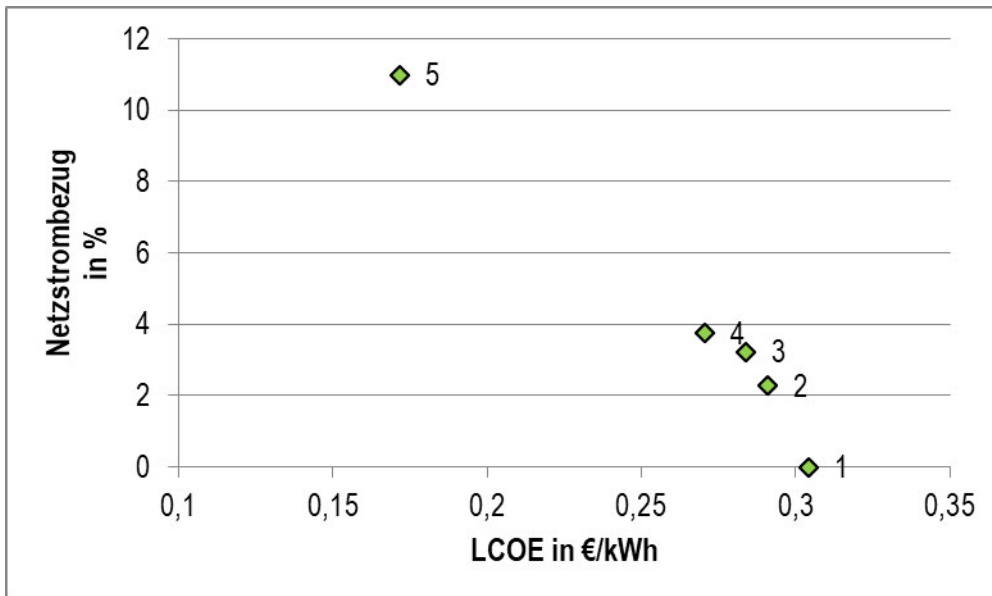


Abbildung 27: Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ – Pareto-optimale Auslegungen im Zielraum

Tabelle 10: Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ – Haupteigenschaften der Pareto-optimalen Auslegungen

#	LCOE €/kWh	Netzstrom- quote	WEAs MW	P _{PV} MWp	P _{Ely} MW	Batteriekap. MWh	E _{Wind} GWh	E _{PV} GWh	E _{Bahn} GWh	E _{GT} GWh	Einspeise- quote
1	0.30	0.0%	52.8	14.7	22.2	53.5	142.6	14.6	50.0	1.3	23%
2	0.29	2.3%	57.6	34.6	26.7	53.4	155.6	34.3	50.0	0.4	28%
3	0.28	3.2%	33.6	34.6	26.7	55.1	90.7	34.3	50.0	0.6	10%
4	0.27	3.8%	57.6	30.6	38.1	53.4	155.6	30.3	50.0	0.0	27%
5	0.17	11.00	62.4	6	22.2	22.8	168.5	5.9	50.0	0.0	0.03

Im Folgenden wird die Systemkonfiguration ohne Netzstrombezug (Konfiguration 1) genauer betrachtet. Diese Auslegung besteht aus 11 Windenergieanlagen von je 4,8 MW Peakleistung, Photovoltaikanlagen mit 14,7 MW Peakleistung, einem Batteriespeicher mit knapp 54 MWh Kapazität und Elektrolyseuren mit einer Leistung von 22 MW insgesamt. Die Volllaststunden der Elektrolyseure betragen 2.943 h/a, die Betriebsstunden bei Teillast 5.155 h/a. In dieser Konfiguration wird kein Netzstrombezug zugelassen. 23 % der von den Windenergie- und PV-Anlagen erzeugten Energie wird als Überschuss in das Stromnetz eingespeist.

Bedingt durch den skalierten Lastgang läuft die Gasturbine zu keinem Zeitpunkt auf Volllast und ihre Auslastung ist gering (vgl. **Abbildung 31**). Die Volllaststunden der Gasturbine betragen 33 h/a. Die Betriebsstunden der Gasturbine bei Teillast betragen 333 h/a.

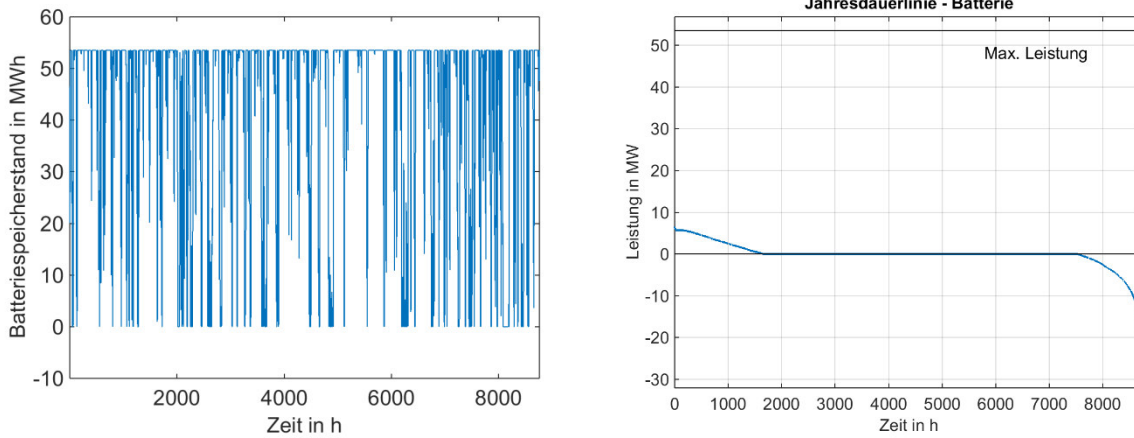


Abbildung 28: Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ – Jahresverlauf des Batteriespeicherstandes und Jahresdauerlinie des Batteriespeichers

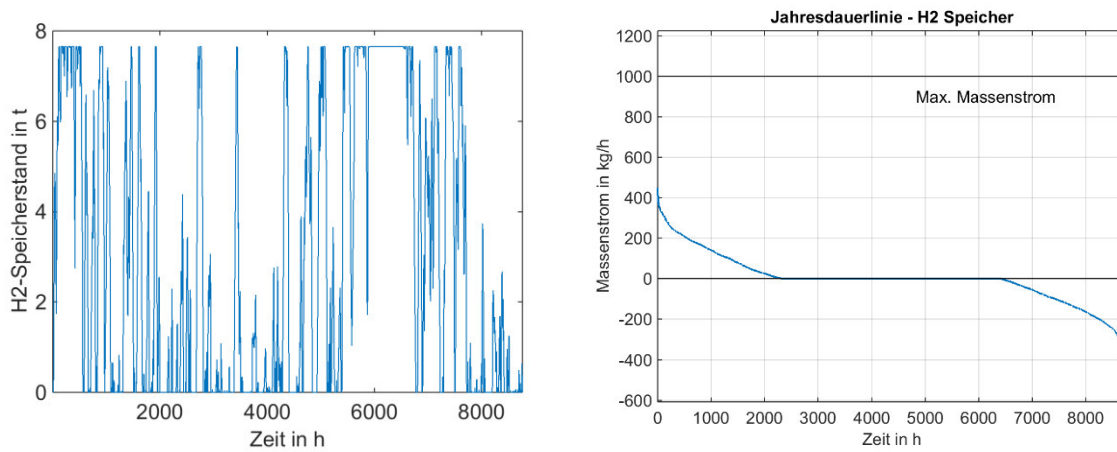


Abbildung 29: Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ – Jahresverlauf des Röhrenspeicherstandes in t H2 und Jahresdauerlinie des Röhrenspeichers

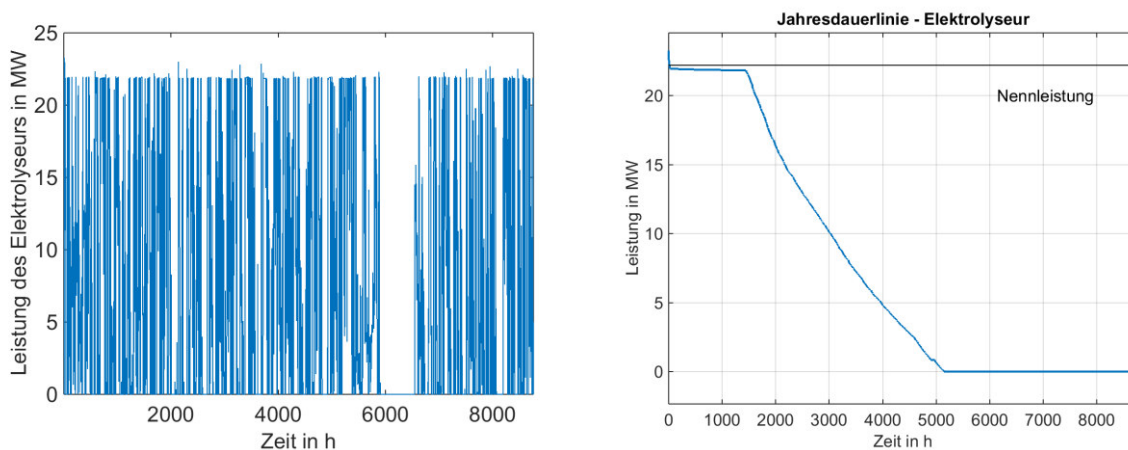


Abbildung 30: Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Jahresverlauf der Elektrolyseurleistung und Jahresdauerlinie des Elektrolyseurs

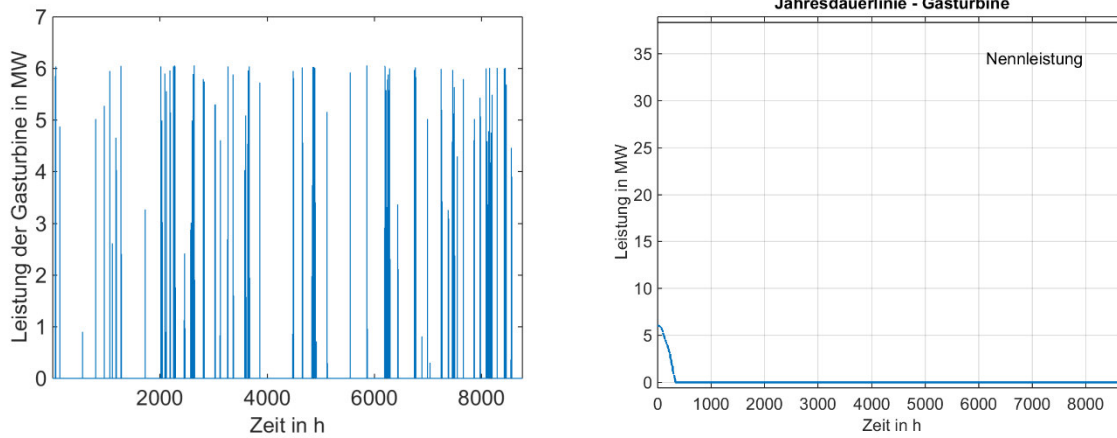


Abbildung 31: Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Jahresverlauf der Gasturbinenleistung und Jahresdauerlinie der Gasturbine

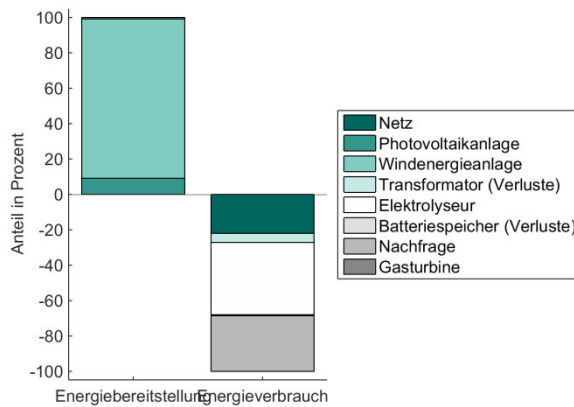


Abbildung 32: Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Energieflüsse, prozentual aufgeteilt

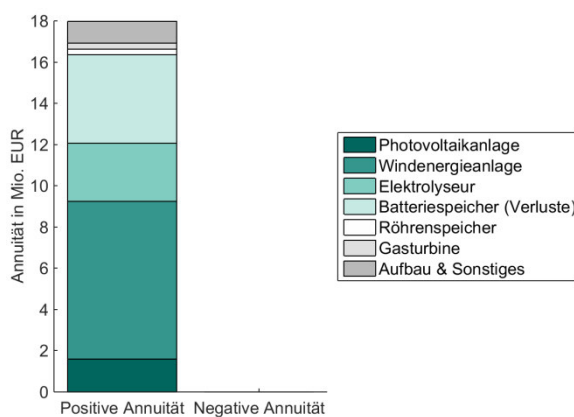


Abbildung 33: Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ - Aufteilung der Annuitäten

Die Gesamtkosten nach der Annuitätenmethode für die gesamte Anlage belaufen sich auf 18,2 Mio. €/a (vgl. **Abbildung 33**). Das führt zu Stromgestehungskosten von 0,30 EUR/kWh.

4.1.4.3 Auswertung

Die äußerst geringen Volllaststunden der Gasturbine sind eine Folge ihres verhältnismäßig schlechten Wirkungsgrades (~32 %). Da das System sowohl auf geringe Gestehungskosten als auch auf geringen Netzstrombezug hin optimiert wird, hat die Gasturbine durch ihren Wirkungsgrad eine niedrige Priorität. Eine so geringe Auslastung macht die Nutzung der Gasturbine fraglich. Sie fährt nie auf Nennlast (wegen der geringen Nachfrage) und insgesamt nur für kurze Zeiten, sodass hoher Verschleiß zu erwarten wäre.

Die Auslastung der Gasturbine könnte durch eine veränderte (höhere) Skalierung des Lastgangs erreicht werden, doch hätte dieser Schritt Folgen für die Versorgungssicherheit, die wiederum durch die Zulassung geringen Netzstrombezuges erreicht werden könnte.

Eine Anlage ohne Gasturbine würde einen anderen Energiewandler benötigen, z.B. eine Brennstoffzelle, um gespeicherten Wasserstoff lokal wieder in Strom umwandeln zu können. In diesem Fall wäre eine verbesserte Effizienz bei höheren Kapitalkosten zu erwarten.

4.1.5 Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“

4.1.5.1 Beschreibung

Szenario 4 basiert auf der Auslegung von Szenario 3 mit dem Unterschied, dass keine Anbindung an das Umrichterwerk des Bahnnetzes betrachtet wird. Stattdessen sind die Komponenten mit einem Umspannwerk verbunden, welches für die Stromversorgung von ca. 70.000 Einwohnern zuständig ist. In diesem Szenario wird untersucht, wie die Komponenten optimal ausgelegt werden müssen, um alle Einwohner mit grünem Strom zu versorgen. Verwendetes Erdgas muss folglich durch grünen Wasserstoff kompensiert werden. Die Höhe der Kompensation erfolgt auf Basis des Heizwertes des verbrauchten Erdgases. Um die geforderten Mengen an grünem Strom bereitzustellen zu können, werden die maximale installierte Leistung von WEA und PV nicht begrenzt.

