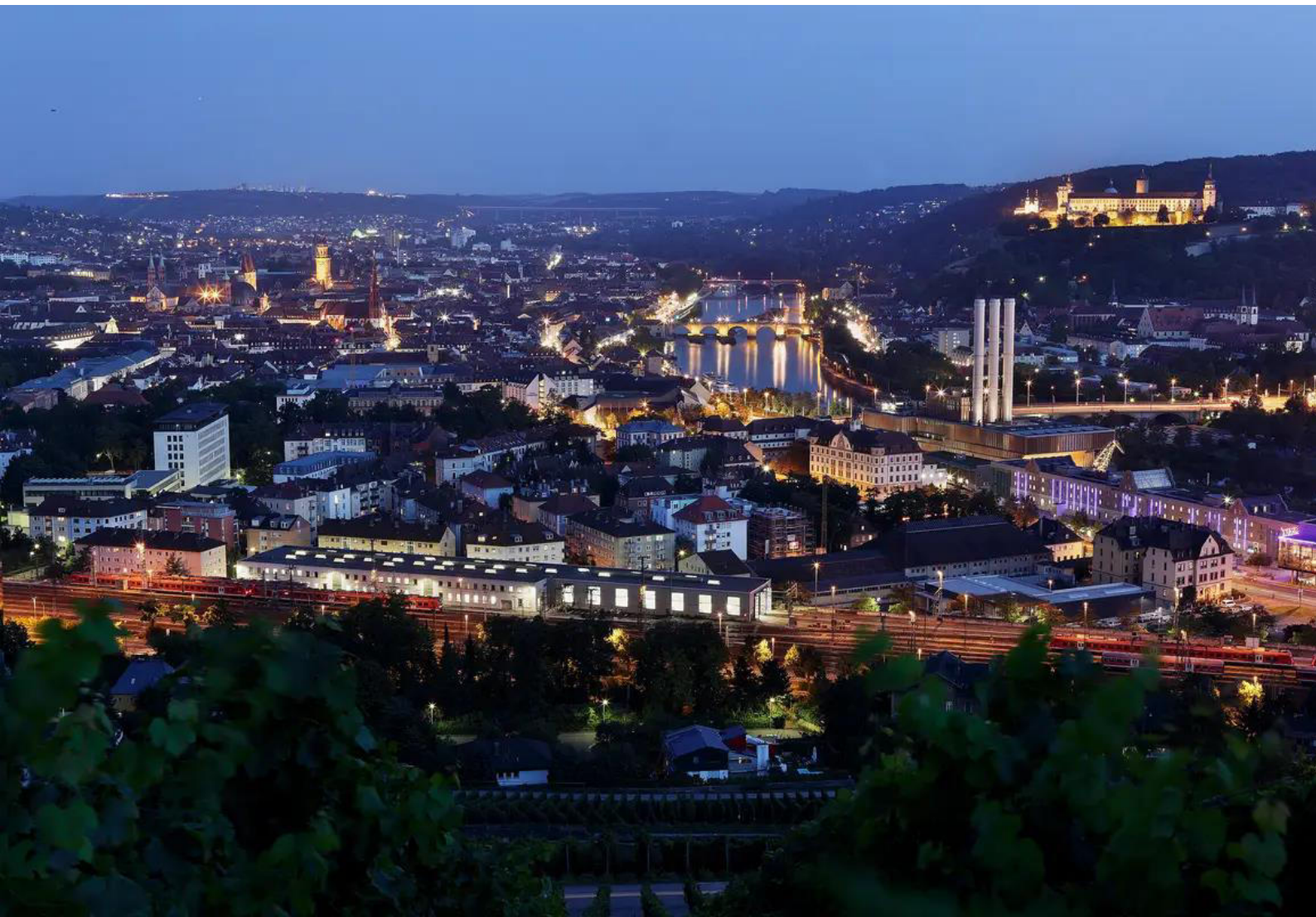


Netzausbauplan

gemäß § 14 d EnWG



Mainfranken Netze GmbH



PLANUNGSREGION
BAYERN

Würzburg, den 30.04.2024

Impressum

Mainfranken Netze GmbH

Haugerring 6
97070 Würzburg

Vertreten durch Geschäftsführung:

Dipl. Ing. (FH) Jürgen Söbbing

Kontakt:

Telefon: 0931 36 3131

Telefax: 0931 36 1189

E-Mail: info@mfn.de

Eintragung im Handelsregister:

Registergericht: Amtsgericht Würzburg

Registernummer: HRB 9495

Umsatzsteuer-ID gemäß § 27 Umsatzsteuergesetz:

DE 254 744 099

Ziele und Hintergrund der Netzausbauplanung

Die MFN ist als Verteilnetzbetreiber (VNB) mit mehr als 100.000 unmittelbar oder mittelbar angeschlossenen Kundinnen und Kunden grundsätzlich zur Erstellung eines Netzausbauplans (NAP) nach dem EnWG verpflichtet.

Die Entwicklungen der Stromverteilungsnetze müssen sich bei allen VNB an den Aufgaben, die mit dem gesetzlichen Rahmen der Klimaneutralität Deutschlands bis 2045 verbunden sind, ausrichten. Mit diesen Anforderungen wächst auch der Abstimmungsbedarf unter den VNB. Vor diesem Hintergrund haben sich deutschlandweit die VNB in sechs Planungsregionen organisiert und abgestimmte Regionalszenarien erstellt. Diese basieren auf den regionalisierten Erzeugungs- und Verbrauchsprognosen aus dem Szenariorahmen Strom, der von den Übertragungsnetzbetreibern für deren Netzentwicklungspläne erarbeitet und durch die BNetzA genehmigt wurde.

Die Regionalszenarien der VNB wurden erstmals im Juni 2023 auf VNBdigital, dem gemeinsamen Netzportal der Stromverteilnetzbetreiber, veröffentlicht. Auf den darin enthaltenen Prognosen und Planungsgrundsätzen bauen die Netzausbauplanungen der einzelnen VNB auf, die bis zum 30. April 2024 ebenfalls auf VNBdigital veröffentlicht werden.

