Netzausbauplan der Stadtwerke Karlsruhe Netzservice GmbH

Daxlander Str. 72

76185 Karlsruhe

Gültig ab:	01.05.2024
Veröffentlicht auf:	https://www.vnbdigital.de/
Gesetzliche Grundlage:	§ 14d EnWG (Stand: Februar 2024)
Betrachtungszeitraum:	Bis 2045
Autor:	Tobias Dreher

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis....1
Gesetzlicher Rahmen....2
Einleitung....3
Allgemeines....3
Versorgungsgebiet der Stadtwerke Karlsruhe Netzservice GmbH....3
Allgemeine Planungsprämissen....4
Teilnetzgebiete....4
Netzkarten....4
Planungsgrundlagen....5
Überführung des Regionalszenarios 2023 in den Netzausbauplan....5
Netzausbauplanung....7
Vorbemerkung....7
Hochspannung....7
Mittelspannung....8
Niederspannung....9
Energieeffizienz- und Nachfragesteuerungsmaßnahmen nach §14a EnWG....10
Verzögerungen....10
Bedarf an Systemdienstleistungen und Flexibilitätsdienstleistungen....11
Blindleistungsbedarf....11
Spitzenkappung nach §11 Absatz 2 EnWG....12
Veröffentlichung und Stellungnahmen....13
Anhang 1 Netzkarten....14
Anhang 2 Detaillierte Maßnahmentabelle....16
Quellenverzeichnis....22

Abkürzungsverzeichnis

BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BNetzA	Bundesnetzagentur
EFZ	Elektrofahrzeug
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
GZF	Gleichzeitigkeitsfaktor
HöS	Höchstspannung
HS	Hochspannung
LIS	Ladeinfrastruktur (z.B. Wallboxen)
MS	Mittelspannung
NAP	Netzausbauplan
NB	Netzbetreiber
NE	Netzebene
NEP	Netzentwicklungsplan der Übertragungsnetzbetreiber
NNB	Nachgelagerter Netzbetreiber
NS	Niederspannung
NVNB	Nachgelagerter Verteilnetzbetreiber
ONS	Ortsnetzstation (Netzebene 6)
PR	Planungsregion
RZ	Regionalszenario
SW	Schaltwerk (NE 5)
SWKN	Stadtwerke Karlsruhe Netzservice GmbH
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
UW	Umspannwerk (Netzebene 2 oder 4)
VNB	Verteilnetzbetreiber
VNS	Verteilnetzstudie
VÜNB	Vorgelagerter Übertragungsnetzbetreiber
VVNB	Vorgelagerter Verteilnetzbetreiber
WP	Wärmepumpe

[1]

Gesetzlicher Rahmen

Verteilnetzbetreiber, mit über 100.000 mittelbar oder unmittelbar angeschlossenen Kunden, sind gemäß § 14d Energiewirtschaftsgesetz (Stand: Februar 2024) zur Erstellung eines Netzausbauplans verpflichtet. Jeder betroffene Netzbetreiber muss alle zwei Jahre einen entsprechenden Netzausbauplan für sein Netzgebiet vorlegen.

Zur Vereinheitlichung und Abstimmung der Netzausbauplanung, wurde Deutschland in sechs Planungsregionen unterteilt. Diese sind: Nord, Ost, West, Mitte, Südwest und Bayern. Die Stadtwerke Karlsruhe Netzservice GmbH gehört der PR Südwest an.

Die VNB der einzelnen Regionen treffen sich regelmäßig, um alle zwei Jahre ein Regionalszenario zu veröffentlichen. Dieses wird auf der gemeinsamen Internetplattform VNBdigital veröffentlicht (gemäß § 14e EnWG). Die RZ basieren im Wesentlichen auf den Prognosen aus dem NEP der ÜNB, wobei aber auch eigene Studien und Forschungsarbeiten mit eingearbeitet werden, sowie Ziele der Gemeinden, für die die VNB die Netze betreiben. Die RZ bestehen im Wesentlichen aus Kennzahlen der Zubauziele für Erneuerbare Energien und Lastprognosen für verschiedene Lasttypen, insbesondere private Ladeinfrastruktur und Wärmepumpen, aber auch aus Kennzahlen für konventionelle Lasten und Erzeuger.

Im NAP dagegen werden konkrete Vorhaben zur Optimierung, Verstärkung und zum Ausbau der Verteilnetze für die nächsten fünf Jahre, zehn Jahre und für den Zeitraum bis 2045 (Jahr der avisierten Klimaneutralität des Stromnetzes) beschrieben. Die geplanten Maßnahmen werden, soweit möglich und zweckmäßig, in Übersichtsdarstellungen der Hoch- und Mittelspannungsnetze dargestellt.

Dieser NAP (Version 2024) basiert auf dem RZ der PR Südwest vom Juni 2023. [2]

Im Zeitraum vom 1. Mai bis zum 22. Mai 2024 können auf VNBdigital Stellungnahmen zu diesem NAP eingereicht werden.

Einleitung

Allgemeines

Das Ziel der Bundesregierung einer klimaneutralen Versorgung mit elektrischer Energie aus größtenteils regenerativen Quellen einerseits, sowie die steigende Anzahl an Verbrauchseinrichtungen mit hoher elektrischer Anschlussleistung, die maßgeblich für die Erreichung der Klimaziele in den Sektoren Mobilität (Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge) und Gebäude (Wärmepumpen) sind, andererseits, stellen die Stromnetzplanung der VNB vor anspruchsvolle Aufgaben. Der Netzausbau darf nicht zu schwach oder zu langsam voranschreiten, da ansonsten Engpässe bei der Versorgung auftreten und ggf. steuernde Eingriffe nach § 14a EnWG notwendig werden könnten. Ein überdimensionierter Netzausbau hingegen, würde das Gesamtsystem unnötig teuer machen und Ressourcen binden, die an anderer Stelle dringend benötigt werden. Daher ist das Ziel der Netzplanung, ein nach technisch-wirtschaftlichen Kriterien, unter Berücksichtigung gesetzlicher Vorgaben, möglichst effizientes Netz zu erreichen. Das zukünftige Verbrauchsverhalten spielt dabei ebenso eine Rolle, wie Effizienzsteigerungen in der Wärmeversorgung von Gebäuden und das netzwirksame Verhalten neuer Verbrauchseinrichtungen, deren Leistungsbedarf noch nicht hinreichend empirisch belegt ist. Die Prognosen für die zukünftigen Entwicklungen in diesen Bereichen haben eine hohe Unsicherheit. Mit dieser Unsicherheit umzugehen, ohne das Ziel aus den Augen zu verlieren und allzu viel Zeit für die Grundsatzplanung aufzuwenden, ist Aufgabe der heutigen Netzplanung.