Das Modell enthält folgende Komponenten:

1. Photovoltaikanlage (PV)
2. Windenergieanlage (WEA)
3. Gasturbine
4. Gasnetzanschluss CH₄
5. Stromnetzanschluss (Aufnahme Überschussstrom)
6. Transformator
7. Alkalischer Druckelektrolyseur
8. Gasnetzanschluss H₂
9. Röhrenspeicher H₂
10. Batteriespeichersystem
11. Elektrische Last (70.000 Anwohner)

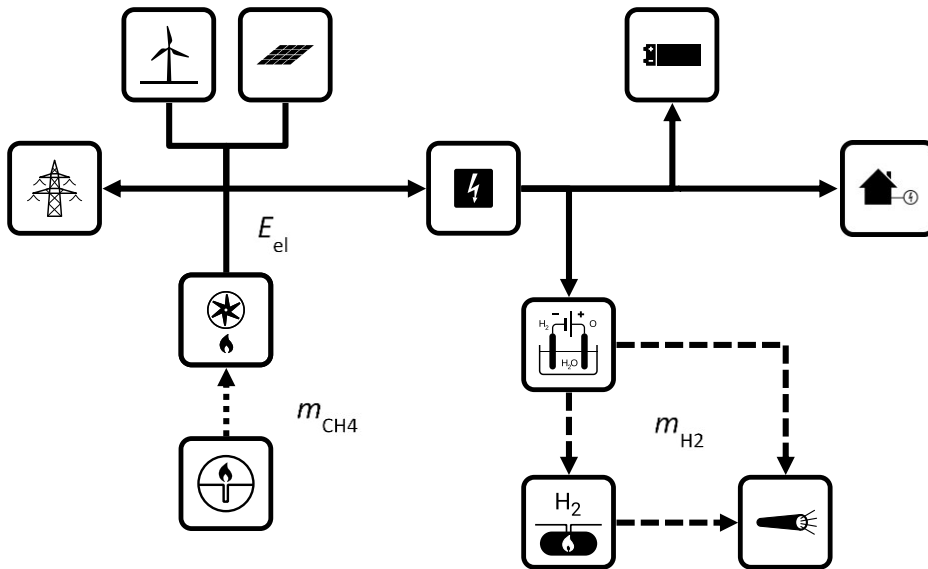


Abbildung 34: Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Topologie

Randbedingungen für die Mehrzieloptimierung

- Strom muss zu 100 % aus Erneuerbarer Energie gewonnen werden
- Erdgasverbrauch muss durch grünen Wasserstoff ausgeglichen werden (Heizwertäquivalent)
- Alkalischer Druckelektrolyseur mit Ausgangsdruck 50 bar
- Röhrenspeicher, Betriebsdruck 50 bar bei 5496 m³ Volumen (geometrisch)
- Einspeisung ins Gasnetz ist begrenzt auf 2 Vol.-% des Erdgasflusses in der Leitung
- Keine EEG-Umlage
- Kein Stromnetzbezug
- Keine Vergütung des eingespeisten Stroms
- Vergütung überschüssigen, eingespeisten Wasserstoffs mit 6 €/kg
- Simulation eines Jahres in Stunden-Schrittweite

Optimierungsziele

- Minimierung der Stromgestehungskosten

4.1.5.2 Ergebnisse & Auswertung

Eine ausschließlich grüne Stromversorgung führt unter den getroffenen Annahmen zu hohen Stromgestehungskosten von 29 Cent/kWh (vgl. Tabelle 11). Von den 170 GWh/a, die für die Versorgung der Haushalte benötigt werden, werden nur 8,8 GWh/a durch die Gasturbine bereitgestellt (vgl. **Abbildung 35**). Dies lässt sich damit erklären, dass der Wasserstoff für einen Ausgleich des fossilen Brennstoffs nur zu bestimmten Zeiten und in bestimmten Mengen in das Gasnetz eingespeist werden darf, somit ist die Verwendung der Turbine sehr begrenzt. Der restliche Bedarf wird direkt (durch WEA und PV) oder indirekt (durch den Batteriespeicher) gedeckt. Wegen der hohen Volatilität der Erneuerbaren kommt es dadurch zu großen Energiemengen, die abgeregelt werden müssen (168 GWh/a). Dies erklärt die hohen Stromgestehungskosten. Eine monetäre Vergütung des abgeregelteten Stroms würde den hohen Kosten entgegenwirken. Die Vollaststunden des Elektrolysesystems sowie der Gasturbine sind mit 1567 h/a bzw. 230 h/a gering (s. **Abbildung**

36). Die geringe Ausnutzung insbesondere des Elektrolyseurs führt wegen der hohen Investitionskosten (s. **Abbildung 37**) ebenfalls zu einem vergleichsweise hohen Strompreis. Als Einnahmen sind bereits Erlöse aus dem Wasserstoffverkauf (Komponente „Netzanschluss H₂“, 6 €/kg) berücksichtigt. Dabei wird das Heizwertäquivalent des entnommenen Erdgases durch Wasserstoffeinspeisung ausgeglichen und nur der zusätzlich eingespeiste Wasserstoff vergütet. Der Wasserstoffenergieerlös summiert sich auf 0,5 Mio. €/a. Die Strompreiszusammensetzung in **Abbildung 37** zeigt, dass die Erneuerbaren Energien (PV und Wind) sowie der Batteriespeicher für den Großteil des Strompreises verantwortlich sind (ca. 83 %).

Tabelle 11: Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Optimierte Komponentenauslegung

Stromkosten €/kWh	P _{WEA} MWp	P _{PV} MWp	P _{ELY} MW	Batteriekap. MWh
0,29	115,2	101,8	48,9	164,1

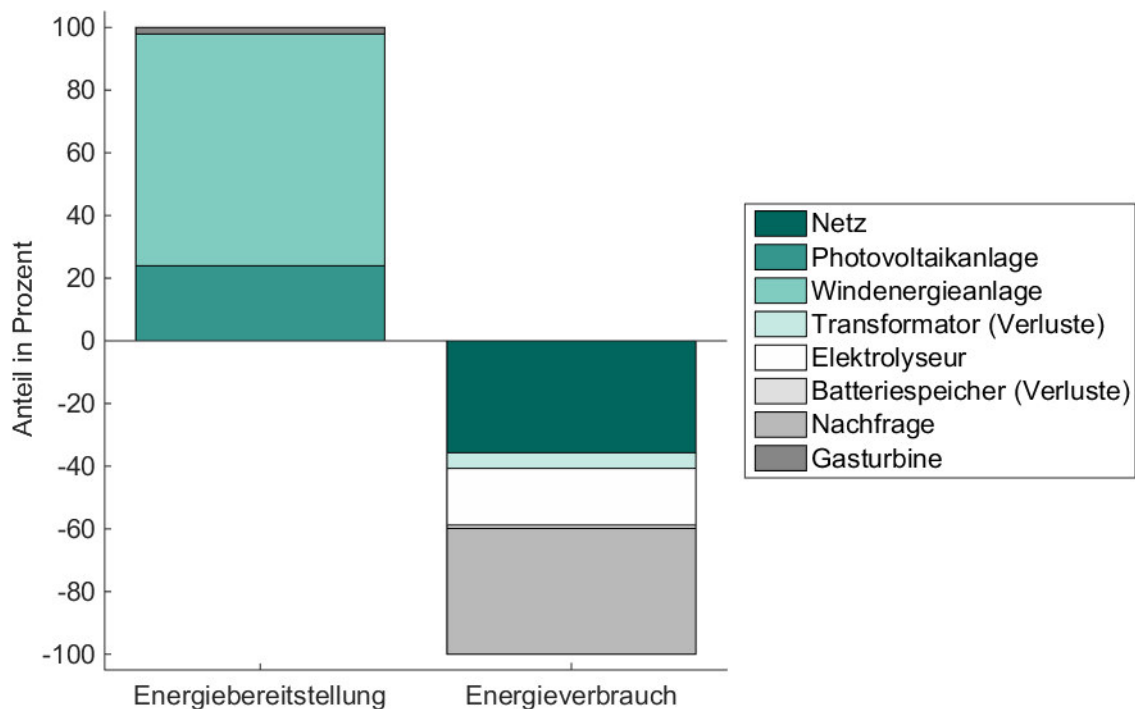


Abbildung 35: Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Aufteilung der Stromerzeugung und des Strombedarfs auf die Komponenten (Referenz: die Nachfrage beträgt 170 GWh/a)

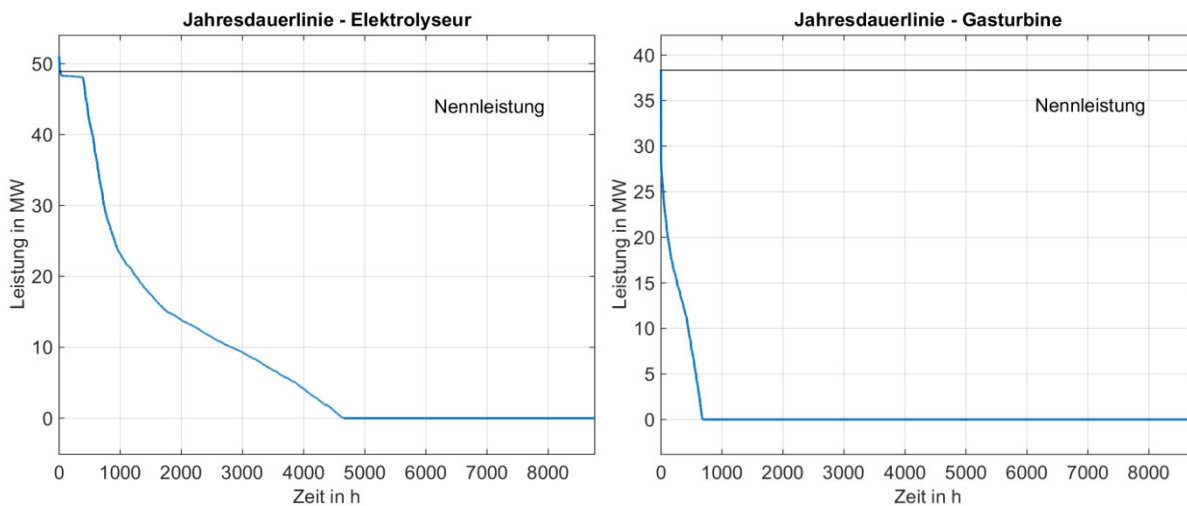


Abbildung 36: Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Jahresdauerlinie der Elektrolyseleistung und der Gasturbinenleistung

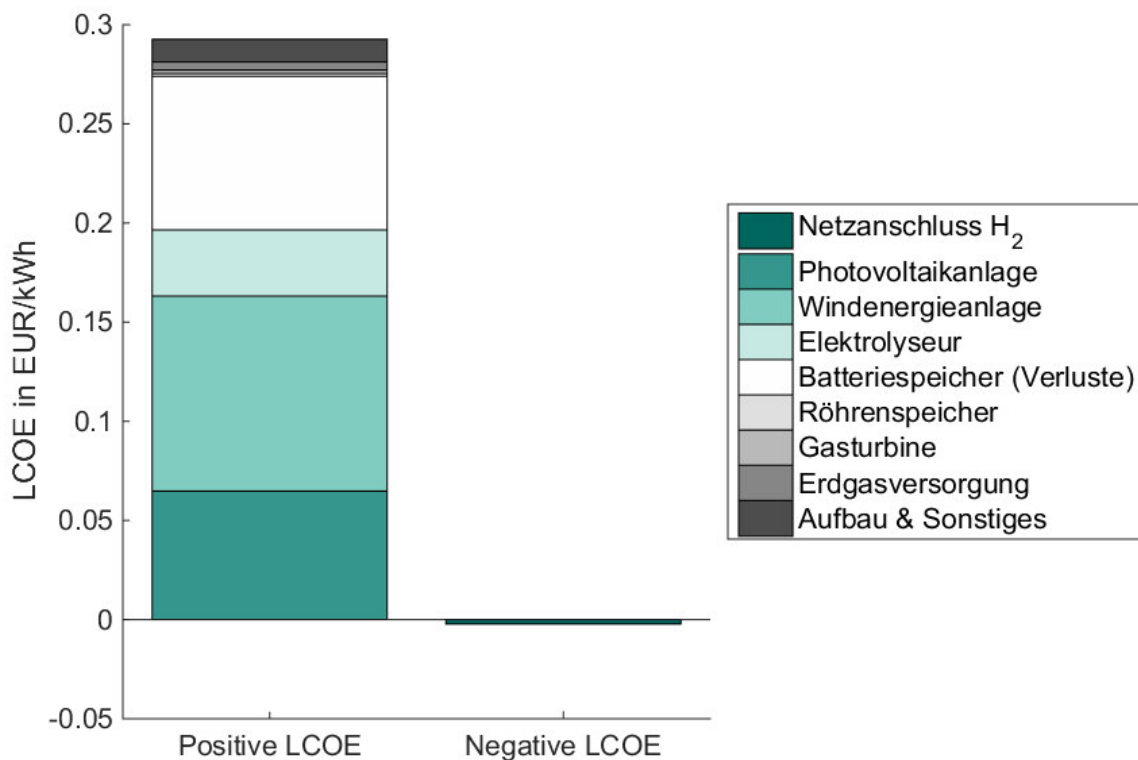


Abbildung 37: Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Aufteilung der Komponentenkosten und Erträge auf den Strombedarf: Stromgestehungskosten (LCOE)

Aus der Jahresdauerlinie der Batterieleistung (s. **Abbildung 38**) lässt sich erkennen, dass der Batteriespeicher zu einem Großteil der Zeit keine Leistung aufnimmt oder abgibt (63 % der Zeitschritte). Die Ein- und Ausspeicherleistung liegt dabei weit unter dem theoretischen Maximum von 164,1 MW. Dies liegt an der hohen Kapazität des Batteriespeichers von 164,1 MWh, die durch eine C-Rate von 1 direkt in die Ladeleistung umgerechnet werden kann (1 MWh → 1 MW). Der Speicher absolviert 132 Vollladezyklen, ist in 58 % der Zeitschritte vollständig geladen und hat über das Jahr einen durchschnittlichen Speicherfüllstand von 77 %.

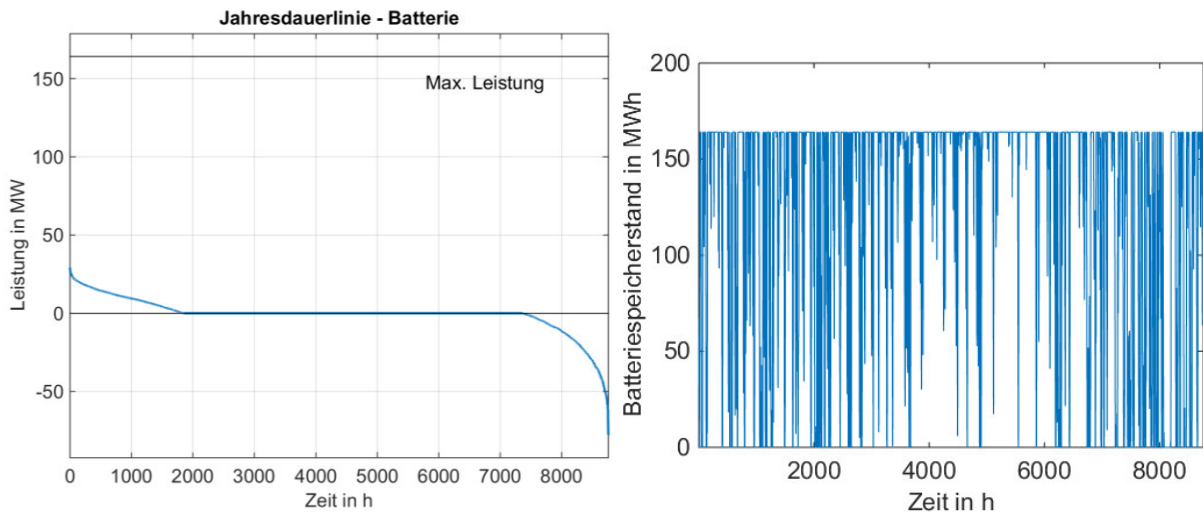


Abbildung 38: Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Jahresdauerlinie der Batterieleistung sowie Batteriefüllstand über das Jahr

Die Jahresdauerlinie sowie der Füllstand des Wasserstoffspeichers sind in **Abbildung 39** dargestellt. Da die Menge an Wasserstoff, die in das Gasnetz eingespeist werden kann, begrenzt ist in Abhängigkeit des Gasflusses, kann der Wasserstoffspeicher seinen Inhalt oft über längere Zeit nicht abgeben. Zu diesen Zeiten ist die Nutzung des Elektrolyseurs ebenfalls nicht oder nur bedingt möglich, wodurch die geringen Volllaststunden erklärt werden können. Über das Jahr absolviert der Wasserstoffspeicher 64 Vollladezyklen, ist in 41 % der Zeitschritte vollständig gefüllt und hat über das Jahr einen durchschnittlichen Speicherfüllstand von 70 %.