Der nachfolgende Netzausbauplan der Mainfranken Netze GmbH beinhaltet damit im Wesentlichen die planerische Entwicklung der Stromverteilungsnetze vor dem Hintergrund der gesetzlich verankerten Klimaneutralität Deutschlands bis zum Jahr 2045.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	ii
Ziele und Hintergrund der Netzausbauplanung	iii
Abkürzungsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
A Einleitung	4
A.1 Aktuelle Versorgungsaufgabe	4
A.2 Besonderheiten des Netzgebiets	4
A.3 Teilnetzgebiete	5
A.4 Netzkarten	6
B Planungsgrundlagen	14
B.1 Umsetzung des Regionalszenarios 2023	14
C Netzausbauplanung	17
C.1 Hochspannung	18
C.2 Mittelspannung	22
C.3 Niederspannung	33
C.4 Notwendige Effizienz- und Nachfragesteuerungsmaßnahmen	35
C.5 Verzögerungen	36
D Bedarf an Systemdienstleistungen und Flexibilitätsdienstleistungen	36
E Spitzenkappung	37
F Sonstige Hinweise	37
Danksagung	37
Anlagen	38

Abkürzungsverzeichnis

BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BNetzA	Bundesnetzagentur
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
HKW	Heizkraftwerk
HöS	Höchstspannung
HS	Hochspannung (110 kV)
MS	Mittelspannung (20 kV)
MFN	Mainfranken Netze GmbH
MHKW	Müllheizkraftwerk
NAP	Netzausbauplan
NE	Netzebene
NEP	Netzentwicklungsplan der Übertragungsnetzbetreiber
NNB	Nachgelagerter Netzbetreiber
NOVA	Netz-Optimierung vor Netz-Verstärkung vor Netz-Ausbau
NS	Niederspannung
NVNB	Nachgelagerter Verteilnetzbetreiber
ONS	Ortsnetzstation (Netzebene 6)
PR	Planungsregion
PV	Photovoltaik
RZ	Regionalszenario
SH	Schaltheis (20-kV-Netzknoten mit Leistungsschaltern)
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
UW	Umspannwerk (Netzebene 2 oder 4)
VNB	Verteilnetzbetreiber
VVNB	Vorgelagerter Verteilnetzbetreiber
WEA	Windenergieanlagen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Teilnetzgebiete	6
Abbildung 2: HS-Bestandsnetz	7
Abbildung 3: MS-Netz – Teilnetz 1	8
Abbildung 4: MS-Netz – Teilnetz 2	9
Abbildung 5: Engpassregionen HS-Netz.....	10
Abbildung 6: Engpassregionen MS-Netz - Teilnetz 1	11
Abbildung 7: Engpassregionen MS-Netz - Teilnetz 2	12
Abbildung 8: Engpassregionen Umspannung (MS/NS) – Teilnetz 1	13
Abbildung 9: Engpassregionen Umspannung (MS/NS) – Teilnetz 2	14
Abbildung 10: Entwicklung Starklastfall - HS-Netz	19
Abbildung 11: Entwicklung Schwachlastfall - HS-Netz	19
Abbildung 12: Netzausbau HS-Netz bis 2033	20
Abbildung 13: Entwicklung Starklastfall - MS-Netz - Teilnetz 1	23
Abbildung 14: Entwicklung Erzeugungsfall - MS-Netz - Teilnetz 1	23
Abbildung 15: Entwicklung Starklastfall - MS-Netz - Teilnetz 2	24
Abbildung 16: Entwicklung Erzeugungsfall - MS-Netz - Teilnetz 2	24
Abbildung 17: Netzausbau MS-Netz bis 2028 - Teilnetz 1	25
Abbildung 18: Netzausbau ONS bis 2028 - Teilnetz 1	27
Abbildung 19: Netzausbau ONS bis 2028 - Teilnetz 2	28
Abbildung 20: Netzausbau MS-Netz 2029 bis 2033- Teilnetz 1	29
Abbildung 21: Netzausbau ONS 2029 bis 2033 – Teilnetz 1	31
Abbildung 22: Netzausbau ONS 2029 bis 2033 - Teilnetz 2	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung netzwirksamer Verbrauchs- und Erzeugungsleistung – Teilnetz 1	16
Tabelle 2: Entwicklung netzwirksamer Verbrauchs- und Erzeugungsleistung - Teilnetz 2	17
Tabelle 3: Aggregierte Maßnahmenliste HS-Netz bis 2045	21
Tabelle 4: Aggregierte Maßnahmenliste MS-Netz bis 2045 – Teilnetz 1	32
Tabelle 5: Aggregierte Maßnahmenliste MS-Netz bis 2045 - Teilnetz 2	33
Tabelle 6: Aggregierte Maßnahmenliste NS-Netz bis 2045 - Teilnetz 1	34
Tabelle 7: Aggregierte Maßnahmenliste NS-Netz bis 2045 - Teilnetz 2	34
Tabelle 8: Kosteneinsparungen durch simulierten Einsatz von Flexibilitätsoptionen	35
Tabelle 9: Zusätzlicher Blindleistungsbedarf - Teilnetz 1	36

A Einleitung

Die Energiewende nimmt zunehmend Gestalt an und stellt dabei hohe Anforderungen an die Verteilnetze. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, bedarf es Zielnetzplanungen, deren Grundlagen regional sowie überregional abgestimmt sein müssen. Die nachfolgende Netzausbauplanung stellt eine solche Zielnetzplanung dar, deren Grundlagen innerhalb der Planungsregion Bayern in Form eines Regionalszenarios abgebildet sind. Flankiert werden diese Grundlagen von aktuellen Energie- und Wärmeleitplanungen der Kommunen sowie unternehmensinternen Studien, die ebenfalls in die Netzausbauplanungen eingeflossen sind. Bereits im Juli 2023 wurde mit der Erstellung der notwendigen Konzepte und Berechnungen für diesen Netzausbauplan begonnen. Die Ergebnisse konnten nach mehreren Iterationsphasen über alle Netzebenen im März 2024 finalisiert und in diesem Dokument zusammengefasst werden.