Der vorliegende Netzausbauplan (NAP) basiert zu großen Teilen auf Szenario Pfad B des Netzentwicklungsplans (NEP2023) der vier ÜNB. Zusätzlich wurden regionale Studien und Forschungsprojekte, sowie konkrete Lastanfragen entsprechend relevanter Höhe berücksichtigt. [3] [4]

Der NAP bildet die Grundlage für den künftigen, engpassfreien Netzausbau im Netzgebiet der SWKN. Er bildet den derzeitigen Kenntnisstand ab, der zu großen Teilen auf Annahmen beruht, die einer ständigen Überprüfung bedürfen. Daher behalten sich die SWKN vor, ohne Korrektur und erneute Veröffentlichung dieses NAP, nach bestem Wissen diejenigen Maßnahmen im Verteilnetz umzusetzen, die ihrer Ansicht nach geeignet sind, das Ziel einer sicheren und engpassfreien Energieversorgung zu gewährleisten. Etwaige Abweichungen zu dem vorliegenden Dokument werden dann, gemäß § 14d EnWG im nächsten zu veröffentlichenden Dokument berücksichtigt.

Versorgungsgebiet der Stadtwerke Karlsruhe Netzservice GmbH

Das Stromnetz der Stadtwerke Karlsruhe Netzservice GmbH (SWKN) befindet sich im Stadtgebiet der Fächerstadt Karlsruhe sowie in Teilen umliegender Gemeinden. Es umfasst die Netzebenen der NS, MS und HS sowie die Umspannebenen MS/NS und HS/MS. Das übergeordnete 380-kV-Verbundnetz wird von der TransnetBW GmbH betrieben.

Es existieren vier Einspeisepunkte in das 110-kV-Netz der SWKN. Zwei Einspeisepunkte befinden sich im UW West mit einer Einspeiseleistung von jeweils 200 Megavoltampere (MVA), ein Einspeisepunkt im UW Ost, ebenfalls mit 200 MVA und eine Noteinspeisung durch die Netze BW im UW Oberwald mit 80 MVA. Derzeit ist eine vierte Haupteinspeisung durch die TransnetBW in Planung, die einerseits die Noteinspeisung der Netze BW ersetzen und andererseits die maximal mögliche Bezugsleistung der Stadt Karlsruhe erhöhen soll. Der genaue Standort dieser geplanten Einspeisung wird derzeit netzplanerisch ermittelt. Die zukünftigen Transformatoren werden jeweils eine Nennscheinleistung von mindestens 300

MVA besitzen, um den Lastanstieg auf annähernd 900 MVA bis zum Jahr 20245, wie er im RZ der PR Südwest für die Stadt Karlsruhe prognostiziert wurde, beherrschen zu können.

Das 110-kV-Netz ist vollständig als Kabelnetz ausgeführt, hat eine Gesamtlänge von ca. 60 km und versorgt acht eigene Umspannwerke, sowie eine kundeneigene Anlage. Ein weiteres neuntes UW, das UW Durlach (die Bezeichnung der Netze BW und TransnetBW ist UW Oberwald), wird derzeit noch aus dem 110-kV-Netz der Netze BW GmbH versorgt. Die Betriebsweise des 110-kV-Netzes unterscheidet sich wesentlich von der der anderen Spannungsebenen, da es nicht mit offenen Trennstellen betrieben wird. Das gesamte 110-kV-Netz wird zudem gegenwärtig aufgrund der Altersstruktur erneuert.

Im 20-kV-Netz der SWKN, mit einer Gesamtlänge von ca. 865 km, sind rund 1.650 Trafostationen eingebunden, wovon ca. 700 kundeneigene Anlagen sind. Das 20-kV-Netz ist, bis auf eine Freileitung von ca. 1 km Länge, komplett als Kabelnetz ausgeführt. Im 0,4-kV-Netz existieren neben ca. 1.700 km Erdkabelleitungen auch noch ca. 250 km Freileitungen, welche sukzessive durch Kabelstrecken ersetzt werden. Das 20-kV-Netz der SWKN ist als einfaches Ringnetz gebaut und wird mit offenen Trennstellen betrieben.

Das 0,4-kV-Netz wird im Wesentlichen als Kabelnetz in vermaschter Ringstruktur betrieben und hat nur Trennstellen zu benachbarten Netzbereichen, die nicht vom gleichen Transformator gespeist werden.

Allgemeine Planungsprämissen

Bei der Planung des 110-kV-Netzes kommt das (n-1) -Kriterium zum Einsatz, welches den unterbrechungsfreien Weiterbetrieb im Fehlerfall gewährleisten soll. Auch im 20-kV-Netz gilt das (n-1) -Kriterium, allerdings mit Unterbrechung bis zur Umschaltung der Trennstellen. Im 0,4-kV-Netz ist eine Wiederversorgung der Netzkunden nicht immer durch Umschaltungen zu erreichen, da zwischen zwei Schaltstellen (Kabelverteiler oder Ortsnetzstation) in der Regel mehrere Anschlussnehmer existieren.

In Gebieten mit einem hohen Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern, wird ein stärkerer Zubau von dezentralen Erzeugungsanlagen einerseits und Verbrauchseinrichtungen wie private LIS und WP andererseits prognostiziert als in Gebieten mit hohem Mehrfamilienhaus- und Gewerbeanteil. Hieraus resultiert eine inhomogene Lastentwicklung in den einzelnen Umspannwerksbezirken, die sich bis in die NE 7 fortsetzt. Der Einfluss des vorhandenen Fernwärmenetzes, sowie des geplanten Ausbaus desselben, wird ebenfalls betrachtet und hat maßgeblichen Einfluss auf die Prognosen des Strombedarfs für die Gebäudewärmeversorgung.

Teilnetzgebiete

Da es im Versorgungsgebiet der SWKN nur eine Hochspannungsnetzgruppe gibt, ist eine Unterteilung in mehrere Teilnetzgebiete weder möglich noch sinnvoll. Daher wird nur ein Teilnetz mit dem Namen „Stadtgebiet Karlsruhe“ ausgewiesen.

Netzkarten

Aus Gründen der Lesbarkeit, wird an dieser Stelle auf das Einfügen der Netzkarten, wie in §14d Abs.4 S.1 Nr. 1 EnWG gefordert, verzichtet. Die Netzkarten finden sich alle im Anhang, zusammen mit den Maßnahmentabellen der Netzausbauplanung.

Planungsgrundlagen

Überführung des Regionalszenarios 2023 in den Netzausbauplan

Gemäß dem RZ der PR Südwest, werden die in Tabelle 2 dargestellten Daten dem NAP zugrunde gelegt.

Da für die Parameter Elektromobilität und Wärmepumpen im RZ der PR Südwest lediglich Stückzahlen ermittelt wurden, müssen diese für die weitere Planung in entsprechende netzwirksame Leistungswerte umgerechnet werden.