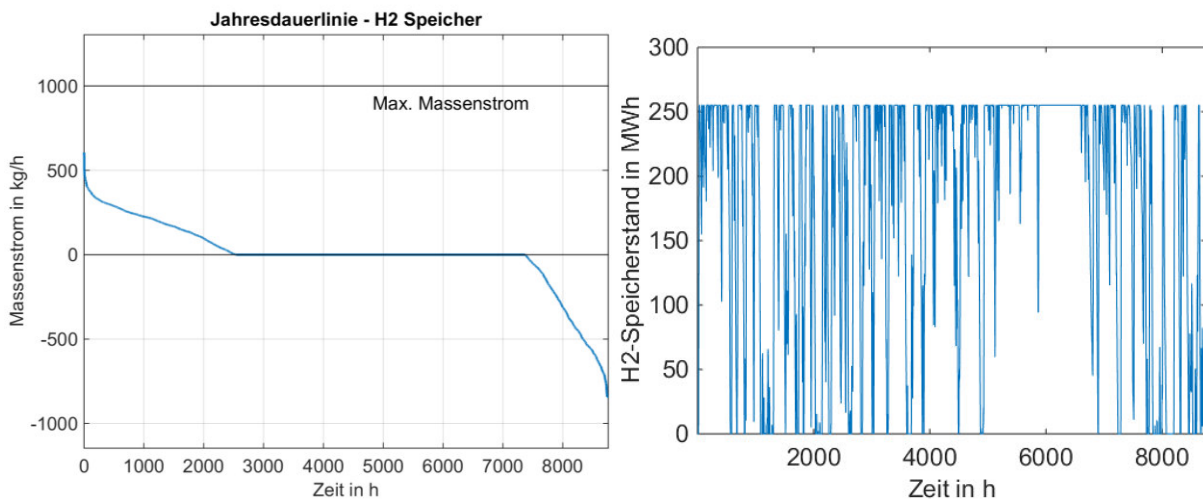


Abbildung 39: Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ - Jahresdauerlinie des Wasserstoffspeicher-Massenstroms sowie der Wasserstoffspeicher-Füllstand über das Jahr

4.1.6 Abschätzung Wirtschaftlichkeit / Förderbedarf

Anhand der Ergebnisse der Mehrzieloptimierungen wird die Wirtschaftlichkeit bzw. der Förderbedarf der einzelnen Szenarien jährlich sowie über die gesamte Projektlaufzeit ermittelt. Die Ergebnisse werden tabellarisch gegenübergestellt.

Hierzu werden folgende Annahmen für spezifisch erzielbare Erlöse zugrunde gelegt (Stand 2017):

- Erlöse aus Direktvermarktung von EE-H2 mit 6 €/kg
- Erlöse für EE-Bahnstrom an Übergabestelle Bahnstrom-Umrichterwerk Thyrow mit 0,08 €/kWh (beinhaltet Strombeschaffungskosten, Netznutzungsentgelt, Konzessionsabgabe sowie Herkunftsnachweis)
- Erlöse für EE-Strom im Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“ bei Einspeisung in das öffentliche Netz mit 0,06 €/kWh

In keinem Szenario werden also die jeweiligen Gas- bzw. Stromgestehungskosten durch die spezifischen Erlöse gedeckt.

Daher wird der Förderbedarf mit nachstehendem vereinfachtem Ansatz abgeschätzt:

$$\text{Förderbedarf} = (\text{Gestehungskosten} - \text{spezifische Erlöse}) \cdot \frac{\text{Energienmenge}}{\text{Zeiteinheit}}$$

Die oben gelisteten spezifischen Erlöse stellen aktuelle Zeitwerte dar. Bei einer angenommenen Projektlaufzeit von 20 Jahren werden diese in einer sich wandelnden Energiewirtschaft (Atomausstieg, ggf. wirksame CO₂-Bepreisung, ggf. Kohleausstieg) Veränderungen unterworfen sein. Die preislichen Auswirkungen auf die Energiemärkte sind jedoch kaum abschätzbar. Allerdings ist davon auszugehen, dass die Differenz zwischen vorliegenden Gestehungskosten und spez. Erlösen über die betrachtete Laufzeit hinweg eher kleiner wird. Insofern liegt den Abschätzungen des Förderbedarfs des speicher kombinierten EE-Kraftwerks über die Projektlaufzeit eher ein konservativer Ansatz zugrunde (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12: Abschätzung Förderbedarf

	Förderbedarf	
	Jährlich	Projektlaufzeit über 20 Jahre
Gasnetz-Einspeisung	2,5 Mio. €	50 Mio. €
PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk	1,8 Mio. €	36 Mio. €
EE-Bahnstrom-Kraftwerk	11 Mio. €	220 Mio. €
Regelbares EE-Kraftwerk	39,1 Mio. €	782 Mio. €

4.2 Zeitschiene

Die nachfolgenden Projektplan-Darstellungen sind als Abschätzungen zu möglichen Zeitschienen der einzelnen Szenarien zu verstehen. Sie basieren auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Kapitel sowie Erfahrungswerten der Autorinnen und Autoren.

Bei den getroffenen Abschätzungen wurde jeweils von einem realistischen, gleichwohl ambitionierten Fall ausgegangen. Dieser erfordert ein hohes Commitment aller beteiligten Akteure sowohl auf öffentlicher als auch privatwirtschaftlicher Seite (vgl. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen).

Zugrundeliegende allgemeine Annahmen und Annahmen für einzelne Komponenten eines speicherkombinierten EE-Kraftwerks sind nachfolgend gelistet.

4.2.1 Annahmen

Die zeitliche Machbarkeit der einzelnen Szenarien wird auf Grundlage der vorliegenden technischen, rechtlichen Erkenntnisse abgeschätzt. Hierzu wird das jeweilige Gesamtvorhaben in Projektphasen (Planung, Genehmigung, Errichtung, Inbetriebnahme) untergliedert.

In der gewählten Darstellung in Form einer „Produkt-Roadmap“ wird grob zwischen einem rechtlichen Pfad (planungsrechtliche Voraussetzungen, Genehmigung; in grün) und einem technischen Pfad (Planung, Bau; in gelb) sowie Betrieb (in rot) unterschieden. Die zeitliche Auflösung wird in Quartalsschritten vorgenommen. Die Zeitplanung beginnt mit dem ersten Quartal 2018. Mögliche Zeitpunkte für einen Spatenstich sowie eine Eröffnung bzw. Inbetriebnahme des speicherkombinierten EE-Kraftwerks werden mittels Icons markiert.

Der zeitlichen Abschätzung für jedes entwickelte Szenario wird ein roter Balken als Platzhalter zur Bildung des Konsortiums für ein speicherkombiniertes EE-Kraftwerk von einem Vierteljahr vorangestellt. Dies ist eine sehr optimistische Abschätzung. Die nachfolgende Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen kann und sollte unabhängig davon in Angriff genommen werden.

Der rechtliche Pfad in grün umfasst jeweils

- Schaffung der jeweiligen planungsrechtlichen Voraussetzung
 - LEP, REP, FNP, B-Plan soweit erforderlich
- Genehmigungsverfahren
 - Prüfung BImSchV, Baurecht, Natur- und Artenschutz, Denkmalschutz, Altlasten und anderen Fachgesetzen

Der technische Pfad

- Planung: Entwurfs- und Detailplanung, Bestellung Komponenten
- Bau: Anlage und Peripherie (ggf. Gebäude, Zuwegung etc.)
- Betrieb: Probetrieb, Inbetriebnahme, regulärer Betrieb

Nachfolgend wird dies für ausgewählte Komponenten eines speicherkombinierten EE-Kraftwerks genauer erläutert.

4.2.1.1 Windenergieanlagen

Hinsichtlich der Windenergieanlagen wird zur zeitlichen Abschätzung planungsrechtlich für alle Szenarien gleichsam von folgenden Annahmen ausgegangen (s. Abschnitt 2.3.3):

- Fortschreibung des Regionalplans Havelland-Fläming 2020
- Konflikte mit FFH-Gebieten, Naturschutzgebieten, dem Freiraumverbund, einem (möglichen) Seeadlerhorst und Denkmalschutzgebieten wurden durch Standortauswahl vermieden

Gemäß Abschnitt 2.3.3 ergeben sich für diese Annahmen bis zu 18 Windenergie-Anlagen am Standort der ehemaligen Heeresversuchsanstalt.

Die Schaffung der entsprechenden planungsrechtlichen Voraussetzungen wird mit etwa fünf Jahren angesetzt. Allerdings wird bereits nach dreieinhalb Jahren Planungsreife erwartet, sodass die sich anschließenden Genehmigungsverfahren inkl. Vorbereitung durch Fachgutachten in Angriff genommen werden können, welche mit etwa zweieinhalb Jahren angesetzt werden. Dies ermöglicht eine anderthalbjährige zeitliche Überlappung der Schritte Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen sowie Genehmigungsverfahren (vgl. **Abbildung 40**).

4.2.1.2 Freiflächen Photovoltaik-Anlage

Hinsichtlich der Freiflächen Photovoltaik-Anlagen wird zur zeitlichen Abschätzung planungsrechtlich für alle Szenarien gleichsam von folgenden Annahmen ausgegangen (s. Abschnitt 2.3.2):

- Fortschreibung Flächennutzungsplan Am Mellensee sowie
- Erstellung bzw. Fertigstellung Bebauungsplan durch Am Mellensee und Nuthe-Urstromtal unter Berücksichtigung bzw. Klärung der denkmalschutzfachlichen Belange

Gemäß Abschnitt 2.3.2 steht für die getroffenen Annahmen konservativ etwa eine Fläche von 941.417 m² (überbaute versiegelte Fläche auf Startbahn bzw. Rollbahn) am Standort der ehemaligen Heeresversuchsanstalt zur Nutzung mit PV-Anlagen zur Verfügung. Unter Hinzunahme der überbauten unversiegelten Flächen neben bzw. zwischen den Bahnen könnte man auf eine Gesamtfläche von etwa 1.681.212 m² zur Nutzung mit PV-Anlagen kommen. Mit einem gängigen Flächenbedarfsfaktor für PV-Freiflächenanlagen von 30.000 m²/MWp gemäß [42] ergeben sich überschlägig 31,4 MWp bzw. 56 MWp.

Die Schaffung der entsprechenden planungsrechtlichen Voraussetzungen wird mit etwa zweieinhalb Jahren angesetzt. Nach anderthalb Jahren wird Planungsreife erwartet, sodass dann mit den sich anschließenden Genehmigungsverfahren (geschätzte Dauer 12 Monate) begonnen werden kann. Dies ermöglicht eine zwölfmonatige zeitliche Überlappung der Schritte Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen sowie Genehmigungsverfahren (vgl. **Abbildung 40**).

4.2.1.3 Externe Verkabelung & Trafo

In der zeitlichen Abschätzung wird davon ausgegangen, dass der am Standort der ehemaligen Heeresversuchsanstalt erzeugte EE-Strom zum jeweiligen Netzeinspeisepunkt bzw. zum Ort der Speicher (Elektrolyse, Batterie) transportiert wird.

Dies wird üblicherweise in Form eines Erdkabels realisiert. Es wird angenommen, dass eine 110-kV-Leitung hierzu hinreichend ist. Diese wird eine im Außenbereich privilegierte Trafo-Station am Standort Sperenberg mit dem Netzeinspeisepunkt bzw. der Ort der Speicher verbinden.

Eventuelle zivilrechtliche Schritte mit Grundstückseigentümern sind dabei ausdrücklich nicht berücksichtigt. Allerdings bleibt innerhalb der Zeit der Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen für die EE-Anlagen ausreichend Zeit, diese parallel mitzuadressieren.

4.2.1.4 Speicherkomponenten Elektrolyse und Batterie

Im Falle der Speicherkomponenten Elektrolyse und Batterie wird bei der zeitlichen Abschätzung davon ausgegangen, dass diese in räumlicher Nähe zu den jeweiligen Netzeinspeisepunkten angesiedelt werden können.

Hierzu wird jeweils davon ausgegangen, dass nur die Genehmigung nach BImSchG (inklusive Baugenehmigung etc.) erforderlich ist.

Ein beispielhafter detaillierter Projektplan für die Errichtung einer Power-to-Gas-Anlage als Gantt-Diagramm findet sich im Anhang.

4.2.1.5 Erdgas-Röhrenspeicher

Der Erdgas-Röhrenspeicher ist derzeit Teil der durch die BNetzA als systemrelevant ausgewiesenen Kraftwerkskomponenten des GTKW Thyrow (vgl. Abschnitt 3.1.1). Es ist durchaus möglich, dass er über 2020 mitsamt der fünf Gasturbinenblöcke weiter als systemrelevant ausgewiesen wird. Andererseits signalisierte der zuständige Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz an Alternativen zu arbeiten.

In den nachstehenden zeitlichen Abschätzungen wird im Hinblick auf den Erdgas-Röhrenspeicher davon ausgegangen, dass dieser ab Mitte 2020 für ein speicherkombiniertes EE-Kraftwerk verfügbar ist.

4.2.2 Darstellung Zeitschiene

Die Abschätzung von möglichen Zeitschienen für in Kapitel 1 entwickelten Szenarien wird nachstehend in Form einer „Product Roadmap“ vorgenommen. Dabei wird unterschieden zwischen Szenarien mit zuzubauenden EE-Anlagen auf der Fläche der ehemaligen Heeresversuchsanstalt und dem Szenario, nämlich PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk, ohne EE-Anlagen.

4.2.2.1 Szenarien mit EE-Anlagen

Die Abschätzung einer möglichen Zeitschiene in Form einer „Produkt-Roadmap“ für die Szenarien mit EE-Anlagen wird in **Abbildung 40** vorgenommen:

- Gasnetz-Einspeisung
- EE-Bahnstrom-Kraftwerk
- Regelbares EE-Kraftwerk

In den Anlagen findet sich zudem jeweils eine hochaufgelöste Fassung.

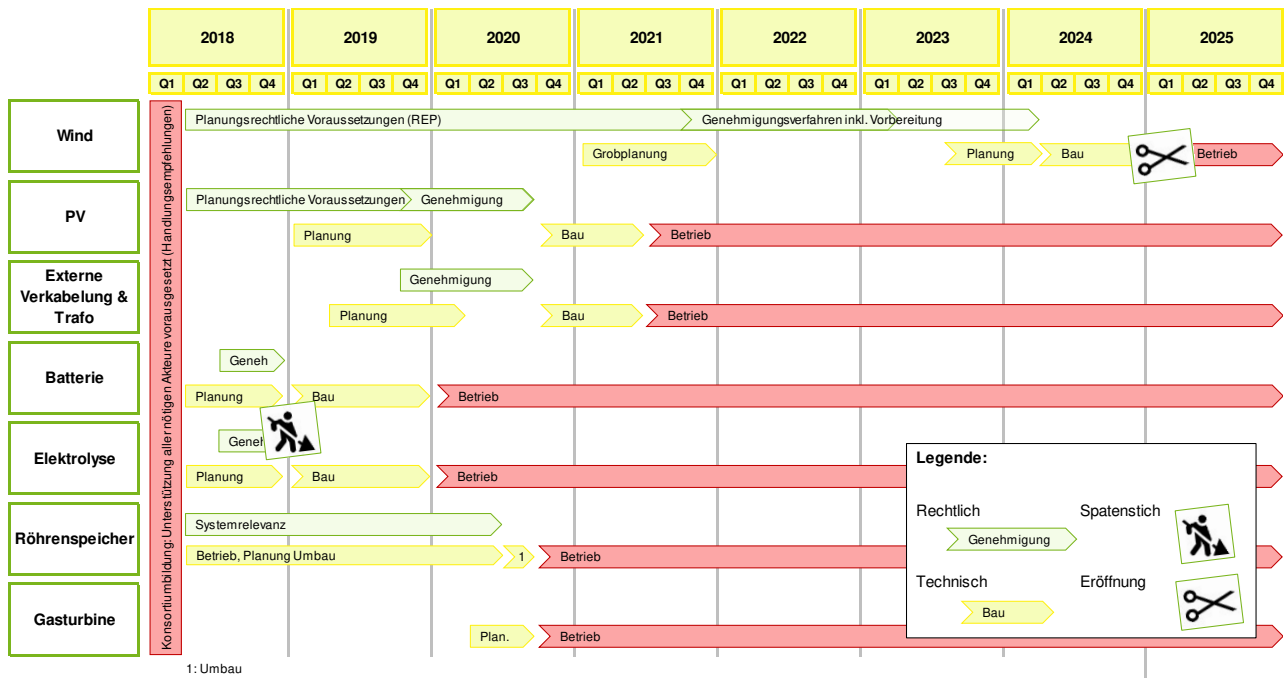


Abbildung 40: Szenarien mit EE-Anlagen - Produkt-Roadmap

Ein Spatenstich soll demnach im Q1/2019 erfolgen. Das „speicherkombinierte EE-Kraftwerk“ soll im Q1/2025 in seiner Zielkonfiguration in Betrieb gehen. Vorher könnte mithilfe einer zeitlichen Überbrückung durch andere EE-Anlagen bzw. Überschussstrom (s. Abschnitt 5.1.4) ggf. die Speicherkomponenten in Betrieb gehen, um die Betriebsführung zu testen.