A.1 Aktuelle Versorgungsaufgabe

Die MFN sorgt als Verteilnetzbetreiber für einen zuverlässigen und sicheren Netzbetrieb der Stromnetze in der Stadt Würzburg sowie 21 weiteren, direkt angrenzenden Gemeinde. Eine Übersicht des Netzgebiets ist in Abbildung 1 dargestellt. Zudem betreibt die MFN in und um Würzburg Gas-, Wasser-, Fern- und Nahwärmenetze. Dadurch beteiligt sich die MFN an verschiedenen Zielplanungen (z. B. Gasnetzgebietstransformationsplan und Wärmeleitplanungen) und legt damit die Basis für eine regionale Sektorenkopplung.

Das Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetz erstreckt sich auf eine Gesamtlänge von ca. 2.800 km und versorgt ca. 212.000 Menschen in der Region mit elektrischer Energie. An dieses Stromnetz sind derzeit ca. 7.500 EEG- und KWK- Anlagen mit einer installierten Leistung von ca. 147 MW angeschlossen. Zusätzlich speist noch ein Heizkraftwerk (HKW) und Müllheizkraftwerk (MHKW) mit einer Gesamtleistung von 169 MW in das Netz der MFN ein. Die gesamte, installierte Einspeiseleistung beträgt damit ca. 316 MW und steht einer Gesamtjahreshöchstlast von ca. 165 MW gegenüber.

A.2 Besonderheiten des Netzgebiets

Das Netzgebiet der MFN wird nahezu hälftig durch den Main geteilt. Neue Flussquerungen mit HS- oder MS-Leitungen sind fast ausschließlich mittels Dükern möglich, da in den vorhandenen Brückenkörpern für zusätzliche Trassen dieser Spannungsebenen bzw. Größenordnungen in der Regel kein ausreichender Platz vorhanden ist. Leitungsbauprojekte mit Flussquerungen erfordern deshalb aufwendige Planungs- und Genehmigungsprozesse sowie hohe Kosten und lange Bauzeiten. Neben Netzbaumaßnahmen der MFN sind auch Projekte zur Anbindung größerer Erzeugungsanlagen (z. B. PV-Freiflächen- oder Windenergieanlagen) von diesen Erschwernissen betroffen, deren Anschlussstrassen über den Main führen.

Die HS-Netzstruktur ist, historisch bedingt, stark an der Erzeugungseinheit HKW (149 MW) ausgerichtet. Dies trifft auch für große Teile des innerstädtischen MS-Netzes zu. Nachdem das HKW als systemrelevant eingestuft ist, muss diese netztechnische Funktionalität auch weiterhin erhalten bleiben. Mit den künftigen Anforderungen, die aus dem Zubau größerer, dezentraler Erzeugungsanlagen (PV-Freiflächen- und Windenergieanlagen) resultieren, ist deshalb ein erheblicher, struktureller Umbau des HS-Netzes erforderlich.

Der Innenstadtbereich von Würzburg ist heute bereits stark mit Fernwärme durchdrungen. Dies beeinflusst insbesondere die räumliche Zuordnung künftiger Stromwärmebedarfe. In diesem Bereich befinden sich auch zahlreiche denkmalgeschützte Ensembles, die zumindest derzeit nur einen bedingten Zubau von PV-Anlagen zulassen. Beides wurde im Rahmen des NAP netztechnisch berücksichtigt.

Zudem ist das Stromnetz der MFN durch einen sehr kleinen Anteil an MS-Freileitungen gekennzeichnet, welche sich überwiegend im Bereich von Netzausläufern befinden. In den nachfolgenden Planungen sind keine Auswechslungen oder Verstärkungen von MS-Freileitungen vorgesehen. Sofern diese Leitungsteile von Ersatz- oder Verstärkungsmaßnahmen betroffen sind, kommen dafür ausschließlich MS-Kabel zum Einsatz.

Im nördlichen Netzgebiet der MFN verlaufen die HS-Trassen des VVNB, der Bayernwerk Netz GmbH, an denen auch das HS-Netz der MFN angeschlossen ist. Das bedeutet, die Verknüpfung beider Netze erfolgt auf gleicher Netzebene. Die räumliche Nähe der beiden HS-Netze bedingt für den NAP eine Abstimmung zu den Netzverknüpfungen für die in diesem Bereich planerisch zugeordneten, großen Erzeugungsanlagen, um einen wirtschaftlichen Netzausbau sicherzustellen (siehe auch Teil B).

An das Verteilnetz der MFN sind zwei nachgelagerte Verteilnetze angeschlossen. Hierbei handelt es sich aber um Arealnetze, deren Strombedarfsentwicklung in den prognostizierten Leistungen der MFN enthalten sind.

A.3 Teilnetzgebiete

Aufgrund der räumlichen Nähe, den vergleichbaren Versorgungsaufgaben sowie Quartiersstrukturen, die sich sowohl im Stadtgebiet Würzburg als auch den Umlandgemeinden wiederfinden, ergeben sich für das Netzgebiet der MFN keine differenzierten, gebietsbezogenen Planungsanforderungen. Dementsprechend gelten die allgemeinen Planungsprämissen und Planungsgrundlagen prinzipiell für das gesamte Netzgebiet. Für den NAP wird das Netzgebiet deshalb nicht in weitere Teilnetze untergliedert. Dies kann sich allerdings künftig ändern, wenn durch das Wärmeplanungsgesetz bzw. den damit verbundenen kommunalen Wärmeplanungen neue und konzentrierte Wärmeversorgungskonzepte entstehen.

Eine Ausnahme bildet allerdings die Gemeinde Leinach, da diese nicht galvanisch mit dem Verteilnetz der MFN verbunden ist. Leinach ist über zwei Netzverknüpfungspunkte an das MS-Netz der Bayernwerk Netz GmbH angeschlossen. Entsprechend der definierten Mindestanforderung für die Ausprägung von Teilnetzen durch die Bundesnetzagentur im Rahmen des NAP, wird für Leinach ein eigenes Teilnetz gebildet.