Für den Leistungsbedarf für die E-Mobilität wird angenommen, dass der Mittelwert der Ladeleistung der EFZ 11 kW beträgt, was durch die bisherigen Anmeldungen von privater LIS im Stadtgebiet Karlsruhe bestätigt wird. Dieser Leistungswert muss mit einem, der betrachteten NE entsprechenden, GZF über das gesamte Stadtgebiet skaliert und mit der Anzahl der EFZ multipliziert werden. [5]

Die maximale netzwirksame Leistung der Wärmepumpen ergibt sich aus der mittleren Anschlussleistung plus der Leistung des Heizstabs, multipliziert mit einem der betrachteten NE entsprechenden GZF. Die Höhe des GZF ist begründet mit der hohen Gleichzeitigkeit des Heizbedarfs an einem kalten Wintertag. [6]

Davon ausgehend, und unter Berücksichtigung aktueller Lastanfragen, die im Nachgang zur Erstellung des RZ eingegangen waren, ergeben sich für das Versorgungsgebiet der SWKN die in Tabelle 1 enthaltenen Leistungswerte in Bezugsrichtung.

Die Werte für die Einspeiserichtung sind im RZ bereits als Leistungswerte eingetragen (siehe Tabelle 2).

Die oben genannten Werte beziehen sich auf die Ebene des Netzanschlusses der SWKN beim ÜNB TransnetBW. Eine Disaggregation auf unterlagerte Ebenen ist, aufgrund der Inhomogenität der Umspannwerksbezirke, auf Basis der Daten des RZ, nicht seriös darstellbar. Stattdessen wird hierfür ein „bottom-up“-Ansatz verwendet, der aus der Aggregation der Ergebnisse der Verteilnetzstudie für das Niederspannungsnetz der SWKN hervorgeht. [7]

Parameter	2028	2033	2045
E-Mobilität	63 MW	125 MW	263 MW
Wärmepumpen	60 MW	120 MW	252 MW
Konventionelle Last	307 MW	338 MW	350 MW
Gesamtleistung	430 MW	583 MW	865 MW

Tabelle 1) Netzwirksame Leistungswerte aus dem RZ für die Jahre, 2028, 2033 und 2045

Parameter	Parametereinheit	2023	2028	2033	2045
Elektromobilität	Anzahl Elektro-KFZ	2600	27400	48000	104000
Wärmepumpen	Anzahl WP	700	8400	14800	28000
Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD)	Gleichzeitige konventionelle Last aller Verbrauchsgruppen [MW]	269	307	338	350
Industrie und Großverbraucher	enthalten in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	enthalten in GHD	enthalten in GHD	enthalten in GHD	enthalten in GHD
Rechenzentren	enthalten in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	enthalten in GHD	enthalten in GHD	enthalten in GHD	enthalten in GHD
Elektrolyse	nicht in Regionalszenario enthalten [MW]	0	0	0	0
Großspeicher	[MW]	0	4	7	9
(haushaltsnahe) Kleinspeicher	[MW]	0	56	103	223
PV	[MW]	51	180	287	475
Wind onshore	[MW]	3	4	4	12
sonstige erneuerbare Erzeugung (Wasserkraft, Biogas)	[MW]	0	1	2	3

Tabelle 2) Kennzahlen aus RZ 2023 SWKN für die Jahre 2023, 2028, 2033 und 2045

Netzausbauplanung

Vorbemerkung

Der Finanzbedarf, wie er in diesem Kapitel beschrieben wird, bezieht sich lediglich auf die NE 3 bis 7 und enthält insbesondere nicht die Zusatzkosten für die Digitalisierung des Verteilnetzes und den Smart-Meter-Rollout. Des Weiteren basieren die Zahlen auf den aktuellen Tagesneuwerten der Betriebsmittel und sind noch nicht einer Preissteigerung durch Inflationseffekte unterzogen worden. Die Angaben zu den voraussichtlich entstehenden Kosten erfolgen vorbehaltlich gesellschaftsrechtlicher Genehmigung der Wirtschaftspläne für die entsprechenden Zeiträume, wobei die Ausstattungspflichten nach § 7a Abs. 4 EnWG Berücksichtigung finden.

Hochspannung

Der Erneuerungsbedarf im 110-kV-Netz der SWKN ergibt sich im Wesentlichen aus der Altersstruktur der 110-kV-Kabel. Die im Folgenden aufgelisteten Maßnahmen in der NE 3 (Leitungen) sind daher nicht als unmittelbar durch die Energiewende bedingte Maßnahmen zu betrachten, wobei sich gleichwohl durch Unterlassung der bereits geplanten und gestarteten Kompletterneuerung des 110-kV-Netzes in Zukunft durchaus Engpässe ergeben würden. Diesen Engpässen kommt die SWKN jedoch bereits jetzt durch die altersbedingte Erneuerung zuvor. Dennoch werden in den Netzkarten diese potenziellen Engpassregionen dargestellt, die sich bei einem Hochlauf der Lasten im unveränderten Bestandsnetz ergeben würden. In Abbildung 3 wird die avisierte Zielnetzstruktur des 110-kV-Netzes skizziert. Dieses wird im Endausbau (Zieljahr 2032) engpassfrei sein.