Die planungsrechtlichen Rahmenbedingungen der Erneuerbaren Energien am Standort Sperenberg, PV und vor allem Wind, verzögern die Umsetzung erheblich.

4.2.2.2 Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“

Die Abschätzung einer möglichen Zeitschiene in Form einer „Produkt-Roadmap“ für das Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ mit EE-Anlagen wird in **Abbildung 41** vorgenommen.

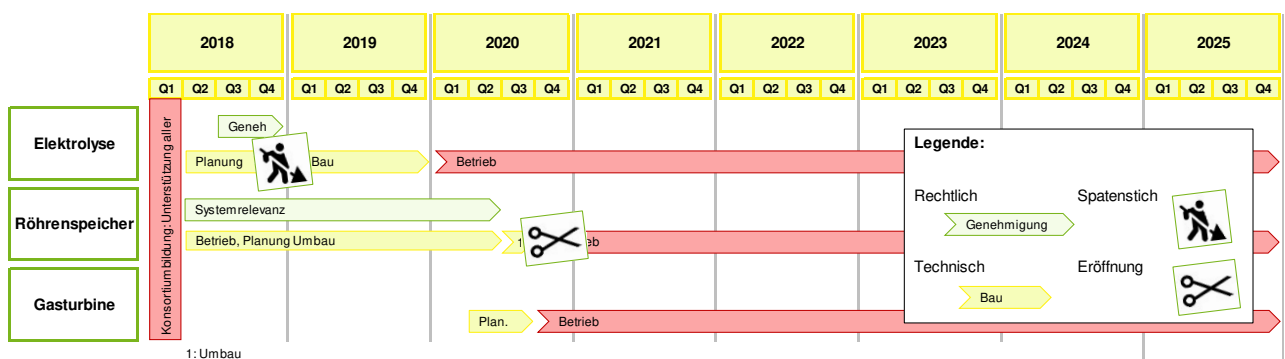


Abbildung 41: Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ - Produkt-Roadmap

Ein Spatenstich soll demnach im Q1/2019 erfolgen. Das „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ kann im Q4/2020 in seiner Zielkonfiguration in Betrieb gehen.

Die planungsrechtlichen Rahmenbedingungen der Erneuerbaren Energien am Standort Sperenberg, PV und vor allem Wind, verzögern die Umsetzung in diesem Szenario nicht.

4.2.3 Fazit Zeitschiene

Die oben entwickelten Produkt-Roadmaps für die unterschiedlichen entwickelten Szenarien eines speicher kombinierten EE-Kraftwerks zeigen:

- EE-Anlagen (insbesondere Windenergie-Anlagen, aber auch in PV-Anlagen) am Standort Sperenberg verzögern die Umsetzung aufgrund derzeit fehlender planungsrechtlicher Voraussetzungen erheblich
- andere bestehende (Gasturbine) sowie neu zu bauende Komponenten (wie die Speicher Elektrolyse, Batterie) können am Standort Thyrow (deutlich) früher verfügbar gemacht werden

Innerhalb der in der Studie entwickelten Szenarien ließe sich das PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk also als erstes vollständig umsetzen, da es im Kern ohne EE-Anlagen auskommt. Alle anderen entwickelten Szenarien sind auf Strom aus EE-Anlagen angewiesen.

Möglichkeiten zur zeitlichen Überbrückung bis zur Fertigstellung der EE-Anlagen auf der Fläche der ehemaligen Heeresversuchsanstalt können im Detail im Rahmen der vorliegenden Studie nicht behandelt werden, werden jedoch im Abschnitt 5.1.4 angeschnitten.

Der Erdgas-Röhrenspeicher stellt indes zeitlich eine unsichere Planungsgröße dar (vgl. Abschnitt 4.2.1.5). Allerdings ist er in seiner Funktion als Gasspeicher für die entwickelten Szenarien nicht so unverzichtbar wie die EE-Anlagen. Trotzdem würde einem „speicher kombinierten EE-Kraftwerk“ ohne den Erdgas-Röhrenspeicher neben Speicherkapazität für PtG-Gase auch merklich Innovationshöhe, die durch seine Umwidmung auf Wasserstoff entsteht, verloren gehen.

4.3 Exkurs: Konzept „Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg“ (MEKS)

Zusätzlich wird ein Exkurs zur Auswertung des Konzepts „Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg“ (MEKS) zwecks späterer Gegenüberstellung in Abschnitt 5.1 mit den im Rahmen dieser Arbeit neu entwickelten Szenarien vorgenommen.

Das Kraftwerkskonzept „Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg“ ist von einem nachstehend beschriebenen Konsortium aus Vertretern von Industrie und Wissenschaft unter Beteiligung der Anrainerkommunen seit 2013 für die Fläche der ehemaligen Heeresversuchsanstalt erarbeitet worden. Eigens dafür wurde 2015 als Vorhabensträger die MEKS Projektgesellschaft mbH gegründet.

Es ist ausdrücklich nicht in der vorliegenden Machbarkeitsstudie entwickelt worden und ist ausdrücklich nicht Teil der Modellierung in Kapitel 1. Im vorliegenden Bericht wird allein eine Auswertung der durch den Vorhabensträger MEKS Projektgesellschaft mbH vorgelegten Dokumente vorgenommen. Die Ergebnisse der Auswertung sollen – bei aller gebotenen Vorsicht – in nachfolgenden Arbeitsschritten eine Gegenüberstellung von MEKS mit den im Rahmen dieser Arbeit neu entwickelten Szenarien ermöglichen.

Aus Sicht der Autorinnen und Autoren der vorliegenden Machbarkeitsstudie bestehen aus planungsrechtlicher Sicht erhebliche Zweifel der mittelfristigen Umsetzbarkeit hinsichtlich der Dimensionierung der von MEKS vorgesehen EE-Anlagen am Standort Sperenberg. Auf diese wird in Abschnitt 4.3.2 eingegangen.

4.3.1 Konsortium MEKS / Projektpartner MEKS

Im Konsortium des „Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg“ versammeln sich Vertreter aus Industrie, Wissenschaft bzw. Beratung und der umliegenden Kommunen, wie in Tabelle 13 gelistet.

Tabelle 13: Projektpartner MEKS [1]

Partner – Industrie	Aufgaben
ENERTRAG AG	Planung und Betrieb Windenergie, PV & Power-to-Gas-System
Vattenfall Europe Windkraft GmbH	Betrieb Windenergie, PV
Vattenfall Europe Innovation GmbH	Auslegung des Wind-Wasserstoff-Systems
McPhy Energy Deutschland GmbH	Hersteller Wasserstofferzeugungsanlagen (Elektrolysesysteme)
GE Power & Water	Hersteller Windenergieanlagen, Hersteller Gas-Turbinen
Partner – Wissenschaft / Beratung	
B-tu Cottbus – Senftenberg	Forschung & Entwicklung; Forschungsprojekt „WESPE“
Deutsche Umwelthilfe e.V.	Akzeptanzstudie im Rahmen des Forschungsprojekts „WESPE“
Encon. Europe GmbH	Consulting
Kommunale Partner	
Kommunale Arbeitsgruppe (KAG)	Vertretung der Interessen der beider Anrainerkommunen und beider beteiligten Städte

4.3.2 Kraftwerkskonzept MEKS

MEKS sieht die Errichtung eines „Hybridkraftwerks vor, welches eine versorgungssichere Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen durch die emissionsfreie Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff verbinden soll“ [1]

In der nachfolgenden Grafik werden neben der bestehenden energietechnischen Infrastruktur (schwarz, vgl. Abschnitt 3.1) die einzelnen technischen Komponenten des MEKS in dunkelgrau aufgeführt. Hellgrau sind die Elemente der bestehenden Infrastruktur aufgeführt, die von MEKS nicht genutzt werden. Tabelle 14 listet die technischen Dimensionen des Anlagenkonzepts auf.

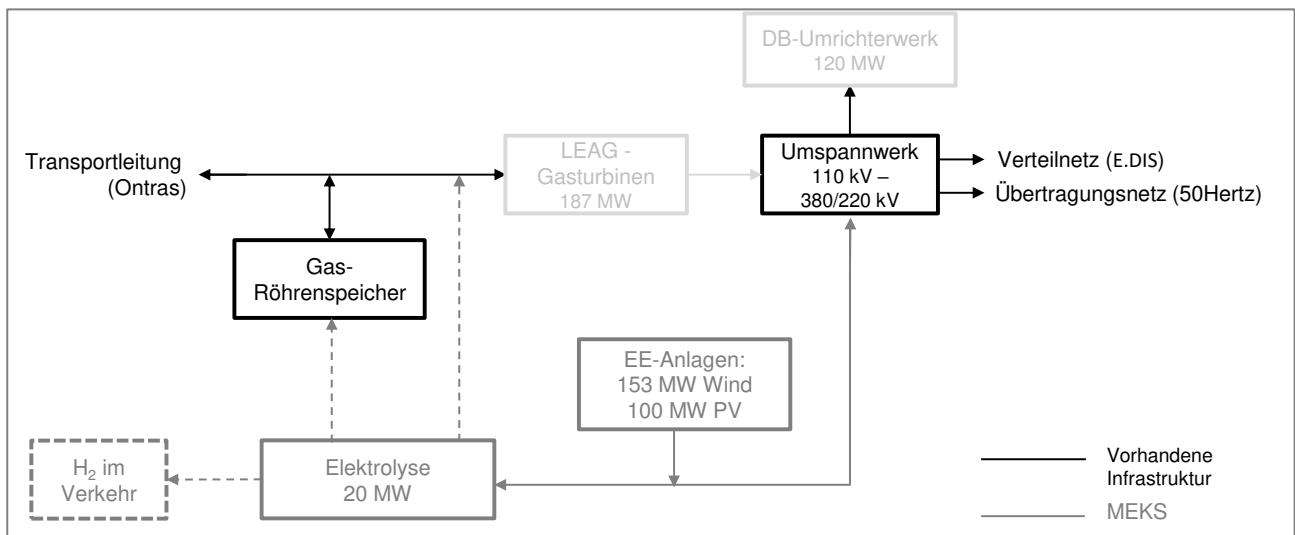


Abbildung 42: Anlagenschema „Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg“ nach [1]

In Tabelle 14 ist die derzeit vorgesehene MEKS-Dimensionierung der oben dargestellten Kraftwerkskomponenten aufgeführt.

Tabelle 14: Technische Daten „Multi-Energien-Kraftwerk Sperenberg“ [1]

Technische Komponente	Technische Kenndaten
Freiflächen-PV-Anlage	384.615 PV-Module zu je 260 Wp Nennleistung gesamt: 100 MWp
Windenergieanlagen	32 WEA zu je 4,8 MW Nennleistung Nennleistung gesamt: 153 MW
Elektrolyseanlage	Hochdruck-Elektrolyse-System, modularer Aufbau Nennleistung gesamt: 20 MW

Das MEKS soll laut [1] „eine versorgungssichere, wirtschaftliche und emissionsarme Energieversorgung, in Kooperation der genannten Projektpartner, im industriellen Maßstab demonstrieren.“ Insbesondere liegen die Begleitforschung und der Testbetrieb in der Hand der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus – Senftenberg [1]. Hierbei geht es vor allem um die experimentelle Untersuchung der Betriebsmodi und der technischen Erfordernisse für die Anwendung des Hybridkraftwerks als systemdienlicher Bestandteil einer erneuerbaren Energieversorgung.

Angedachte Betriebsmodi in der Begleitforschung umfassen unter anderem [1]:

- Teilnahme am Sekundär-Regelleistungsmarkt mit Elektrolyseur
- Schwarzstartfähigkeit durch erneuerbarem Wasserstoff im Gaskraftwerk
- Senkung von EE-Abregelung durch Kommunikation mit ÜNB; Vermeidung von Netzausbau

Über die Überlegungen des Forschungs- und Entwicklungsplans hinaus ist jedoch kein endgültiges technisches bzw. wirtschaftliches Kraftwerkskonzept im Sinne der Zielvorstellungen eines

„speicher kombinierten EE-Kraftwerk“ (vgl. Abschnitt 3.2) erkennbar und ausgearbeitet. In einem vorliegenden Finanzierungsplan werden Erlöse für Strom aus erneuerbaren Quellen durch Einspeisung in das öffentliche Netz sowie Erlöse für regenerativ erzeugten Wasserstoff zu aktuellen Marktpreisen von konventionell erzeugtem Wasserstoff angesetzt. Weitere Konzepte wie z.B. für die Bereitstellung von Regelenergie oder die gezielte Vermarktung von grünem Wasserstoff werden im Finanzierungsplan nicht betrachtet.

Auf Nachfrage begründet MEKS dies damit, „dass sich aufgrund des sich abzeichnenden Energierechtes und –Marktdesigns in Kombination mit heutiger Projekt-Konzeptionierung keine seriös belastbaren Vermarktungskonzepte aufstellen lassen“ [1]. MEKS verfolgt die Zielsetzung durch einen wirtschaftlichen Betrieb, insbesondere der Windenergie-, aber auch der PV-Anlagen, die begleitenden Forschungsaktivitäten mitzutragen. Daher sei kein Förderbedarf vorhanden.

Somit unterscheiden sich die Priorisierung der verfolgten Zielvorstellungen von MEKS und der vorliegenden Studie (vgl. Abschnitt 3.2) signifikant. Unter dieser Prämisse muss die spätere Gegenüberstellung der Konzepte (vgl. Abschnitt 5.1) gelesen werden.

Darüber hinaus kann nach den Erkenntnissen aus Kapitel 1 planungsrechtlich mittelfristig nur von bis zu 18 Windenergieanlagen ausgegangen werden. Die von MEKS avisierten 32 Anlagen liegen somit außerhalb der als unter großen Anstrengungen mittelfristig umsetzbar eingeschätzten Anlagenzahl. Ähnliches gilt für die installierte Leistung der PV-Freiflächenanlage. Hier wird bei MEKS von 100 MWp ausgegangen, wohingegen eine Abschätzung dieser Studie in erster Näherung mit 31,4 MWp bzw. 56 MWp (vgl. Abschnitt 4.2.1.2) kalkuliert. Auch dies ist bei der Lektüre der Gegenüberstellung (vgl. Abschnitt 5.1) zu berücksichtigen.

5. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Abschließend wird in AP 5 eine praxisnahe Priorisierung der entwickelten Szenarien unter besonderer Berücksichtigung der mit der AG in AP 2 abgestimmten Zielvorstellungen durch übersichtlichen Bewertungsmatrix vorgenommen. Diese umfasst:

- die technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Ergebnisse aus den AP 1-4 sowie
- die Gegenüberstellung mit dem aktuellen Konzept des Vorhabens Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg (MEKS)

5.1 Ergebnismatrix

Die entwickelten Szenarien werden in einer Ergebnismatrix anhand der beim Zwischentreffen abgestimmten priorisierten Zielvorstellungen für ein speicherkombiniertes EE-Kraftwerk (vgl. Abschnitt 3.2) gegenübergestellt.

Die Darstellung (vgl. **Abbildung 43**) wird um das in grau hinterlegte Konzept „Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg“ (MEKS) ergänzt. MEKS wurde ausdrücklich nicht von den Autorinnen und Autoren der vorliegenden Studie entwickelt. Eine Auswertung des Konzepts wurde in Abschnitt 4.3 vorgenommen. Dort wird ebenfalls auf die Grenzen der Vergleichbarkeit mit Szenarien dieser Studie vor dem Hintergrund unterschiedlicher Zielvorstellungen eingegangen.