Aufgrund der erheblichen Größenunterschiede der Teilnetze wird das Hauptaugenmerk des NAP auf das Teilnetz 1 gerichtet, um den Verhältnismäßigkeiten der Netzgrößen und deren Ergebnisse gerecht zu werden.

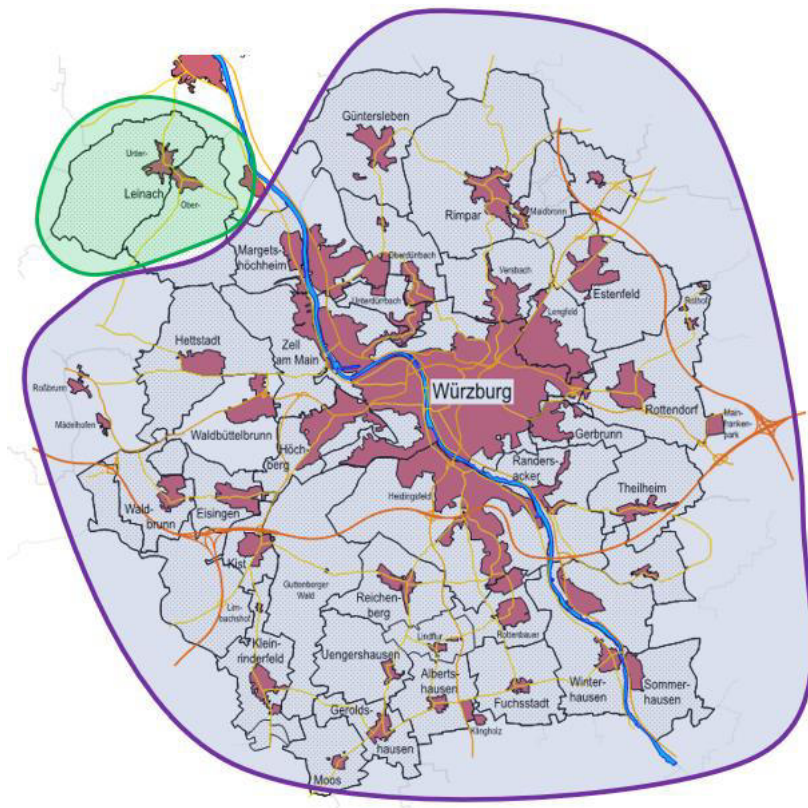


Abbildung 1: Teilnetzgebiete

A.4 Netzkarten

Bei den in diesem Abschnitt verwendeten Karten zum Bestandsnetz (MS und HS) bzw. zu den Engpassregionen werden teilweise nur verkleinerte Karten dargestellt, um diese besser in den Text einzubetten. Im Anhang 1 sind diese Karten nochmals in Originalgröße beigelegt.

Bei allen Kartendarstellungen müssen die Anforderungen zum Schutz kritischer Infrastrukturen gewährleistet werden. Deshalb wird grundsätzlich auf eine koordinaten- und betriebsmittelscharfe Plan- oder Kartendarstellung verzichtet. In der Darstellung stehen Linien für Leitungen und Punkte bzw. Dreiecke für Anlagen (z. B. ONS o. UW).