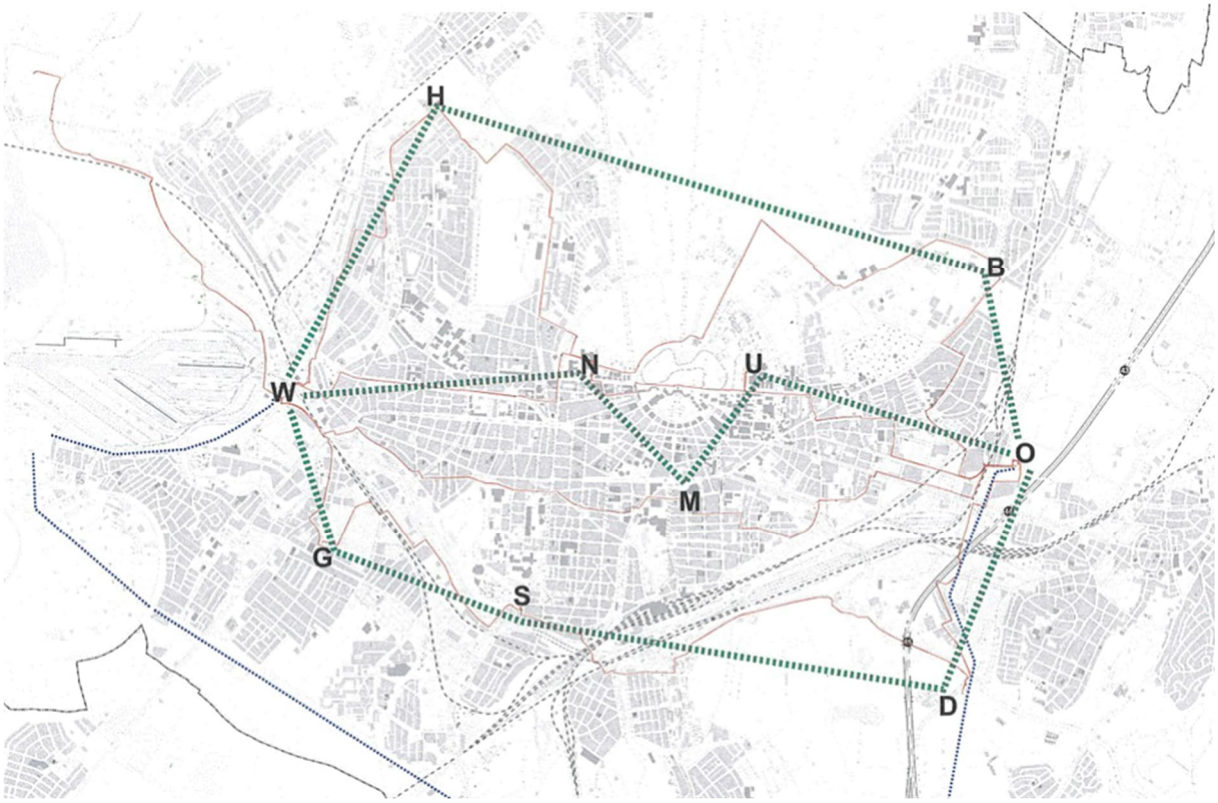

Abbildung 1) Zielnetzstruktur des 110-kV-Netzes der SWKN im Jahr 2032

Detailliertere Karten zu den Engpassregionen und konkreten Erneuerungs- und Verstärkungsmaßnahmen befinden sich im Anhang.

Die Verstärkungs- und Ersatzneubaumaßnahmen in NE 4 (Anlagenstandorte) erfolgen im Wesentlichen aufgrund der Lastprognosen bis zum Zieljahr 2045. Für die Aufteilung der Gesamtlast der Stadt Karlsruhe auf die neun Umspannwerke, wurde eine stadtteilspezifische Analyse der zukünftigen Versorgungsaufgabe durchgeführt, welche soziodemographische Faktoren, die Gebäudestruktur, die Einwohnerdichte, den Ausbau des Fernwärmenetzes und weitere Faktoren (z. B. ÖPNV-Anbindung) berücksichtigt.

Grundsätzlich beinhaltet die Zielkonfiguration der NE 4 eine 110-kV-Doppelsammelschiene mit drei Abschnitten für den Anschluss von mindestens drei HS/MS-Transformatoren mit einer Leistung von 50 MVA und eine 20-kV-Dopplesammelschiene mit ebenfalls mindestens drei Abschnitten. An allen Standorten der NE 4 spielt die Entwicklung der tatsächlichen Lasten eine wesentliche Rolle für die endgültige Investitionsentscheidung. Im ersten Schritt werden die vorhandenen 40-MVA-Trafos so lange weiter betrieben, bis sich der Hochlauf an den einzelnen Standorten konkretisiert, bzw. bis die entsprechenden Betriebsmittel das Ende ihrer Lebensdauer erreichen. Dann werden zunächst zwei neue Transformatoren mit 50 MVA beschafft. Der dritte Transformator wird dann bei Bedarf ergänzt, was eine Änderung der Betriebsweise im niederohmig geerdeten MS-Netz notwendig macht. Aus diesem Grund wird der dritte Transformator zukünftig nur im Hochlast- oder entsprechendem Rückspeisefall (sofern zutreffend) betrieben. Im Schwachlastfall wird der dritte Transformator außer Betrieb genommen, um die Kurzschlussleistung und die Leerlaufverluste zu reduzieren. Somit kann auch wieder jeder Umspannwerksbezirk als eine Netzgruppe betrieben werden.

Eine scharfe Trennung zwischen lastgetriebenen und erzeugungsgetriebenen Maßnahmen ist im Detail nicht möglich, da die Engpassregionen nicht explizit einer der beiden Kategorien zugeordnet werden können. Vielmehr ist eine Überlagerung beider Fälle ursächlich für den Netzausbau.

In der folgenden Tabelle werden die Maßnahmen und deren Schätzkosten lediglich in aggregierter Form dargestellt. Konkrete Einzelmaßnahmen für die einzelnen NE finden sich in tabellarischer Form im Anhang, soweit bekannt. Die Schätzkosten wurden auf Basis heutiger Richtpreise ermittelt. Sämtliche Kosten sind additiv, nicht kumulativ, zu verstehen.

Zeitraum	Maßnahme	Geschätzte Menge	Geschätzte Kosten
T+5	Leitungen (NE 3) Anlagenstandorte (NE 4)	18,9 km 2	24 Mio. € 14 Mio. €
T+6 -T+10	Leitungen (NE 3) Anlagenstandorte (NE 4)	24,3 km 2	30 Mio. € 13 Mio. €
Zieljahr 2045	Leitungen (NE 3) Anlagenstandorte (NE 4)	9 km 5	11 Mio. € 46 Mio. €

Tabelle 3) Aggregierte Darstellung der Maßnahmen und der geschätzten Kosten für NE 3 und NE 4

Mittelspannung

Netzerneuerungs- bzw. Ausbaumaßnahmen im Mittelspannungsnetz der SKNW werden im Wesentlichen durch den Ersatz noch vorhandener niedriger Querschnitte und den altersbedingten Austausch der Kabel getrieben. Zusätzlich dazu erfolgte eine Aggregation der Ergebnisse der Verteilnetzstudie [7] auf die Mittelspannungsebene, unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeitsfaktoren, die derzeit für die NE 5 bekannt sind. Auf Basis dieser Prognose ergeben sich zusätzliche, potenziell überlastete Strecken im MS-Netz, die ebenfalls in der

Ausbauplanung berücksichtigt wurden. In der Netzkarte zur NE 5 im Anhang, sind die entsprechenden Engpassregionen farblich hervorgehoben. Im Maßnahmenplan des Erhebungsbogens werden diese Maßnahmen als Sammler dargestellt.

Zusätzlich zur engpassbedingten Verstärkung der NE 5 werden auch sukzessive MS-Leitungen alterungsbedingt erneuert, teilweise mit Erhöhung des Querschnitts. Im Maßnahmenplan findet sich hierfür ein separater Sammler. In der Tabelle werden diese Maßnahmen, zusammen mit den Maßnahmen zur Engpassbeseitigung, aggregiert aufgelistet.