Zielvorstellungen absteigend priorisiert →					
	Techn. Dimension	Machbarkeit	Innovationshöhe	Integration Infrastruktur	€ Fördermittelbedarf insg. über 20 Jahre
		Spätestens / Inbetriebnahme ⌚ Akteursvielfalt 👤			
Gasnetz-Einspeisung	38,4 MW WEA 2,6 MW PV 31,2 MW ELY	Q1 / 2019 / Q1 / 2025 👤👤👤	💡💡	☞☞	50 Mio. €
PtGtP-Sektorkopplungs-Kraftwerk	2,16 MW ELY	Q1 / 2019 / Q4 / 2020 👤👤👤	💡💡	☞☞☞	36 Mio. €
EE-Bahnstrom-Kraftwerk	52,8 MW WEA 14,7 MW PV 22,2 MW ELY 53,5 MW BAT	Q1 / 2019 / Q1 / 2025 👤👤👤	💡💡💡💡	☞☞☞☞	220 Mio. €
Regelbares EE-Kraftwerk	115,2 MW WEA 101,8 MW PV 48,9 MW ELY 164,1 MW BAT	Q1 / 2019 / Q1 / 2025 👤👤👤	💡💡💡	☞☞☞	782 Mio. €
MEKS ¹	153 MW WEA 100 MW PV 20 MW ELY				0 Mio. € ¹

¹ Das Konzept "Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg" wurde nicht im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie entwickelt. Die Dimensionierung der EE-Anlagen übersteigt die in dieser Studie als mittelfristig umsetzbar angesehene Größenordnung jeweils deutlich. Die Wirtschaftlichkeit stützt sich unmittelbar auf die EE-Dimensionierung.

Abbildung 43: Ergebnismatrix Szenarien

Die Ergebnismatrix findet sich ebenso höher aufgelöst im Anhang.

5.1.1 Beschreibung

In der Ergebnismatrix werden die entwickelten Szenarien sowie das Konzept MEKS in den Zeilen abgetragen. In der zweiten Spalte findet sich dann je Szenario zunächst die:

Technische Dimensionierung

- Systemkonfiguration in installierter Leistung der jeweiligen Komponente Wind (WEA), Photovoltaik (PV), Elektrolyse (ELY) und Batterie (BAT)

Ab Spalte drei sind die priorisierten Zielvorstellungen wie folgt abgetragen:

Machbarkeit – Spatenstich / Inbetriebnahme

- Praxisnahe Abbildung der Zielvorstellungen der rechtlichen und technischen Umsetzbarkeiten
- Durch Herausgreifen der in Abschnitt 4.2 abgeschätzten Zeitpunkte für Spatenstich bzw. Inbetriebnahme des speicher kombinierten EE-Kraftwerks

Machbarkeit – Akteursvielfalt

- Bildet den Aspekt der Komplexität im Hinblick auf die Bildung eines Konsortiums ab
- Hierfür wird die Anzahl der Akteure abgeschätzt. Folgende werden als ein Akteur gezählt:
 - Die beteiligten Eigentümer bzw. Betreiber der bestehenden energietechnischen Infrastruktur (außer Betreiber von öffentlichen Energienetzen)
 - Die Betreiber der EE-Anlagen bzw. Speicherkomponenten
 - Potentielle Kunden im Falle von Direktvermarktung
- Insofern ergibt sich eine Skala von null bis drei

Innovationshöhe

- Bildet die Zielvorstellung Innovationshöhe im Bereich Systemintegration Erneuerbarer Energien ab
- Skala mit Berücksichtigung folgender Aspekte (vgl. Szenario-Steckbrief Abschnitt 3.3)
 - Kombination Speichertechnologie (1 je zusätzlicher Speichertechnologie)
 - Stromnetz-dienliche Fahrweise (ja / nein)
 - Sektorenkopplung (Strom, Gas/Wärme, Verkehr) (1 je zusätzlichem Sektor)
- Spiegelt insofern die Meinung der Autorinnen und Autoren auf einer Skala zwischen 1 und 4 wider

Integration Infrastruktur

- Hierfür wird die Anzahl der im jeweiligen Szenario genutzten existierenden Elemente gezählt. Folgende werden als ein Element gezählt:
 - Erdgas-Röhrenspeicher
 - Gasturbine
 - Bestehende Netzanschlusspunkte der öffentlichen Energienetze Strom bzw. Gas
 - Bestehender Netzanschlusspunkt im Bahnstromnetz
- Insofern ergibt sich eine Skala von null bis vier

Fördermittelbedarf insg. über 20 Jahre

- Bildet die Zielvorstellung „Wirtschaftlichkeit / geringer Fördermittelbedarf“ ab
- Der in Abschnitt 4.1.6 abgeschätzte Fördermittelbedarf über die angesetzte Laufzeit von 20 Jahren wird abgetragen

5.1.2 Interpretation

Anhand der Ergebnismatrix wird eine Priorisierung der entwickelten Szenarien unter besonderer Berücksichtigung abgestimmten Zielvorstellungen (vgl. Abschnitt 3.2) vorgenommen.

Für das **Szenario „EE-Bahnstrom-Kraftwerks“** hat die Mehrzieloptimierung technisch umsetzbare Systemkonfigurationen ergeben. Diese sollten in Sensitivitätsbetrachtungen im Hinblick auf bessere Wirtschaftlichkeit sowie Ausnutzung der Gasturbine weiter detailliert werden. Die Innovationshöhe ist durch Sektorenkopplung Strom – Gas – Verkehr und netzdienliche, fahrplantreue Bereitstellung von EE-Strom europaweit einmalig. Innerhalb des Szenarios ist Planungssicherheit durch langfristige Verträge möglich.

Im **Szenario „Gasnetz-Einspeisung“** hat die Mehrzieloptimierung ebenfalls technisch umsetzbare Anlagenkonfigurationen ergeben, die vergleichsweise nah an die Wirtschaftlichkeit heranreichen. Hinsichtlich Innovationsgrad wäre eine solche Anlage zwar nicht die erste ihrer Art in Deutschland, jedoch wäre die Größenordnung - Stand heute - europaweit einmalig. Planungssicherheit durch langfristige Verträge ist ebenso möglich.

Die Mehrzieloptimierungsergebnisse der Szenarien „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“ und „Regelbares EE-Kraftwerk“ sind hinsichtlich Umsetzbarkeit als nachrangig interessant zu sehen.

Das **Szenario „PtGtP-Sektorkopplung-Kraftwerk“** baut auf der Teilnahme im Regelleistungsmarkt auf. Anhand der gewählten Randbedingungen inkl. Gebotsstrategie und Optimierungsziele konnte bisher keine technisch sinnvolle Systemkonfiguration gefunden werden. Ein wirtschaftlicher Einsatz der Gasturbine mit EE-Gasen im positiven Minutenreservemarkt ist ohnehin fraglich. Mittel- und langfristig ist die Entwicklung des Regelleistungsmarktes kaum zu prognostizieren.

Das **Szenario „Regelbares EE-Kraftwerk“** ist in einem liberalisierten Strommarkt mit dem Konzept der direkten Versorgung der 70.000 Einwohner der KAG-Anrainerkommunen praktisch nicht umsetzbar. Weiterhin bilden die derzeitigen Anforderungen des Strommarkts, zumindest an der Strombörse, eine Nachfrage nach einer solchen fahrplantreuen Erzeugungscharakteristik (noch) nicht ab.

Auch beim Vorhaben "Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg" (**MEKS**), welches nicht im Rahmen dieser Studie entwickelt wurde, bleiben rechtliche Fragen der Umsetzbarkeit offen. Planungsrechtliche Ergebnisse dieser Studie gehen davon aus, dass am Standort Sperenberg mittelfristig unter großen Anstrengungen auf öffentlicher und privatwirtschaftlicher Seite lediglich etwa 18 Windenergieanlagen und etwa 31 bzw. ggf. 56 MWp PV errichtet werden können. Daher ist das Vorhaben nach heutigem Stand aus planungsrechtlicher Sicht als sehr herausfordernd einzustufen. Vor diesem Hintergrund ist auch der von MEKS nicht ausgewiesene Förderbedarf zu sehen, der sich im Wesentlichen auf die Querfinanzierung aus dem Betrieb der Windenergieanlagen stützt. Auf eine Bewertung hinsichtlich der weiteren Zielvorstellungen wie Innovationshöhe wird in der Ergebnismatrix daher und aus Gründen der Verschiedenheit der verfolgten Zielvorstellungen und Ausarbeitungstiefe (vgl. Abschnitt 4.3.2) verzichtet.

5.1.3 Fazit und Ausblick

Aus Sicht der Autorinnen und Autoren sollten insofern **die Szenarien „EE-Bahnstrom-Kraftwerk“ bzw. „Gasnetz-Einspeisung“** bevorzugt im Hinblick auf eine praktische Umsetzung **weiterverfolgt werden**.

Neben den Handlungsempfehlungen (vgl. Abschnitt 5.2), auf denen das Hauptaugenmerk bezüglich einer avisierten Umsetzung eines speicher kombinierten EE-Kraftwerks liegen sollte, empfehlen sich mit Blick auf die technoökonomische Modellierung unter anderem folgende Betrachtungen.

Diese bieten das Potential die entwickelten Szenarien im Sinne der Zielvorstellungen, insbesondere auch bezogen auf den Förderbedarf, weiterzuentwickeln.

Allgemein ist die bisher vorgenommene Modellierung sehr breit angelegt und könnte für ausgewählte Szenarien oder Kombinationen durch Sensitivitätsbetrachtungen wesentlich vertieft werden.

- Speicherkapazität PtG-Gase im System
 - Wasserstofftoleranz des Erdgas-Röhrenspeichers zwecks besserer Ausnutzung Speicherkapazität
 - ONTRAS-Ferngasleitung: die Systemkonfiguration wird bisher erheblich vom mehrwöchigen Gasstillstand im historischen Lastgang der Ferngasleitung beeinflusst. Daher ist die Prüfung Repräsentativität des Jahreslastgangs bzw. eine Sensitivitätsbetrachtung empfehlenswert.
- Variierung der Skalierung des Lastgangs der DB Energie im Szenario EE-Bahnstrom-Kraftwerk
- Hinzunahme kommender Abnahmepfade (z.B. H₂ im Mobilitätssektor: PKW, Schienenverkehr, LKW) bzw. Komponenten mit Innovationshöhe wie Methanisierungsanlage im Szenario Gasnetz-Einspeisung

Weiterhin ist die angedachte zeitliche Überbrückung bis zur Inbetriebnahme der EE-Anlagen in Sperenberg durch Netz-Überschussstrom gemäß nachfolgendem Abschnitt 5.1.4.2 im bisherigen Modell nicht abgebildet und kann in nachfolgenden Studien ergänzt werden.

Außerdem ist der im energiewirtschaftlichen Diskurs prominente Aspekt der postfossilen Bereitstellung von Systemdienstleistungen für das öffentliche Stromnetz vielfach auf Anklang gestoßen sowohl bei den Betreibern des Übertragungs- und Verteilnetz als auch den Betreibern von anderen Komponenten der bestehenden energietechnischen Infrastruktur. Dieser Aspekt könnte ebenfalls im Sinne einer weiteren Steigerung der Innovationshöhe weiter vertieft werden und in der Modellierung implementiert werden.

5.1.4 Alternativen zu EE-Anlagen durch zwischenzeitliche Überbrückung und sukzessive Umsetzbarkeit

Vorangegangene Abschnitte und insbesondere Kapitel 1 haben die ernstzunehmenden und zeitintensiven (planungs-)rechtlichen Hürden für EE-Anlagen auf dem Gelände der ehemaligen Heeresversuchsanstalt gezeigt.

Daher sollen vor dem Hintergrund der stark priorisierten Zielvorstellung einer zeitlichen Machbarkeit des speicher kombinierten EE-Kraftwerks im Folgenden zwei mögliche Varianten aufgezeigt werden, die von Autorinnen und Autoren gesehen werden, um die Inbetriebnahme zu beschleunigen:

- Einbindung von EE-Anlagen aus umliegenden Flächen abseits von Sperenberg
 - Zur zwischenzeitlichen Überbrückung bis zur Inbetriebnahme in Sperenberg
 - Vollständiges Ausweichen über gesamte Projektlaufzeit
- Überschussstrom aus Netz zur zwischenzeitlichen Überbrückung (vgl. Definition Überschussstrom Greenpeace Energy)

Damit kann erreicht werden, dass die Speicherkomponenten Elektrolyse und Batterie in den Szenarien vor Fertigstellung der EE-Anlagen in Betrieb gehen können, um erste Betriebserfahrungen mit diesen Komponenten zu sammeln.

Nachdem EE-Anlagen am Standort der ehemaligen Heeresversuchsanstalt in Betrieb genommen wurden, könnte über beide Varianten, insbesondere aber über Überschussstrom, der Strombezug über die gesamte Projektlaufzeit sinnvoll im Sinne der Zielvorstellungen ergänzt werden.

Im Folgenden sind diese Varianten kurz skizziert. Eine detaillierte Untersuchung außerhalb der vorliegenden Studie ist jedoch ratsam und sollte in einem möglichen nächsten Planungsschritt vorgenommen werden.

5.1.4.1 Einbindung von EE-Anlagen auf umliegenden Flächen abseits von Sperenberg

Es ist denkbar, neben den Flächen der ehemaligen Heeresversuchsanstalt Gut Kammersdorf weitere Flächen für EE-Anlagen (Wind, PV) im Rahmen eines speicher kombinierten EE-Kraftwerks vorzusehen.

5.1.4.1.1 *Wind*

Im Bereich der Windenergie bieten sich insbesondere die im Regionalplan Havelland-Fläming ausgewiesenen Windeignungsgebiete im Umfeld von Sperenberg bzw. Thyrow an.

Voraussetzungen für Eigenversorgung mit Befreiung der EEG-Umlage sind gemäß § 5 Nr. 19 EEG 2017 und § 61a Nr. 3 EEG 2017:

- Unmittelbare räumliche Nähe zur Stromerzeugungsanlage
- Direkte Anbindung ohne Nutzung des öffentlichen Netzes
- Betreiber und Verbraucher müssen dieselbe juristische Person sein
- Dieser muss sich außerdem vollständig mit Strom aus erneuerbaren Energien versorgen und hat keinen Anspruch auf EEG-Vergütung

Der Regionalplan Havelland-Fläming liefert dazu erste Anhaltspunkte (vgl. **Abbildung 44**).