Netzkarten Bestandsnetze

Netzebene 3 - HS-Bestandsnetz

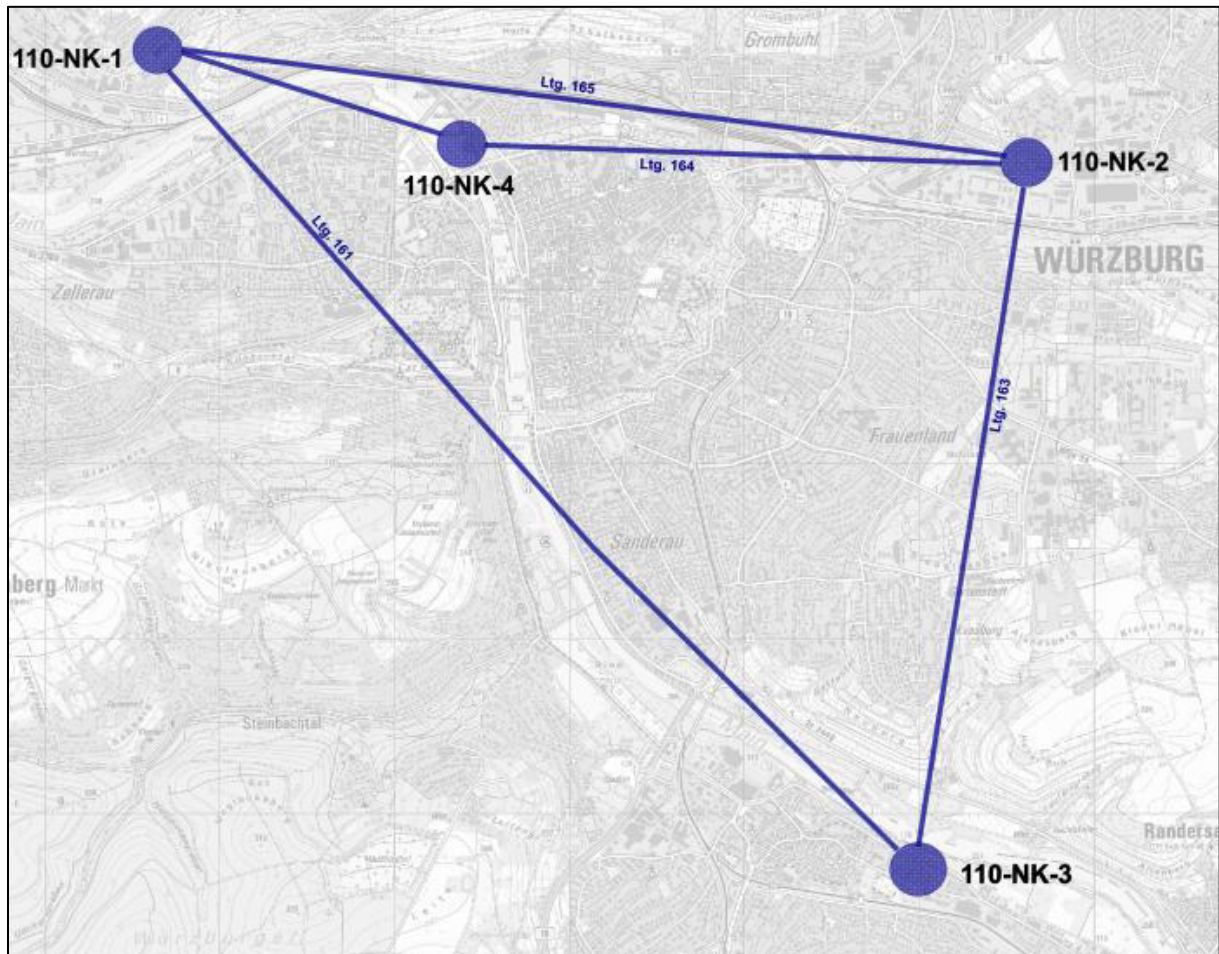


Abbildung 2: HS-Bestandsnetz

Netzebene 5 - MS-Bestandsnetze (Teilnetz 1 und Teilnetz 2)



Abbildung 3: MS-Netz – Teilnetz 1

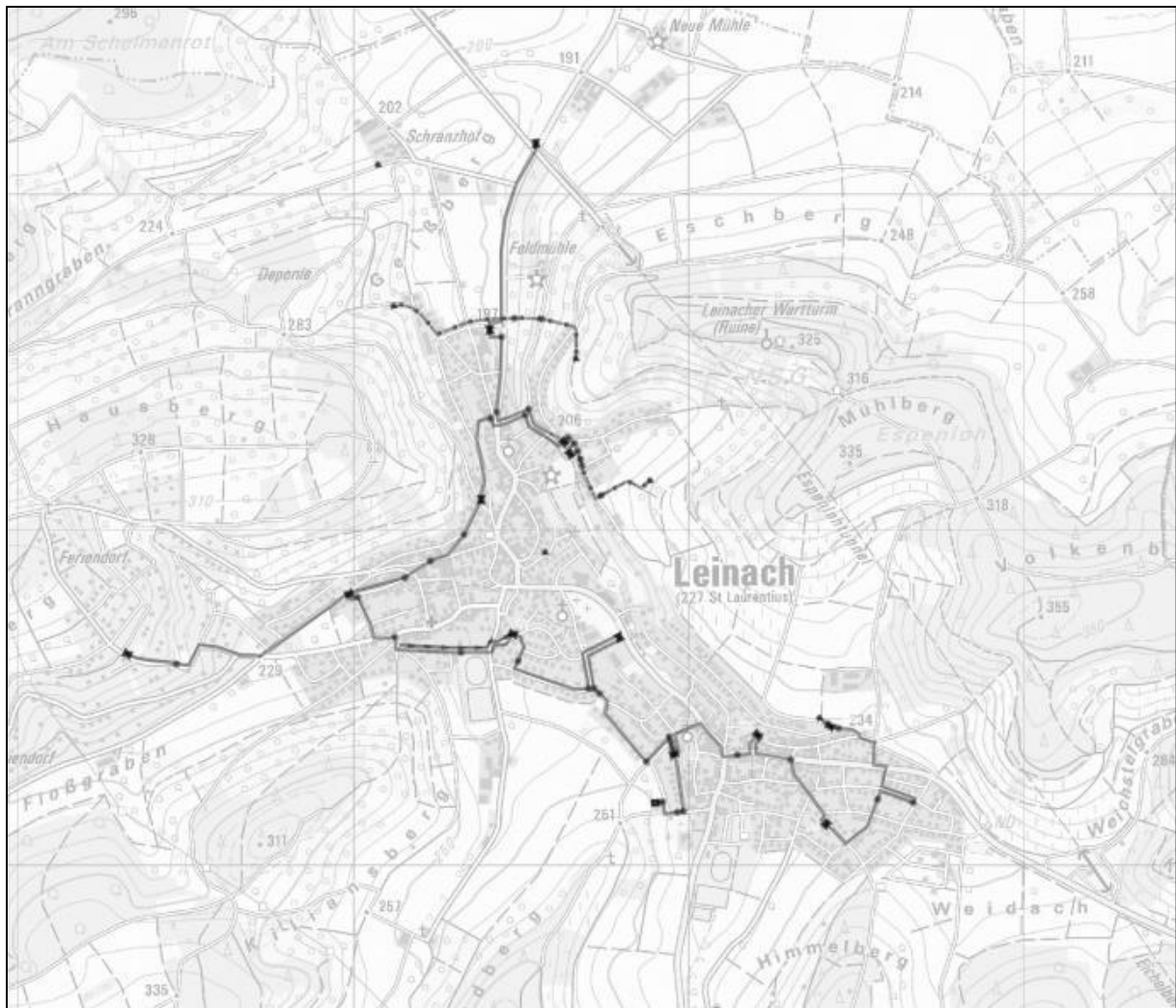


Abbildung 4: MS-Netz – Teilnetz 2

Engpassregionen 2045

In diesem Abschnitt werden die jeweiligen Bestandsnetze mit den prognostizierten und räumlich zugeordneten Lasten für das Jahr 2045 rechnerisch beaufschlagt, um damit potenzielle Engpässe auszuweisen. Hierzu werden unterschiedliche Last- und Erzeugungsfälle berechnet, die in Kapitel C näher beschrieben werden.

Netzengpässe- bzw. Engpassregionen

Netzengpässe stellen grundsätzlich Verletzungen von netztechnischen Grenzwerten dar. Diese zeigen sich als Über- oder Unterschreitungen von zulässigen Spannungsbändern sowie unzulässig hohe Betriebsmittelauslastungen. Sofern in einem definierten Netzgebiet mehrere Betriebsmittel von netztechnischen Grenzwertüberschreitungen betroffen sind, wird dieses Gebiet auch als Engpassregion bezeichnet.

Netzkarten Engpassregionen 2045

Die in den nachfolgenden Kartendarstellungen markierten Netzengpässe weisen mindestens eine, aber durchaus auch Kombinationen unterschiedlicher Grenzwertverletzungen aus.