Als bereits konkret geplante Einzelmaßnahme in NE 5, ist der Bau eines neuen 20-kV-Schaltwerks in Hohenwettersbach eingetragen, getrennt in die Leitungsbaumaßnahme, ausgehend vom UW Durlach, und den Bau der neuen Anlage. Die Maßnahme ist gleichsam bedingt durch den Zubau von Aufdach-Photovoltaikanlagen und den Hochlauf privater LIS und WP andererseits. Zusätzlich werden auch Kabelschutzrohre für eine perspektivische Verlegung von HS-Leitungen mitverlegt, welche die spätere Errichtung eines neuen UW möglich machen sollen.

Ebenfalls einzeln aufgeführt ist die Verkabelung der letzten 20-kV-Verbindung, die noch als Freileitung ausgeführt ist.

Für die Prognosen der NE 6 wurden ebenfalls die Daten der VNS [7] zugrunde gelegt. Potenziell überlastete ONS werden in der Netzkarte für NE 6 farblich als Engpassregionen ausgewiesen. Eine Auflistung von Einzelmaßnahmen in der NE 6 erfolgt nicht. Dasselbe gilt im Übrigen auch für die NE 7, deren Engpassregionen mit denen der NE 6 zusammengefasst in der Netzkarte dargestellt werden. Im Maßnahmenplan findet sich daher für NE 7 ebenfalls nur ein Sammler.

Für die NE 6 existiert ebenfalls eine Strategie zur altersbedingten Erneuerung. Bei einer angenommenen Lebensdauer von 55 bis 60 Jahren einer ONS, ergibt sich ein altersbedingter Erneuerungsbedarf von ca. 15 ONS pro Jahr, der ebenfalls in den Zahlen in folgender Tabelle enthalten ist.

In der folgenden Tabelle werden die Maßnahmen und deren Schätzkosten lediglich in aggregierter Form dargestellt. Konkrete Einzelmaßnahmen der NE 5, soweit bekannt, werden in der Maßnahmentabelle im Anhang aufgeführt. Die Schätzkosten wurden auf Basis heutiger Richtpreise ermittelt. Eine detaillierte Barwertbetrachtung wurde nicht vorgenommen.

Zeitraum	Maßnahme	Geschätzte Menge	Geschätzte Kosten
T+5	Leitungen (NE 5) Anlagenstandorte (NE 6)	34 km 125	14 Mio. € 13 Mio. €
T+6 -T+10	Leitungen (NE 5) Anlagenstandorte (NE 6)	123 km 179	43 Mio. € 19 Mio. €
Zieljahr 2045	Leitungen (NE 5) Anlagenstandorte (NE 6)	255 km 369	89 Mio. € 40 Mio. €

Tabelle 4) Aggregierte Darstellung der Maßnahmen und der geschätzten Kosten für NE 5 und NE 6

Niederspannung

In den Zahlen für die Anlagenstandorte (NE 6) sind die Maßnahmen der NE 7 nicht enthalten. Die Ausbauziele für NE 7 können im Erhebungsbogen in aggregierter Form eingesehen werden. Es handelt sich hierbei ebenfalls um Sammler. Zusammenfassend kann man festhalten, dass in NE 7 bis zum Zieljahr 2045 etwa 1.300 km NS-Leitungen verstärkt oder neu gebaut werden müssen. Davon entfallen rund 250 km auf bestehende Freileitungen, die bis 2032 vollständig durch NS-Kabel ersetzt sein sollen. Die entsprechende Maßnahme 0 im Maßnahmenplan läuft bereits seit vielen Jahren. Derzeit strebt die SWKN eine Quote von 30

km Freileitungsverkabelung pro Jahr an. Allein für dieses Projekt wird eine Investitionssumme von rund 62 Mio. € veranschlagt. Bis 2045 werden zusätzlich rund 200 Mio. € für weitere Verstärkungsmaßnahmen in NE 7 veranschlagt.

Die Schätzkosten in folgender Tabelle wurden wiederum auf Basis heutiger, üblicher Meterpreise ermittelt. Die Kosten sind wiederum additiv zu verstehen, nicht kumuliert.

Zeitraum	Maßnahme	Geschätzte Menge (gerundet)	Geschätzte Kosten
T+5	Leitungen (NE 7)	249 km	62 Mio. €
T+6 -T+10	Leitungen (NE 7)	300 km	60 Mio. €
Zieljahr 2045	Leitungen (NE 7)	721 km	148 Mio. €

Tabelle 5) Aggregierte Darstellung der Maßnahmen und der geschätzten Kosten für NE 7

Energieeffizienz- und Nachfragesteuerungsmaßnahmen nach §14a EnWG

Bei der Ermittlung der Kennzahlen für das RZ wurden Energieeffizienzmaßnahmen bereits berücksichtigt. Die Zahlen verstehen sich vorbehaltlich künftiger Technologiesprünge und können, bedingt zum Beispiel durch geändertes Verbraucherverhalten, fluktuierende Strompreise und verstärkter Deckung des Eigenbedarfs von Haushalten mit eigener dezentraler Erzeugung, noch deutlich abweichen. Die zu erwartenden Steigerungen des Strombedarfs, vornehmlich durch LIS und WP, werden die möglichen Effizienzsteigerungen jedoch bei Weitem übertreffen.

Steuerungsmaßnahmen nach §14a EnWG sind derzeit und kurzfristig im Netz der SWKN nicht zu erwarten. Der NAP der SWKN verfolgt das Ziel eines engpassfreien Netzes, in dem Steuerungsmaßnahmen, wenn überhaupt, nur eine kurzfristige Lösung darstellen können. Diese Vorgehensweise deckt sich auch mit dem Beschluss der Beschlusskammer 6 der BNetzA vom 27. November 2023 (Beschluss BK6-22-300) [8].

Verzögerungen

Eine Maßnahme gilt als verzögert, sobald der optimale Zeitpunkt der Fertigstellung aus Sicht der Netzplanung vom tatsächlichen oder voraussichtlichen Zeitpunkt der Inbetriebnahme abweicht. Aktuelle Verzögerungen können im Maßnahmenplan des Erhebungsbogens der BNetzA nachvollzogen werden. [1]

Bedarf an Systemdienstleistungen und Flexibilitätsdienstleistungen

Blindleistungsbedarf

Wie im Erhebungsbogen der BNetzA unter 2.11 angegeben, gibt es derzeit im Verteilnetz der SWKN keinen Bedarf für die marktliche Beschaffung von Blindleistung im Sinne des § 14d Abs.4 Nr.6 EnWG. Der derzeitige Bedarf wird in vollem Umfang durch den ÜNB bereitgestellt, bzw. abgenommen. Wie sich die gesetzlichen und vertraglichen Grundlagen zur Beschaffung von Blindleistung in Zukunft entwickeln werden, ist indes ungewiss. Die SWKN geht in Zukunft, aufgrund des Zubaus von Leitungen einerseits und des steigenden Leistungsbedarfs andererseits, von einem steigenden Blindleistungsbedarf aus.