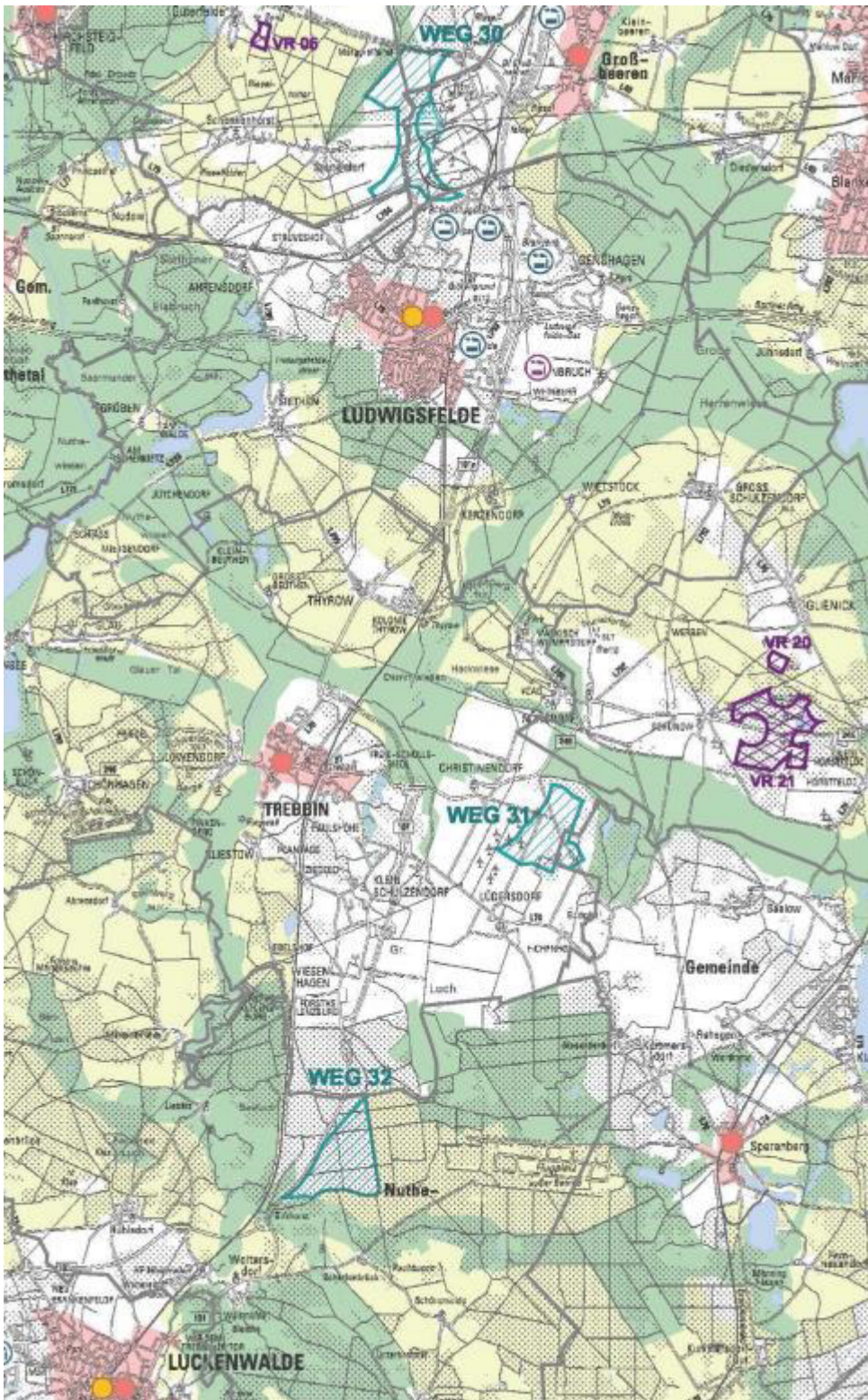


Abbildung 44: Ausschnitt aus dem Regionalplan Havelland-Fläming [43]

In einem ersten Schritt sollten - beginnend mit der geringsten Distanz - die umliegenden Windeignungsgebiete geprüft werden. Hierbei stehen insbesondere WEG 31 und WEG 32 durch ihre räumliche Nähe hervor.

In einem weiteren Schritt sollte der Status der Windeignungsgebiete überprüft werden. Dabei ist zu klären, ob schon WEAs geplant oder gebaut wurden oder sich bereits in Betrieb befinden und wenn ja durch wen. Der Energie- und Klimaschutzatlas Brandenburg (EKS) weist in **Abbildung 45**

Windeignungsgebiete aus dem Regionalplan in pink-schraffierten Flächen aus. Darüber hinaus liefert er Informationen zum Status von Windenergieanlagen (im Genehmigungsverfahren in hellblau, genehmigt in mittelblau, in Betrieb in dunkelblau) [44]. Schließlich ist auch zu den meisten Anlagen ein Steckbrief hinterlegt, aus dem der Betreiber und weitere Anlagen-Daten ersichtlich sind [44]. Im folgenden Ausschnitt wurde der Standort der energietechnischen Infrastruktur in Thyrow als nördlichere Markierung und der Standort des Flugplatzes Sperenberg als südlichere Markierung gelb eingefärbt.

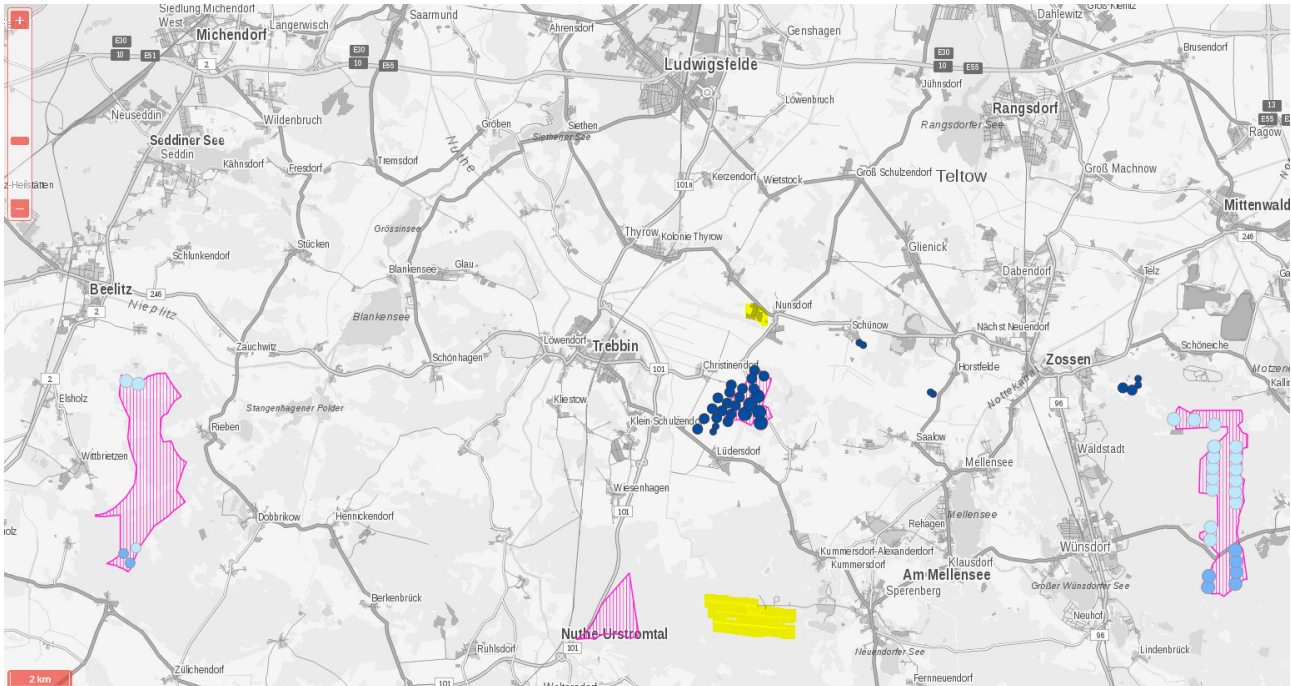


Abbildung 45: Ausschnitt aus dem Energie- und Klimaschutzatlas Brandenburg (EKS) [44]

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden zwei der lokalen bzw. regionalen Windenergie-Projektierer lose angefragt, die teilweise auf den oben genannten Gebieten sowie der näheren Umgebung Anlagen planen oder bereits betreiben. Dabei zeigte sich die ENERTRAG AG eher zurückhaltend, wohingegen die Energiequelle GmbH Gesprächsbereitschaft signalisierte.

In zukünftigen Schritten sollten gemäß der aufgeführten Schrittfolge alle weiteren (zukünftigen) WEA-Betreiber identifiziert, die Kontaktaufnahme auf diese ausgeweitet und insgesamt formalisiert werden.

5.1.4.1.2 PV

Auch nach Ausweichflächen für Photovoltaik-Anlagen sollte unter Beachtung der rechtlichen Anforderungen (vgl. Kapitel 1) im Umfeld von Sperenberg bzw. Thyrow geschaut werden.

Ansprechpartner hierbei stellen auch insbesondere die lokalen energiewirtschaftlichen Akteure (vgl. Abschnitt 3.1.5.2 und 3.1.5.3) dar.

5.1.4.2 Überschussstrom aus Netz

Neben der direkten Kopplung des speicher kombinierten EE-Kraftwerks mit EE-Anlagen aus umliegenden Flächen abseits von Sperenberg (vgl. Abschnitt 5.1.4.1) sehen die Autoren ebenso die Möglichkeit einen früheren Projektstart durch Verwendung von Überschussstrom aus dem öffentlichen Netz zu ermöglichen.

Eine einheitliche rechtliche Definition für den Terminus Überschussstrom existiert nicht. Daher werden im Folgenden zwei Definitionen aufgeführt.

- Eine allgemein gehaltene vom Wissenschaftlichen Dienst des Deutschen Bundestags
- Eine anwendungsorientierte von Greenpeace Energy (s. Anlage)

Definition aus [45]:

„Im Stromnetz muss sich zu jeder Zeit etwa so viel elektrischer Strom befinden, wie benötigt wird. Eine wichtige Steuergröße ist die Residuallast. Dies ist die Differenz zwischen dem benötigten Strom und dem Strom, der erzeugt wird und zu dem beispielsweise auch die erneuerbaren Energien beitragen. Die Residuallast schwankt aufgrund der erneuerbaren Energien je nach Wind und Sonne. Kann das Stromnetz keine Energie mehr aufnehmen, stellen die Betreiber ihre Anlagen ab. Die Anlagen könnten wetterbedingt Strom produzieren, der Strom kann aber nicht gespeichert werden und ist über. Diese Stromart wird auch als Überschussstrom, negative Residuallast oder Stromüberschuss bezeichnet. Abgeregelter Strom ist der Teil, den die Anlagen aufgrund der Abschaltung nicht produzieren.“

Greenpeace Energy eG hat eine Definition von „Überschussstrom aus fluktuierender Erneuerbare[r] Energie“ (fEE) vorgelegt [46]. Greenpeace Energy wendet diese Definition und Priorisierung beim Betrieb ihrer Elektrolyseure und der Erzeugung von „Windgas“ in Elektrolyseuren an, gleich ob diese direkt mit Strom aus EE-Anlagen vor Ort oder über das öffentliche Netz mit Strom gemäß der Stromkriterien von Greenpeace e.V. [47] beliefert werden. Die Definition zum Überschussstrom enthält eine Priorisierung verschiedener Arten von Überschussstrom aus fluktuierender Energie und deren „Energiewende-Dienlichkeit“ [34].

1. Netzengpässe / Abschaltungen
2. Unterstützung des fEE-Ausbaupfads
3. Positive Prognoseabweichungen / Kurzfristausgleich
4. Marktintegration von fluktuierender Erneuerbarer Energie / Portfoliooptimierung / „Peak-Shaving“
5. Systemdienstleistung / Regelleistung

Nicht als fluktuierende erneuerbare Energie gilt innerhalb der Definition beispielsweise Strom aus Biogas-KWK-Anlagen.

Greenpeace Energy legt somit aus Sicht der Autorinnen und Autoren strenge Kriterien für Strombezug zur Produktion grüner Gase an. Ähnlich hohe Kriterien sollten aus Sicht der Autoren auch für ein speicher kombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk gelten, das glaubwürdig zur Systemintegration Erneuerbarer Energien (vgl. oben „Energiewende-Dienlichkeit“) beiträgt.

Die Machbarkeit dessen sollte im Rahmen von weiterführenden Untersuchungen unter Einbezug der Erfahrungen von Greenpeace Energy sowohl technisch-wirtschaftlich als auch rechtlich näher untersucht werden.

5.2 Handlungsempfehlungen

Die derzeitige Regierung des Landes Brandenburg hat sich im Koalitionsvertrag zum Ziel gesetzt, die Umsetzung eines „Leitprojekt[s] [...] für ein speicherkombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk“ am Standort Sperenberg anzustreben. Mit dem Ministerium für Wirtschaft und Energie als Auftraggeber wurden in Abschnitt 3.2 Zielvorstellungen für ein solches Vorhaben entwickelt.

Nachstehend listen die Autorinnen und Autoren Handlungsempfehlungen an das MWE auf, die eine Umsetzung eines speicherkombinierten Erneuerbare-Energien-Kraftwerks am Standort Sperenberg in den aufgezeigten Zeitkorridoren ermöglichen.

Da weder das MWE noch ein anderer öffentlicher Akteur ein solches Kraftwerk planen, projektieren und betreiben wird, gilt es im Wesentlichen die Attraktivität für privatwirtschaftliche Akteure für das Vorhaben zu steigern. Hierzu sehen die Autorinnen und Autoren die folgenden drei Aufgaben als erforderlich an und empfehlen diese nachdrücklich:

1. Planungs- und Investitionssicherheit herstellen durch proaktive Schaffung planungsrechtlicher Voraussetzungen für Erneuerbare-Energien-Anlagen in Sperenberg
2. Den Prozess der Konsortiumsbindung initiieren und begleiten
3. Ein entsprechendes Förderprogramm aufsetzen

Diese drei Aufgaben sollten zeitlich möglichst parallel in Angriff genommen werden, wenngleich die proaktive Schaffung planungsrechtlicher Voraussetzungen für Erneuerbare-Energien-Anlagen in Sperenberg elementare Voraussetzung für das Gelingen eines speicherkombinierten EE-Kraftwerk im Sinne des Koalitionsvertrags Brandenburg ist.

5.2.1 Proaktive Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen

Derzeit stehen einer Bebauung der Liegenschaft Sperenberg planungs- und raumordnungsrechtlich Hindernisse entgegen. Ob und vor allem in welchen Bereichen der Liegenschaft einzelne Komponenten eines speicherkombinierten EE-Kraftwerks nach Maßgabe etwaig geänderter planungsrechtlicher und raumordnungsrechtlicher Voraussetzungen zukünftig zulässig werden können, ist heute nicht absehbar. Es erscheint aber durchaus möglich – einen entsprechenden Planungswillen der Kommunen und der Raum- und Landesplanung vorausgesetzt – zukünftig die fachlichen und rechtlichen Voraussetzungen für die einzelnen Komponenten eines speicherkombinierten EE-Kraftwerks zu schaffen. Hierzu sind eingehende weitere Untersuchungen notwendig (z.B. artenschutzfachliche Erhebungen, denkmalschutzfachliche Bewertungen). Ob und vor allem in welchen Bereichen der Liegenschaft dabei heute schon absehbare Konflikte (etwa betreffend den Natur- und Artenschutz oder auch den Denkmalschutz) vermieden bzw. ausgeräumt werden können, erscheint aktuell als offen. Die Ausräumung erscheint aber möglich bzw. nicht ausgeschlossen.

Zu den einzelnen in der Machbarkeitsstudie genannten Komponenten:

- **Windkraft:** Womöglich mithilfe eines privaten Vorhabensträger sind einerseits die regelmäßig zeit- und kostenaufwendigen Genehmigungsantrags-Unterlagen zu erstellen (u.a. artenschutzfachliche Untersuchungen und FFH-Verträglichkeitsstudien). Denkmalschutzaspekte sind fachlich aufzuarbeiten und – soweit möglich – ein

Einvernehmen mit den Fachbehörden im Rahmen eines Gesamtkonzeptes anzustreben. Auf Basis dessen sind evtl. Standortbereiche für die Windenergienutzung auszuloten.

- **PV-Anlage:** Die beiden Standortkommunen sollten Bauleitpläne fortschreiben (FNP) bzw. aufstellen (Bebauungspläne), insbesondere können begonnene Bebauungsplanaufstellungsverfahren für PV aufgegriffen und fortgeführt werden. Im Rahmen dessen sind sodann standortspezifisch die absehbaren Konflikte (Artenschutz; Natura-2000-Gebietsschutz, Denkmalschutz etc.) aufzuarbeiten. Im Rahmen der Bauleitplanaufstellung ist sodann zu klären, ob und vor allem in welchen Bereichen der Liegenschaft für PV-Anlagen die planungsrechtlichen Voraussetzungen geschaffen werden können (z.B. im Bereich der ehemaligen Start- und Landebahnen?).
- **Elektrolyse:** Gemeinden können Standorte für Elektrolyse-Anlage suchen und möglichst hierzu einen Bebauungsplan aufstellen (soweit im Gebiet der Liegenschaft gewollt und vorgesehen).