Netzebene 3 – Engpassregionen HS-Netz

Mit den für das Jahr 2045 beaufschlagten Leistungswerten weist das gesamte HS-Netz der MFN durchgängig erhebliche Netzengpässe auf. Davon sind sowohl alle Leitungen als auch alle Netzknoten (Umspannwerke) betroffen.

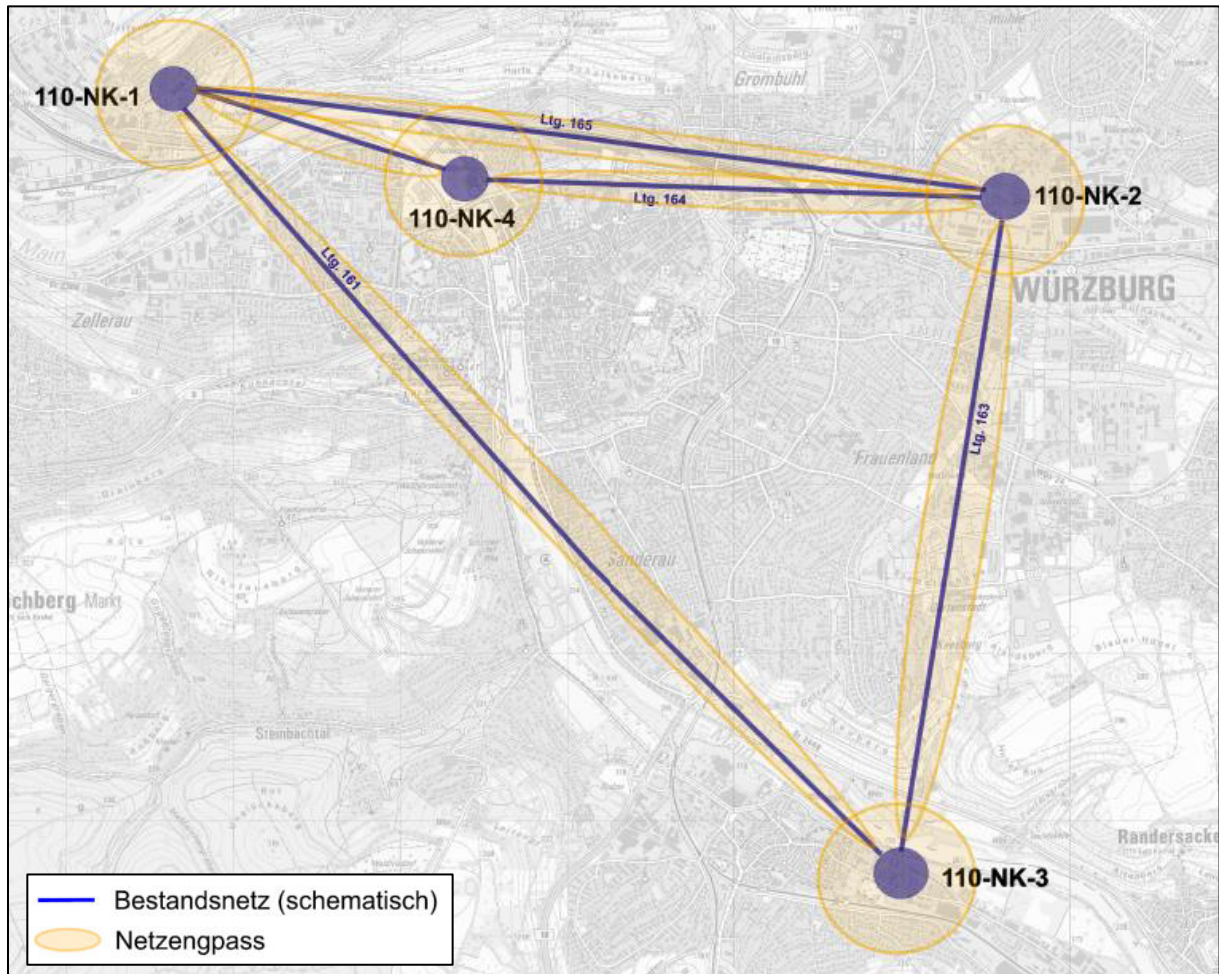


Abbildung 5: Engpassregionen HS-Netz

Netzebene 5 – Engpassregionen MS-Netz

Unter Berücksichtigung der Leistungswerte für das Jahr 2045 weisen auch die MS-Netze massive Netzengpässe auf. Im Teilnetz 1 zeigen sich die Engpässe im Stadtgebiet und in den Umlandgemeinden gleichermaßen. Die Netzauslastung im Innenstadtbereich stellt sich bei diesen Berechnungen etwas geringer dar. Dies liegt im Wesentlichen an den im Kapitel A.2 beschriebenen Einschränkungen für den Zubau von Erzeugungsanlagen bzw. den prognostizierten Stromwärmebedarfen. Dennoch befinden sich auch im Innenstadtbereich, insbesondere die berechneten Leitungsauslastungen, zu einem großen Teil bereits nahe den zulässigen Grenzwerten.