	nicht gedeckter Blindleistungsbedarf zum 31.12.2023	erwarteter nicht gedeckter Bedarf 2028	erwarteter nicht gedeckter Bedarf 2033	erwarteter nicht gedeckter Bedarf 2045
Spannungshebende Blindleistung	0 MVAr	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe
Spannungssenkende Blindleistung	0 MVAr	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe

Tabelle 6) Marktlich zu beschaffende Blindleistung im Netz der SWKN

Spitzenkappung nach §11 Absatz 2 EnWG

Um den Netzausbaubedarf zu reduzieren, gibt es seit 2016 nach §11 Abs.2 EnWG die Möglichkeit, ein gezieltes Abregeln von Einspeisespitzen im Rahmen der Netzplanung zu berücksichtigen. Diese sogenannte Spitzenkappung kann jeder Netzbetreiber nur auf die jeweils unmittelbar an das eigene Netz angeschlossenen Wind- und PV-Anlagen anwenden. Derzeit findet das Instrument der Spitzenkappung bei den SWKN keine Anwendung.

Veröffentlichung und Stellungnahmen

Netzkunden können Stellungnahmen ausschließlich über das gemeinsame Internetportal VNBdigital einreichen. Für den Netzausbauplan 2024 beginnt die Frist am **1. Mai 2024** und endet am **22. Mai 2024**. In diesem Zeitraum können Netzkunden der Hoch- und Mittelspannung sowie Übertragungsnetzbetreiber auf der Profilseite des VNB im Abschnitt „Dokumente“ mit einem Klick auf „Stellungnahme verfassen“ eine Stellungnahme einreichen. [1]

Eine Stellungnahme gemäß § 14d Abs. 6 EnWG ist von einer Konsultation zu unterscheiden. Beim veröffentlichten Netzausbauplan handelt es sich nicht um einen Entwurf, sondern um das finale Dokument. Die SWKN muss auf Stellungnahmen nicht reagieren und wird Anpassungen am ihrem NAP nur auf ausdrückliches Verlangen der BNetzA vornehmen. Die SWKN behalten sich das Recht vor, sachfremde oder beleidigende Stellungnahmen auf VNBdigital nicht zu veröffentlichen.

Anhang 1 Netzkarten

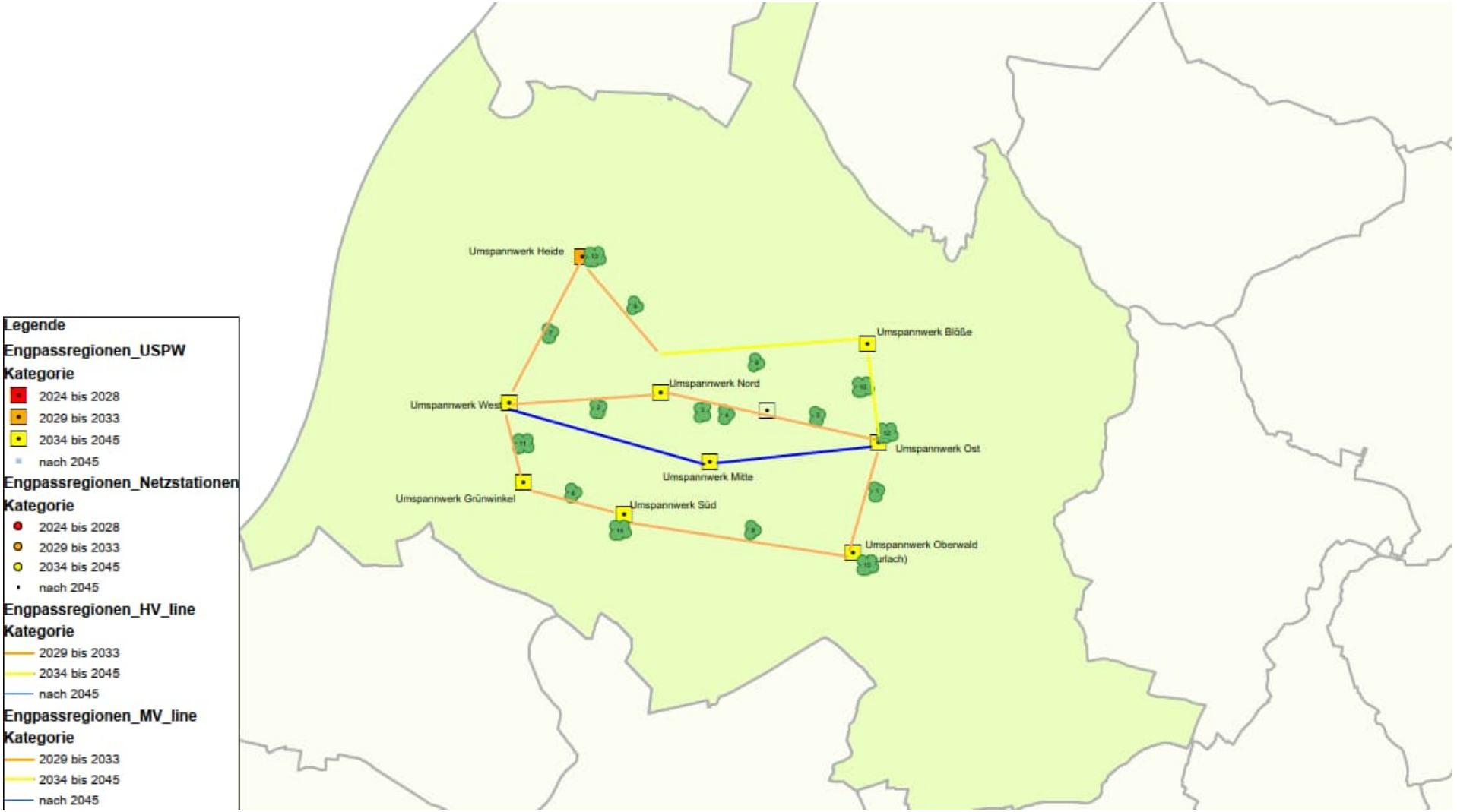

Abbildung 2) Engpasskarte der NE 3 und 4 derSWKN mit Bezeichnung der Maßnahmen gemäß Maßnahmenplan