Mit der Regionalplanung Havelland-Fläming ist zu klären, ob und wann eine Fortschreibung des Regionalplans erfolgen kann u.a. mit dem Ziel, einen weiteren Eignungsraum zur WEA-Nutzung im räumlichen Geltungsbereich der Liegenschaft Sperenberg zu prüfen und ggf. auszuweisen. Insbesondere wenn sich eine geeignete Fläche aus Sicht der Regionalplanung Havelland-Fläming finden sollte (etwa im Bereich jenseits der FFH- und Naturschutzgebiete), könnte z.B. flankierend auch eine Zielabweichung erwogen werden (etwa auf Antrag und bezogen auf die Bauleitplanung der Standortkommunen / Darstellung von FNP-Konzentrationszonen, die parallel aufgestellt bzw. fortgeschrieben werden könnten).

Der Grundeigentümer, also vor allem das Land Brandenburg, könnte geeignete Bereiche der Liegenschaft etwaigen künftigen Projektträrgesellschaften durch langfristige gewerbliche Mietverträge („Nutzungsverträge“) nebst dinglicher Sicherung zur Verfügung stellen. Hierzu bietet sich an, Fragen etwa zum Vergaberecht und zur Förderfähigkeit (beides nicht Gegenstand dieser Machbarkeitsstudie) fachlich und rechtlich zu prüfen.

5.2.2 Prozess der Konsortiumsbildung

Die vorliegende Studie zeigt, dass alle beleuchteten Akteure, ob privatwirtschaftlich oder öffentlich, ob überregional oder regional, ein prinzipielles Interesse und Gesprächsbereitschaft für ein speicherkombiniertes EE-Kraftwerk signalisieren (vgl. Abschnitt 3.1). Dies gilt für ein Leuchtturmprojekt im Bereich Systemintegration Erneuerbarer Energien im Allgemeinen und für die im Rahmen der vorliegenden Studie entwickelten Szenarien im Besonderen.

Auch über diesen Kreis an Stakeholdern hinaus stößt ein solches Vorhaben auf reges Interesse und abermals Gesprächsbereitschaft (vgl. Abschnitte 3.3.1 und 5.1.4.1.1).

Aus Sicht der Autorinnen und Autoren gilt es, dieses grundsätzliche Interesse aufzugreifen und in einem durch eine neutrale Instanz moderiertem Prozess Sondierungsschritte anzubahnen.

Als hierfür notwendige **Voraussetzung** wird von den Autorinnen und Autoren gesehen, dass dem ein **zeitnahes, klares und glaubhaftes Signal seitens öffentlicher Akteure zur Schaffung planungsrechtlicher Voraussetzungen** im Sinne des Abschnitts 5.2.1 **vorausgeht**. Bleibt dies aus, ist ein erforderliches hohes Commitment aufseiten der privatwirtschaftlichen Akteure aufgrund fehlender Perspektiven für Planungs- und Investitionssicherheit höchst unwahrscheinlich.

Anschließend ist auch auf dieser Ebene Eile geboten. Neben der Schaffung von rechtlichen Sicherheiten ist es nämlich ebenso zwingend notwendig, zeitnah die Möglichkeiten zur Wahrung der aktuell vorhandenen gasseitigen Infrastruktur, insbesondere der Gasturbinen und des Gas-Röhrenspeichers, zu sondieren und zu sichern. Einerseits betrifft das aktuell die durch die BNetzA gebundenen Anlagen für die Schwarzstartfähigkeit des Kohlekraftwerks „Jänschwalde“ und andererseits die direkt durch die LEAG zum Verkauf angebotenen Gasturbinen.

Ist die oben beschriebene Voraussetzung gegeben, könnte am Beginn eines oben genannten Prozesses als Auftaktveranstaltung ein sogenannter Alignment-Workshop stehen. Dieser trägt der Diversität der Akteure aus unterschiedlichen Sektoren und deren unterschiedlichen Interessenslagen Rechnung.

- Beginnend mit einem Gallery Walk, in dem die technoökonomischen Ergebnisse der vorliegenden Studie visuell aufbereitet ausgestellt werden, könnte das jeweilige Verständnis und die jeweiligen Vorstellungen der interessierten Akteure von einem speicherkombinierten EE-Kraftwerk überprüft werden.
- Auf dem Gallery Walk aufbauend kann mit unterschiedlichen Methoden weiter daran gearbeitet werden Transparenz über die jeweiligen Interessenslagen zu schaffen. Dadurch wird eine gemeinsame Vertrauensbasis gelegt und damit erst Kooperation der interessierten Akteure ermöglicht.
- In weiteren Schritten könnten sukzessive gemeinsame Projektziele identifiziert werden und ggf. bereits eine gemeinsame Projektcharta (Projektleitbild, Rollendefinition, Zuständigkeiten, ggf. Verhaltenskodex) entwickelt werden.
- Abschließend könnten gemeinsam nächste Schritte festgelegt werden.

Ein solcher Prozess erfordert die professionelle methodische Begleitung durch einen neutralen Moderator, um die Erfolgswahrscheinlichkeit zu erhöhen

Perspektivisch sollten außerdem neben den lokalen energiewirtschaftlichen Akteuren rechtzeitig auch lokale kommunale und zivilgesellschaftliche Vertreterinnen und Vertreter (z.B. KAG, Umweltschutzverbände, Denkmalschutz), aber auch lokale Hochschulen in den Prozess miteinbezogen werden. Diese könnten in Form eines Beirates mitwirken.

Dabei sind auch die Themen Anschlussfähigkeit an bestehende regionale und kommunale Energie- und Mobilitätskonzepte sowie Beitrag zur regionalen Wertschöpfung (vgl. Abschnitt 3.2) genauer zu beleuchten als im Rahmen des Umfangs der Studie möglich, um die regionale gesellschaftliche Akzeptanz eines speicherkombinierten EE-Kraftwerks frühzeitig abzusichern.

5.2.3 Konzipierung von Projektförderung

Um eine Umsetzung eines speicherkombinierten EE-Kraftwerks als Leitprojekt im Bereich Systemintegration Erneuerbarer Energien durch einen privatwirtschaftlichen Akteur wahrscheinlich zu machen, bedarf es einer Projektförderung.

Eine Umsetzung ohne Förderbedarf im Sinne des Konzeptes Multi-Energien-Kraftwerk Sperenberg durch Erlöse aus einer großen Zahl von Windenergieanlagen erscheint aus planungsrechtlicher Sicht mittelfristig nicht realistisch.

Die Höhe der Förderung für die entwickelten Szenarien wurden in Abschnitt 4.1.6 auf Basis der Szenarien-Modellierungen abgeschätzt. Diese Werte können eine erste Orientierung zu möglichen Größenordnungen bieten.

Eine Untersuchung von Art und Träger einer solchen Förderung war nicht Teil der vorliegenden Studie. Eine solche Untersuchung sollte nach Ansicht der Autorinnen und Autoren angestrebt werden.

Darauf aufbauend sollte ein Konzept für eine Projektförderung eines speicher kombinierten EE-Kraftwerks erstellt werden.

6. Literaturverzeichnis

- [1] MEKS Projektentwicklungsgesellschaft mbH, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [2] Landkreis Havelland-Fläming, „Regionalplan Havelland-Fläming 2020 - nur Festlegungskarte,“ [Online]. Available: <http://www.havelland-flaeming.de/media/files/Karte.pdf>. [Zugriff am 23. November 2017].
- [3] Land Brandenburg, *Amtsblatt für Brandenburg*, 2015.
- [4] hochC Landschaftsarchitektur, „Entwicklungskonzept für die Gesamtfläche der Heeresversuchsstelle Kummersdorf-Gut,“ September 2014.
- [5] Landkreis Teltow-Fläming, „Landschaftsrahmenplan 2010,“ [Online]. Available: <http://www.teltow-flaeming.de/de/landkreis/umwelt/projekte/landschaftsrahmenplan.php>. [Zugriff am 23 11 2017].
- [6] Lausitz Energie Bergbau AG, „LEAG sichert Netzwiederaufbau und Stromversorgung im Krisenfall,“ 20 12 2016. [Online]. Available: <https://www.leag.de/de/news/details/leag-sichert-netzwiederaufbau-und-stromversorgung-im-krisenfall/>. [Zugriff am 25 07 2017].
- [7] LEAG AG, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [8] Bundesnetzagentur, „Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur,“ 31 03 2017. [Online]. Available: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste.html. [Zugriff am 25 07 2017].
- [9] M. Kirchmayr, *Power-to-Gas: Modellierung der Energieverwertungspfade und Einflussnahme einer veränderten Strommarktsituation*, Diplomica Verlag, 2014.
- [10] G. Cerbe und B. Lendt, *Grundlagen der Gastechnik: Gasbeschaffung - Gasverteilung - Gasverwendung*, 2017.
- [11] Bilfinger VAM Anlagentechnik GmbH, „Erdgasröhrenspeicher Ahrensfelde und Thyrow / Deutschland,“ [Online]. Available: <http://www.vam.bilfinger.com/referenzen/tiefrohrleitungsbau/referenzen-gasspeicher/#gallery843>. [Zugriff am 25 07 2017].
- [12] Vattenfall Europe AG, „Gasturbinenanlagen in Ahrensfelde und Thyrow erhalten Erdgasröhrenspeicher,“ 29 10 2010. [Online]. Available: <https://corporate.vattenfall.de/newsroom/pressemeldungen/pressemeldungen-import/vattenfall-investiert-in-spitzenlastkraftwerke-bei-berlin/>. [Zugriff am 25 07 2017].
- [13] E. Muthmann und H.-G. Hillenbrand, „First X80 Pipeline Section in Italy,“ in *15th Joint Technical Meeting on Pipeline Research*, Orlando, Florida, USA, 2005.
- [14] European Industrial Gases Association, *Hydrogen Pipeline Systems*, 2014.
- [15] The American Society of Mechanical Engineers, *Hydrogen Piping and Pipelines*, 2014.
- [16] ONTRAS Gastransport GmbH, *Persönliche Kommunikation*, 2017.

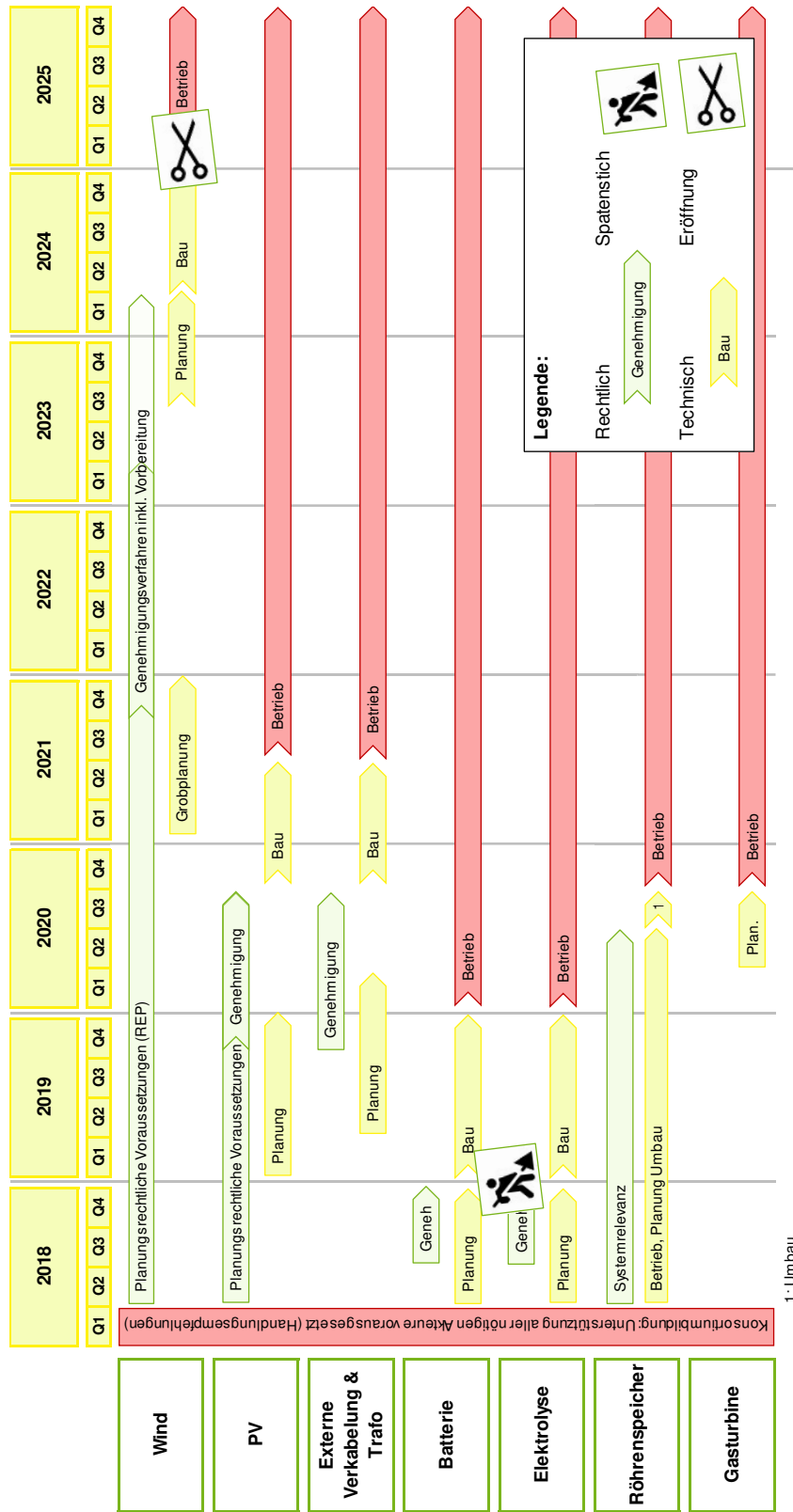
- [17] E.DIS Netz GmbH, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [18] BINE Informationsdienst, „Bahn fahren mit Wasser und Wind - Wege für mehr regenerative Energien beim größten Stromverbraucher Deutschlands,“ pp. 1-4, 02 2012.
- [19] DB Energie, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [20] Stadt Luckenwalde, „Klimaschutz,“ [Online]. Available: <https://www.luckenwalde.de/Rathaus/Stadtplanung/Interkommunale-Zusammenarbeit/index.php?mNavID=2625.97&sNavID=2625.97&La=1>. [Zugriff am 07 11 2017].
- [21] R. Huhn, „Entwicklung eines Klimaschutz- und Energiekonzeptes für die Städte Jüterbog, Luckenwalde und Trebbin,“ 2013.
- [22] MEKS Projektgesellschaft mbH, „Meilenstein für das Multi-Energie-Kraftwerk in Sperenberg (MEKS),“ 2016.
- [23] Kommunale Arbeitsgemeinschaft Nuthe-Urstromtal - Am Mellensee - Trebbin - Luckenwalde, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [24] Städtische Betriebswerke Luckenwalde GmbH, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [25] Stadtwerke Ludwigsfelde GmbH, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [26] BürgerEnergieGenossenschaft Teltow-Fläming eG, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [27] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „Biogaspartner - Einspeiseatlas,“ [Online]. Available: <http://www.biogaspartner.de/einspeiseatlas.html>. [Zugriff am 23 08 2017].
- [28] agt Agrargenossenschaft Trebbin eG, „Bio Energie - Energie aus nachwachsenden Rohstoffen,“ [Online]. Available: http://www.agt-eg.de/bioenergy_start.php. [Zugriff am 31 07 2017].
- [29] agt bio energy GmbH, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [30] H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG, „H2-Stationen,“ [Online]. Available: <http://h2-mobility.de/h2-stationen/>. [Zugriff am 01 11 2017].
- [31] NOW GmbH - Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, „Aufbau Wasserstoff-Tankstellennetz,“ [Online]. Available: <http://now-gmbh.de/de/nationales-innovationsprogramm/aufbau-wasserstoff-tankstellennetz>. [Zugriff am 01 11 2017].
- [32] Umweltbundesamt, „Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050,“ 2013.
- [33] R. Schoof, „Entwicklung der Power-to-Technologie bis heute und zukünftige Potentiale im Rahmen der Sektorenkopplung,“ 2017.
- [34] Greenpeace Energy eG, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [35] consentec, „Beschreibung von Regelleistungskonzepten und Regelleistungsmarkt,“ 2014.
- [36] Deutsche Energie-Agentur (dena), „dena-Studie Systemdienstleistungen 2030,“ 2014.
- [37] 50Hertz Transmission GmbH, *Persönliche Kommunikation*, 2017.