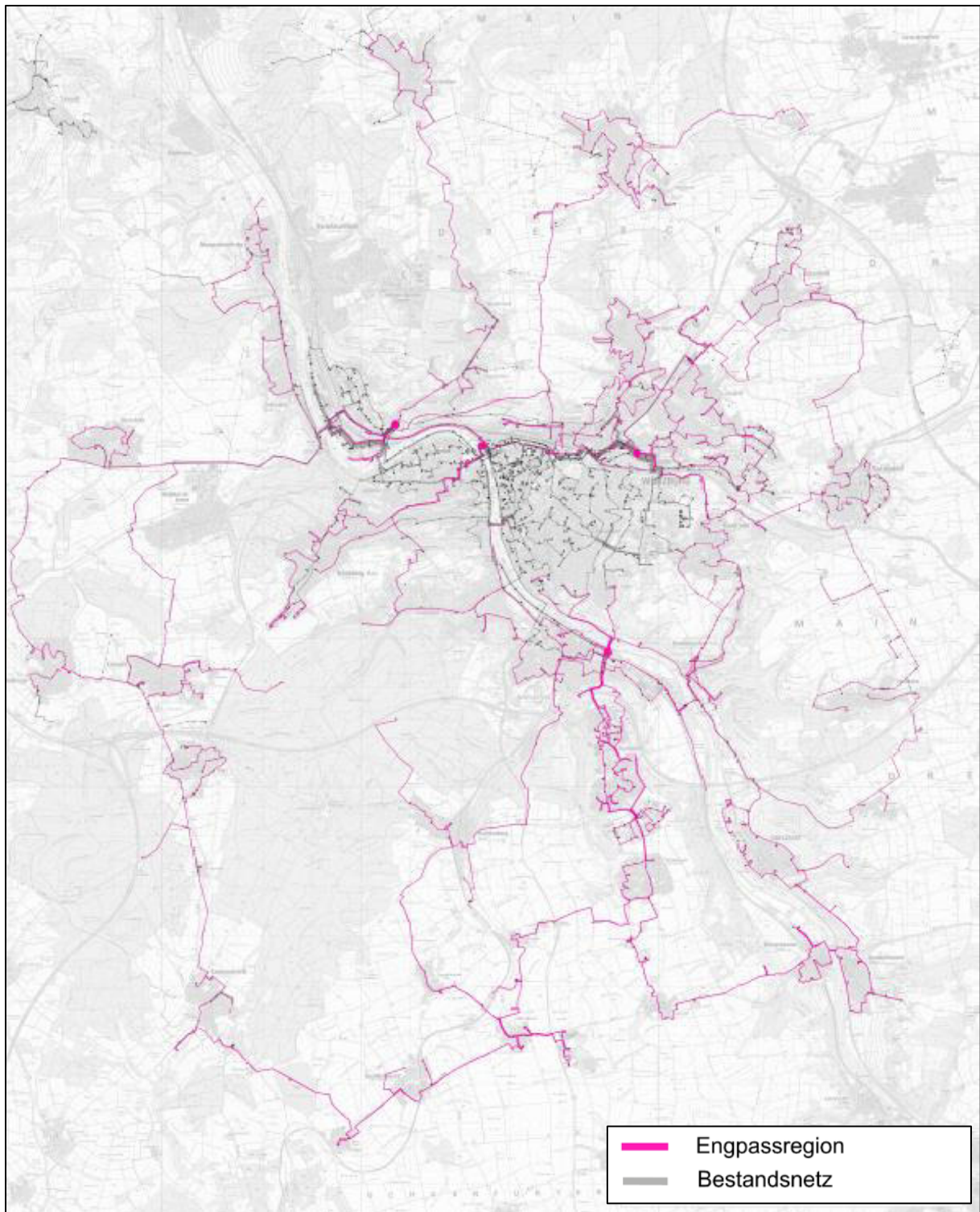


Abbildung 6: Engpassregionen MS-Netz - Teilnetz 1

Das Teilnetz 2 (Leinach) weist gegenüber vergleichbarer Randgemeinden eine geringere Anzahl von Netzengpässen auf, auch wenn diese gleichermaßen mit den prognostizierten Leistungswerten für das Jahr 2045 beaufschlagt wurden.