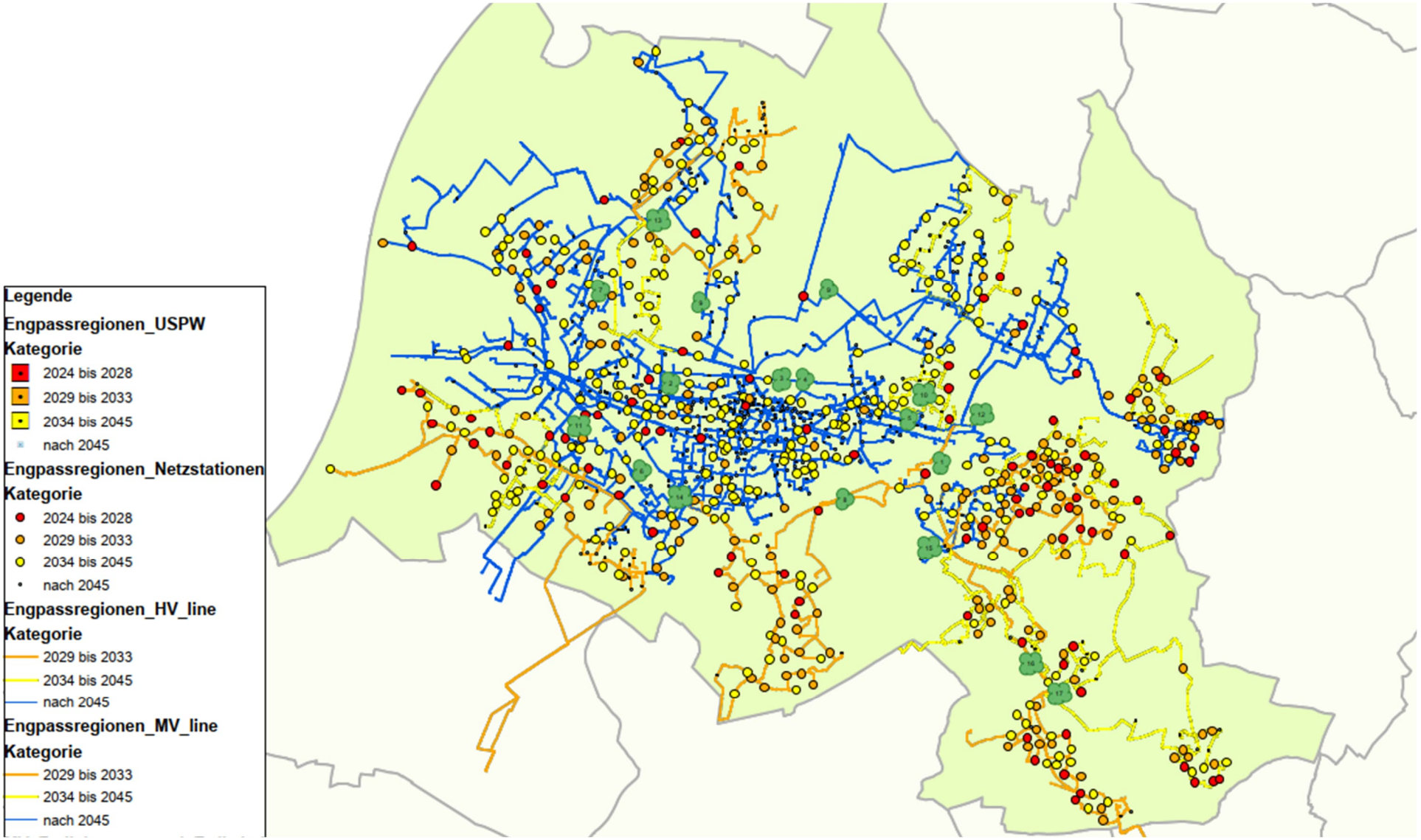

Abbildung 3) Engpasskarte der NE 5, 6 und 7 der SWKN mit Bezeichnung der Maßnahmen gemäß Maßnahmenplan

Anhang 2 Detaillierte Maßnahmentabelle

In folgender Tabelle sind die bereits begonnen Projekte aus allen NE, sowie die geplanten Maßnahmen der NE 3 und NE 4 für die nächsten zehn Jahre und die geplanten Maßnahmen der NE 5, 6 und 7 der nächsten fünf Jahre dargestellt. In den NE 5, 6 und 7 wurden die Maßnahmen zu Sammlern zusammengefasst, da es sich um hunderte von Einzelmaßnahmen handelt.

lfd. Nr.	Maßnahme	kurze Projektbeschreibung	Zugebaute/ erneuerte Länge [km]	netztechnische Begründung für den Netzausbau	Voraussichtl. Zeitpunkt der IBN	Kosten (geschätzt) in Euro	Projektstatus	Geprüfte Alternativen zum Netzausbau	NE
0	Niederspannungs-freileitungsverkabelung (Sammler)	Die noch bestehenden Freileitungsgebiete sollen in Hinblick auf E-Mobilität, Anlagenalter, Versorgungsqualität und Betriebsaufwand sukzessive erneuert werden.	249	Anlagensubstanz, Störungsanfälligkeit, Versorgungsqualität , Netzkapazität	2032	62.250.000 €	im Bau	Keine Alternative. Freileitungen werden vollständig durch Kabel ersetzt	7
1	Erneuerung 110-kV-Strecke UW Oberwald nach UW Ost	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, Oberwald-Ost	3,4	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2025	4.250.000 €	im Bau	Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3
2	Erneuerung 110-kV-Strecke UW West nach UW Nord	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, West-Nord	3,3	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2026	4.125.000 €	konkrete Planung	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3

3	Erneuerung 110-kV-Strecke UW Nord nach UW Mitte	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, Nord-Mitte	2,4	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2027	3.000.000 €	konkrete Planung	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3
4	Erneuerung 110-kV-Strecke UW Mitte nach UW Uni	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, Mitte-Uni	2,1	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2028	2.625.000 €	konkrete Planung	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3
5	Erneuerung 110-kV-Strecke UW Uni nach UW Ost	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, Uni-Ost	3,9	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2027	4.875.000 €	konkrete Planung	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3
6	Erneuerung 110-kV-Strecke UW Grünwinkel nach UW Süd	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, Grünwinkel-Süd	2,9	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur	2028	3.625.000 €	konkrete Planung	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3

				Reduktion der Netzlänge					
7	Erneuerung 110-kV-Strecke UW West nach UW Heide	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, West-Heide	4,5	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2031	5.625.000 €	konkrete Planung	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3
8	Erneuerung 110-kV-Strecke UW Süd nach UW Oberwald	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, Süd-Oberwald	6,3	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2030	7.875.000 €	konkrete Planung	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3
9	Erneuerung 110-kV-Strecke UW Heide nach UW Blöße	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, Heide-Blöße	9,9	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2032	12.375.000 €	konkrete Planung	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3