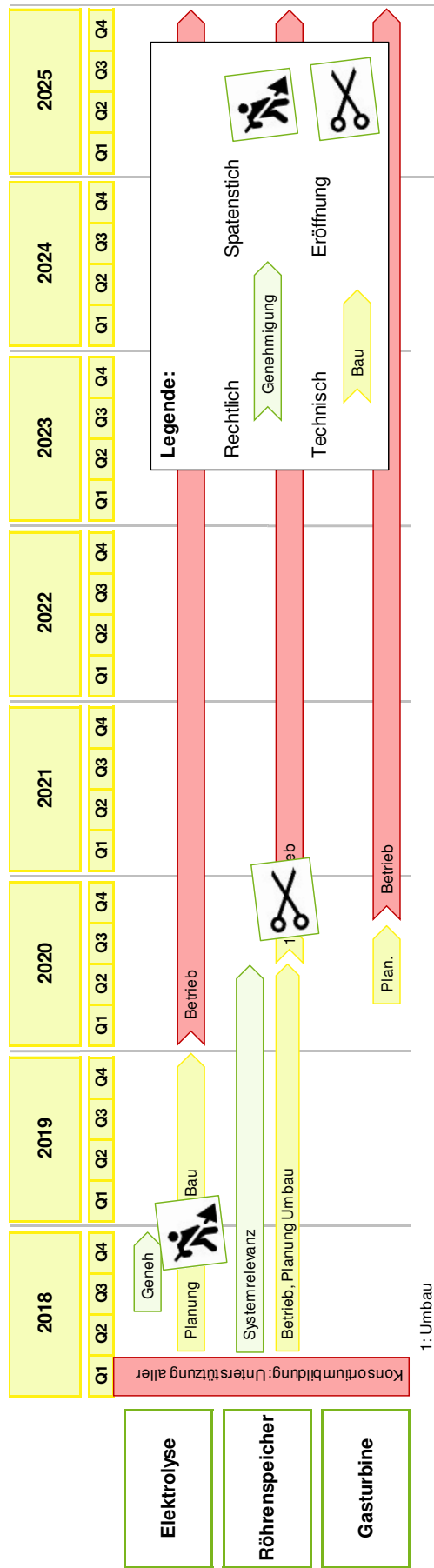
- [38] M. Kopp, D. Coleman, C. Stiller, K. Scheffer, J. Aichinger und B. Scheppat, „Energiepark Mainz: Technical and economic analysis of the worldwide largest Power-to-Gas plant with PEM electrolysis,“ *Internatiobal Journal of Hydrogen Energy*, pp. 13311-13320, 05 2017.
- [39] Deutsche Bahn AG, „Erneuerbare Energien,“ [Online]. Available: http://www.deutschebahn.com/de/nachhaltigkeit/oekologie/klimaschutz_neu/11873952/erneuerbare_energien.html. [Zugriff am 26 07 2017].
- [40] Förderverein des Neue-Energien-Forum Feldheim e.V., [Online]. Available: <http://nefeldheim.info>. [Zugriff am 24 Juli 2017].
- [41] Energiequelle GmbH, *Persönliche Kommunikation*, 2017.
- [42] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), „Energie-Atlas Bayern,“ Juni 2017.
- [43] Regionale Planungsgemeinschaft Havelland-Fläming, „Planungsunterlagen - Regionalplan Havelland-Fläming 2020 - nur Festlegungskarte,“ [Online]. Available: www.havelland-flaeming.de/media/files/Karte.pdf. [Zugriff am 21 11 2017].
- [44] Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg, „Energie- und Klimaschutzatlas Brandenburg (EKS),“ [Online]. Available: <https://eks.brandenburg.de/>. [Zugriff am 07 11 2017].
- [45] Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, „Überschussstrom - Einsatzfelder und Rahmenbedingungen des abgeregelten Stroms,“ 2016.
- [46] Greenpeace Energy eG, *Verschiedene Definitionen zum Überschussstrom für den Einsatz in Elektrolyseuren und ihre Priorisierung*, 2016.
- [47] Greenpeace Energy eG, „GREENPEACE-STROMKRITERIEN IM ÜBERBLICK,“ [Online]. Available: <https://www.greenpeace-energy.de/privatkunden/oekostrom/greenpeace-stromkriterien.html>. [Zugriff am 23 11 2017].
- [48] Fraunhofer IWES; Becker Büttner Held; IKEM, „Bahnstrom Regenerativ - Analyse und Konzepte zur Erhöhung des Anteils der Regenerativen Energie des Bahnstroms,“ 2011.
- [49] Greenpeace Energy, *Persönliche Kommunikation*, 2017.

Anlagenverzeichnis

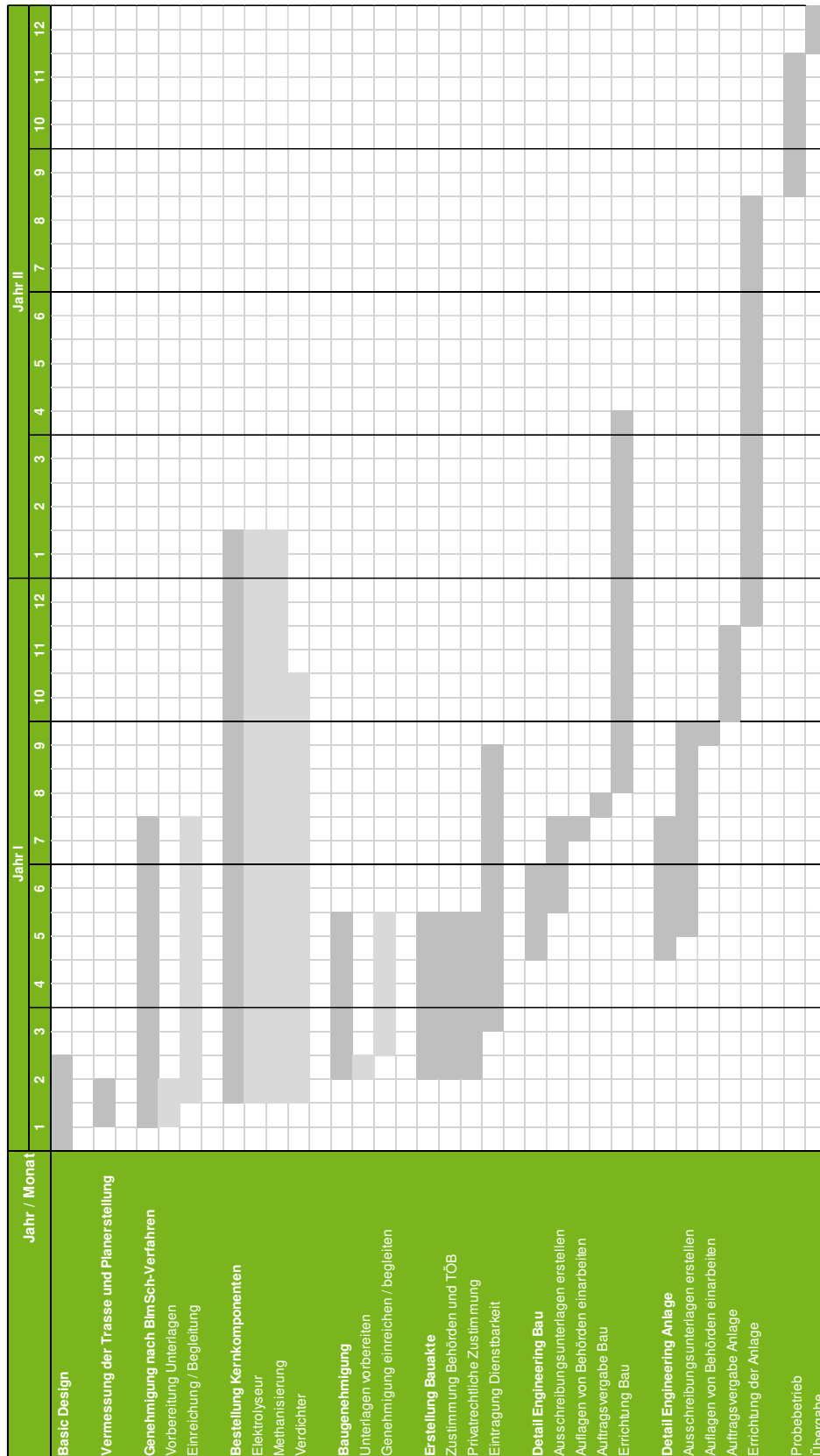
Anlage 1:	Zeitschiene Szenarien aus Abschnitt 4.2	116
Anlage 2:	Projektplan zur Errichtung einer Power-to-Gas-Anlage	118
Anlage 3:	Ergebnismatrix aus Abschnitt 5.1	119
Anlage 4:	Überschussstrom Greenpeace Energy gemäß 5.1.4.2	120

Anlage 1: Zeitschiene Szenarien aus Abschnitt 4.2





Anlage 2: Projektplan zur Errichtung einer Power-to-Gas-Anlage



Anlage 3: Ergebnismatrix aus Abschnitt 5.1

		Zielvorstellungen absteigend priorisiert →				Fördermittelbedarf € insg. über 20 Jahre
		Techn. Dimension	Machbarkeit	Innovationshöhe	Integration Infrastruktur	
		Spätestich / Inbetriebnahme	Akteursvielfalt			
Gasnetz- Einspeisung	38,4 MW WEA 2,6 MW PV 31,2 MW ELY	Q1 / 2019 / Q1 / 2025	⊘⊘⊘	💡	🌀	50 Mio. €
PtGIP- Sektorkopplungs- Kraftwerk	2,16 MW ELY	Q1 / 2019 / Q4 / 2020	⊘⊘⊘	💡	🌀	36 Mio. €
EE-Bahnstrom- Kraftwerk	52,8 MW WEA 14,7 MW PV 22,2 MW ELY 53,5 MW BAT	Q1 / 2019 / Q1 / 2025	⊘⊘⊘	💡💡💡	🌀	220 Mio. €
Regelbares EE-Kraftwerk	115,2 MW WEA 101,8 MW PV 48,9 MW ELY 164,1 MW BAT	Q1 / 2019 / Q1 / 2025	⊘⊘⊘	💡💡	🌀	782 Mio. €
MEKS¹	153 MW WEA 100 MW PV 20 MW ELY					0 Mio. € ¹

¹ Das Konzept "Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg" wurde nicht im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie entwickelt. Die Dimensionierung der EE-Anlagen übersteigt die in dieser Studie als mittelfristig umsetzbar angesehene Größenordnung jeweils deutlich. Die Wirtschaftlichkeit stützt sich unmittelbar auf die EE-Dimensionierung.

Anlage 4: Überschussstrom Greenpeace Energy gemäß 5.1.4.2

Verschiedene Definitionen zum Überschussstrom für den Einsatz in Elektrolyseuren und ihre Priorisierung

Überschussstrom aus fluktuierender Erneuerbare Energie (fEE) lässt sich durch die von Greenpeace Energy eG gesetzten Stromkriterien auf verschiedene Weise definieren. Die Reihenfolge der verschiedenen Definitionen gibt in der folgenden Liste einen Hinweis darauf, wie gut der jeweilig definierte Überschussstrom in das Gesamtkonzept von Greenpeace Energy passt. Hierbei sind niedrigere Ordnungsnummern höheren vorzuziehen.

Definitionen

1. Netzengpässe / Abschaltungen

Fluktuierende Erneuerbare Energie (fEE) kann in einem untergeordneten Netzabschnitt nicht abtransportiert werden, so dass eine Abregelung der fEE erfolgt. Die Abregelung, welche durch den Einsatz eines Elektrolyseurs teilweise vermieden werden kann, erfolgt in der Regel durch ein Signal des Einspeisungsmanagement (EINSMAN).

Um die Regelung des Netzabschnitts zu optimieren, in dem der Elektrolyseur installiert ist, und zugleich dessen Vollaststunden zu erhöhen, soll etabliert werden, dass das EISMAN-Signal zuerst an den Elektrolyseur bzw. ggf. an den Windpark, mit dem Elektrolyseur verknüpft ist, gesendet wird, bevor die Abregelung von weiterer fEE (aus Windparks oder auch PV-Anlagen) vorgenommen wird.

2. Unterstützung des fEE-Ausbaupfads

Ab 2021 fallen die ersten Windkraftanlagen aus der EEG-Vergütung und manche ihrer Standorte können nicht oder nicht zeitnah repowert werden. Wenn aufgrund der technischen Bedingungen eine Verlängerung ihrer Betriebsgenehmigung erreicht werden kann, dann könnten diese Anlagen jedoch weiterhin Strom liefern, wofür sie dann nur den Marktpreis erhalten. Die Erlöse zu Marktpreisen müssen alle Betriebskosten, z.B. Wartungskosten, decken, was nicht unbedingt überall zu heutigen Preisen gegeben ist. Andererseits gilt für EEG-Neuanlagen nunmehr die Ausschreibungspflicht. Hier sind die EEG-Vergütungssätze drastisch gesunken, so dass sich nicht mehr jeder geplante Anlagen-Standort rechnet oder den Zuschlag erhält.

Beide Fälle können zukünftig zu einem geringeren Nettozubau an EE-Anlagen führen und damit die Klimaschutzziele gefährden. Die zeitweilige Stromabnahme durch Elektrolyseure, etwa durch die Abnahme von Strom bei Tiefpreiszeiten, zu einem etwas höheren Preis als den Marktpreis hebt den durchschnittlichen Erlös der Anlagen an, so dass diese wirtschaftlich betrieben werden können.

3. Positive Prognoseabweichungen

fEE-Anlagen dienen (z.B. in der Direktvermarktung) der Versorgung von Kunden, wobei durch eine fEE-Einspeisespitze die im Bilanzkreis geführte gesamte Einspeisung aller Kraftwerke zur Versorgung der Kunden deren Verbrauch übertrifft. Hieraus resultiert eine positive Prognoseabweichung, die zur Ausgleichsenergie führt und welche im Elektrolyseur genutzt werden kann.

Wenn Erzeugung und Verbrauch in getrennten Bilanzkreisen geführt werden, können Prognoseabweichungen separat ermittelt und entweder einzeln oder auch saldiert durch einen Elektrolyseur ausgeglichen werden.

Es muss in jedem Fall nachgewiesen werden, dass der Überschuss auf Strom allein aus fEE beruht (d.h. Vermeidung von Verdrängung von fEE durch Beibehaltung von Graustrom im Portfolio / Bilanzkreis).

4. Marktintegration von fEE / Portfoliooptimierung / „Peak-Shaving“

Der Strommarkt an der Börse kann fEE-Strom nicht aufnehmen, was sich in sehr niedrigen bis negativen Börsenpreisen ausdrückt. Die Aufnahme des Stroms zu solchen Zeitpunkten im Elektrolyseur kann zur Wertsteigerung eines Gesamtportfolios führen. Denkbar ist auch die Wegnahme von Stromerzeugungsspitzen durch den Elektrolyseur, um ein definiertes fEE-Stromband anbieten zu können.

5. Systemdienstleistungen / Regelleistung

Der Elektrolyseur bietet negative Regelleistung an. Entsprechend der Reaktionszeiten kann der Elektrolyseur von Primär- bis Minutenregelleistung anbieten. Dies kann auf lokaler Netzebene geschehen, um dieses Netz zu stabilisieren, oder für einen Verbundnetzbetreiber. Bei letzterem muss der Elektrolyseur ggf. mit anderen Anbietern negativer oder auch mit Anbietern positiver Regelenergieleistung gepoolt werden. Um die ökologische Sinnhaftigkeit des Angebots von Regelenergieleistung zu gewährleisten, ist der Zusammenhang zwischen Angebot Regelenergie und Überproduktion fEE darzustellen, was auf lokaler Netzebene leichter zu erreichen ist.

Um zu einem wirtschaftlicheren Betrieb des Elektrolyseurs zu gelangen, ist es denkbar und wünschenswert, wenn es technisch oder regulatorisch möglich ist, eine Kombination der zuvor genannten Definitionen zu generieren.

Stand, November 2017