10	Erneuerung 110-kV-Strecke UW Ost nach UW Blöße	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, Ost-Blöße	3,6	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2032	4.500.000 €	konkrete Planung	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3
11	Erneuerung 110-kV-Strecke UW West nach UW Grünwinkel	Erneuerung des 110-kV-Netzes mit Optimierung und Topologieänderung, West-Grünwinkel	0,9	Altersbedingte Erneuerung des gesamten 110-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2025	1.125.000 €	konkrete Planung	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	3
12	UW Ost	Installation eines dritten Transformators und Austausch der bestehenden mit neuen höherer Nennscheinleistung.	nicht zutreffend	Erhöhung der Trafokapazität	2028	3.000.00 €	vorgesehene Maßnahme	Verschiedene Trafokonstellationen wurden untersucht.	4
13	UW Heide	Installation eines dritten Transformators und Austausch der bestehenden mit neuen höherer Nennscheinleistung. Erweiterung der 20-kV-Schaltanlage	nicht zutreffend	Erhöhung der Trafokapazität	2029	7.500.000 €	vorgesehene Maßnahme	Verschiedene Trafokonstellationen wurden untersucht.	4

14	UW Süd	Installation eines dritten Transformators und Austausch der bestehenden mit neuen höherer Nennscheinleistung. Erweiterung der 110- und 20-kV-Schaltanlage	nicht zutreffend	Erhöhung der Trafokapazität	2027	6.600.000 €	vorgesehene Maßnahme	Verschiedene Trafokonstellationen wurden untersucht.	4
15	UW Durlach (Oberwald)	Installation eines dritten Transformators und Austausch der bestehenden mit neuen höherer Nennscheinleistung.	nicht zutreffend	Erhöhung der Trafokapazität	2034	5.400.000 €	vorgesehene Maßnahme	Verschiedene Trafokonstellationen wurden untersucht.	4
16	Schaltwerk Hohenwettersbach	Bau einer neuen MS-Kabeltrasse mit zwei Systemen zur Anbindung des neuen Schaltwerks	9	Ausbau des Mittelspannungsnetzes zur Absicherung der Höhenstadtteile	2027	2.250.000 €	konkrete Planung	Verstärkung bestehender Ringstrukturen bringt nicht die gewünschte Kapazität im neuen Lastschwerpunkt.	5
17	Schaltwerk Hohenwettersbach	Bau eines neuen Schaltanlagengebäudes, inklusive Schaltanlage und Hilfseinrichtungen	nicht zutreffend	Ausbau des Mittelspannungsnetzes zur Absicherung der Höhenstadtteile	2027	3.250.000 €	konkrete Planung	Verstärkung bestehender Ringstrukturen bringt nicht die gewünschte Kapazität im neuen Lastschwerpunkt.	5
18	Altersbedingte Mittelspannungsmaß-nahmen aggregiert bis 2029	Altersbedingter Ersatzneubau mit Erhöhung der Übertragungskapazität im 20-kV-Netz	25	Altersbedingte Erneuerung des 20-kV-Netzes, mit Erhöhung der Übertragungskapazität, teilweise mit topologischen Anpassungen zur Reduktion der Netzlänge	2029	8.750.000 €	vorgesehene Maßnahme	Altersbedingte Erneuerung. Topologische Änderungen wurden betrachtet, um ein Optimum aus Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten	5

19	Umspannungsmaßnahmen MS/NS aggregiert bis 2029, basierend auf prognostizierten Engpässen	Verstärkung und Neubau von Ortsnetzstationen gemäß NAP 2024	50	Erhöhung der Trafokapazität	2029	5.829.000 €	vorgesehene Maßnahme	Untersucht werden Verstärkung bestehender Stationen, Zubau von neuen Stationen und Lastverschiebungen, um überlastetet Stationen zu entlasten.	6
20	Umspannungsmaßnahmen MS/NS aggregiert bis 2029, die alterungsbedingt und nicht in Maßnahme 20 enthalten sind	Altersbedingter Ersatzneubau ggf. mit Erhöhung der Übertragungskapazität	75	Altersbedingte Erneuerung des Umspannstationen MS/NS, teilweise mit Erhöhung der Übertragungskapazität	2029	7.500.000 €	vorgesehene Maßnahme	Untersucht werden Verstärkung bestehender Stationen, Zubau von neuen Stationen und Lastverschiebungen, um überlastetet Stationen zu entlasten.	6
21	UW Nord	Erneuerung der 110-kV-Schaltanlage		Altersbedingte Erneuerung der 110-kV-Schalanlage	2028	2.250.000 €	Konkrete Planung	Erhalt der Altanlage nicht mehr möglich	3
22	UW Blöße	Erneuerung der 110-kV-Schaltanlage		Altersbedingte Erneuerung der 110-kV-Schalanlage	2028	2.250.000 €	Konkrete Planung	Erhalt der Altanlage nicht mehr möglich	3

Tabelle 7) Detaillierte Maßnahmentabelle der SWKN mit Maßnahmen der nächsten zehn (NE 3 und 4), bzw. fünf Jahre (NE 5, 6 und 7)

Quellenverzeichnis

Quellen:

- [1] Mokosch, Gunnar e.a. (2024). *Leitfaden zur Umsetzung des Netzausbauplans nach § 14 d Energiewirtschaftsgesetz* (Finale Version 26. März 2024). BDEW.
- [2] Planungsregion Südwest (2023). *Regionalszenario 2023*.
- [3] 50Hertz Transmission GmbH; Amprion GmbH; TenneT TSO GmbH; TransnetBW GmbH (2023). *Netzentwicklungsplan Strom 2023*. Netzentwicklungsplan Strom.
- [4] Fraunhofer IEG; DVGW; KIT; Stadtwerke Karlsruhe GmbH e.a. (2023) *TrafoKommunE – Transformationsprozess für die kommunale Energiewende*.
- [5] Zdrallek, M.; Wintzek, P.; Alsayed Ali, S. (2023). *Gleichzeitigkeitsfaktoren als Basis für den Ausbau der Ladeinfrastruktur.* Netzpraxis.
- [6] Tjaden, T. (2023). *Wärmepumpen im Bestand.* Energieforschungszentrum Niedersachsen.
- [7] Maximini, M.; Prause, U.; Schulze, S.; Spatz, W.; Dreher, T (2022). *Strategische Entwicklung der Niederspannungsnetze im Hinblick auf die Herausforderungen von Elektromobilität und Energiewende (Version 20.03.2023).* Siemens AG.
- [8] Bundesnetzagentur (2023). *Festlegung zur Durchführung der netzorientierten Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen nach § 14a EnWG (BK6-22-300).*

Web-Links:

- https://www.vnbdigital.de/
- Regionalszenario 2023 (vnbdigital.de)
- VNBdigital - Südwest
- https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/__14d.html
- https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/__11.html
- https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2022/BK6-22-300/BK6-22-300_ZweiteKonsultation.html
- https://www.ieg.fraunhofer.de/de/referenzprojekte/trafokommune.html
- https://www.netzentwicklungsplan.de/archiv/netzentwicklungsplaene-2023