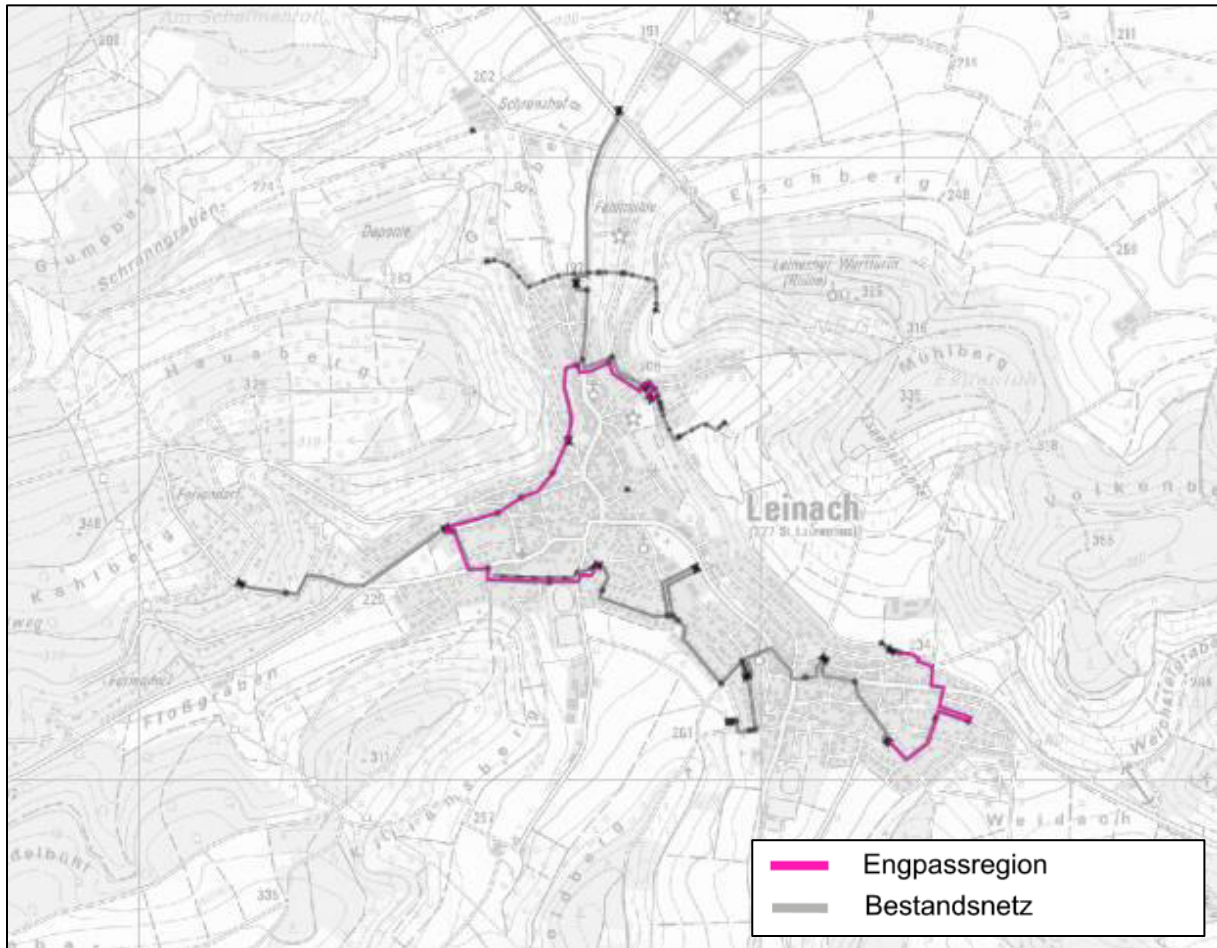


Abbildung 7: Engpassregionen MS-Netz - Teilnetz 2

Netzebene 6 – Engpassregionen Umspannung (MS/NS)

Neben dem MS-Netz wurden auch die ONS (Umspannung MS/NS) mit den Leistungswerten für 2045 beaufschlagt. Die Ortsnetzstationen müssen überwiegend die im NS-Netz prognostizierten Leistungen aus dem MS-Netz oder in das MS-Netz übertragen, abhängig davon, ob es sich um zusätzliche Lasten oder Erzeugungsleistungen handelt. Weil ein großer Anteil der Energiewende im NS-Netz stattfindet, weisen erwartungsgemäß auch die meisten ONS Überschreitungen ihrer zulässigen Übertragungsleistung auf.

In der Karte sind die betroffenen ONS mittels Dreiecke abgebildet. Dabei wurde zwischen last- und erzeugungsgetriebenen Überlastungen unterschieden. Deren Mengenverhältnisse weisen bereits darauf hin, dass im NS-Netz die lastbedingten Anforderungen etwas überwiegen. Insgesamt ist für das Teilnetz 1 eine relativ homogene Verteilung der engpassbedingten ONS erkennbar.

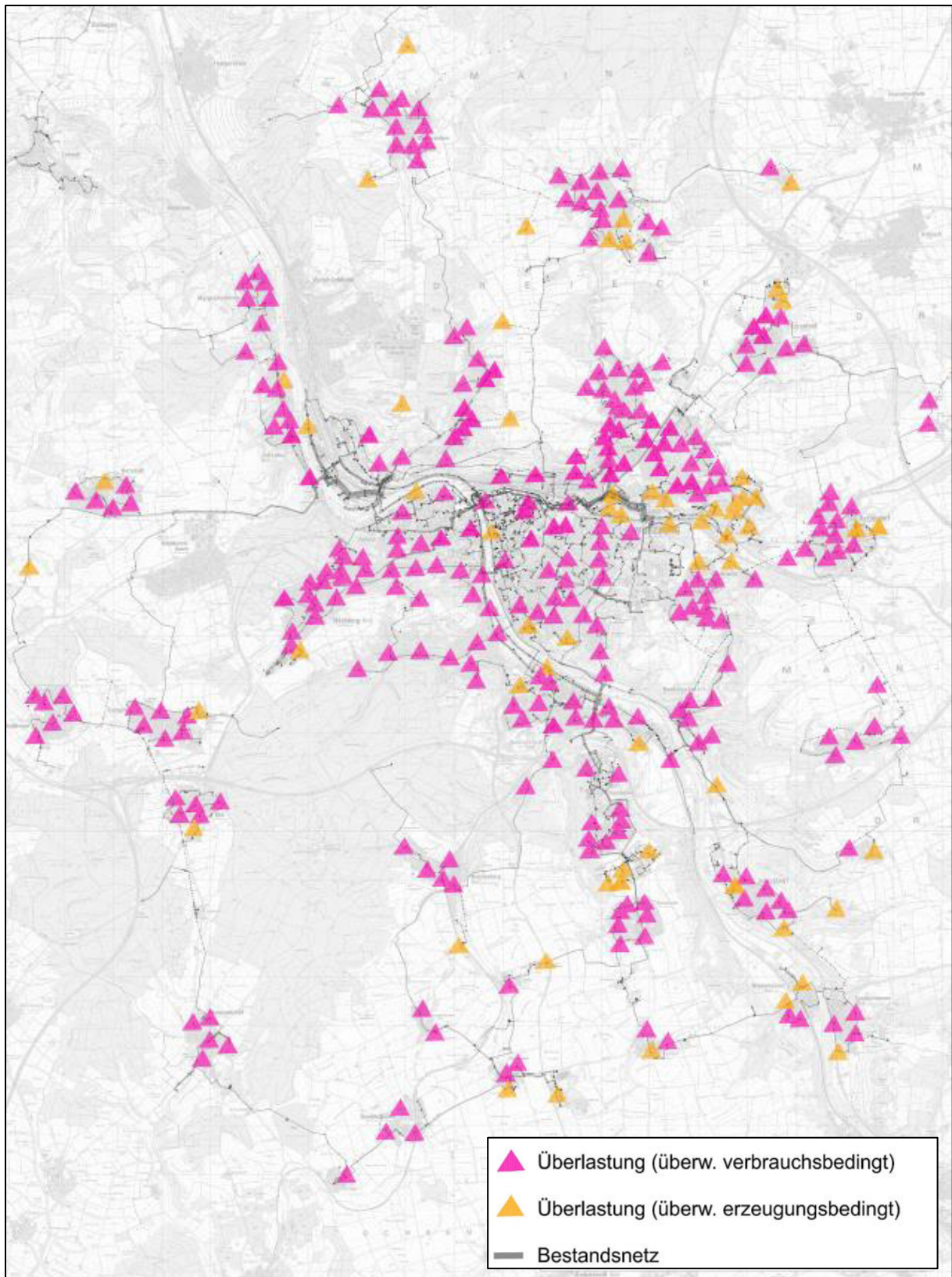


Abbildung 8: Engpassregionen Umspannung (MS/NS) – Teilnetz 1

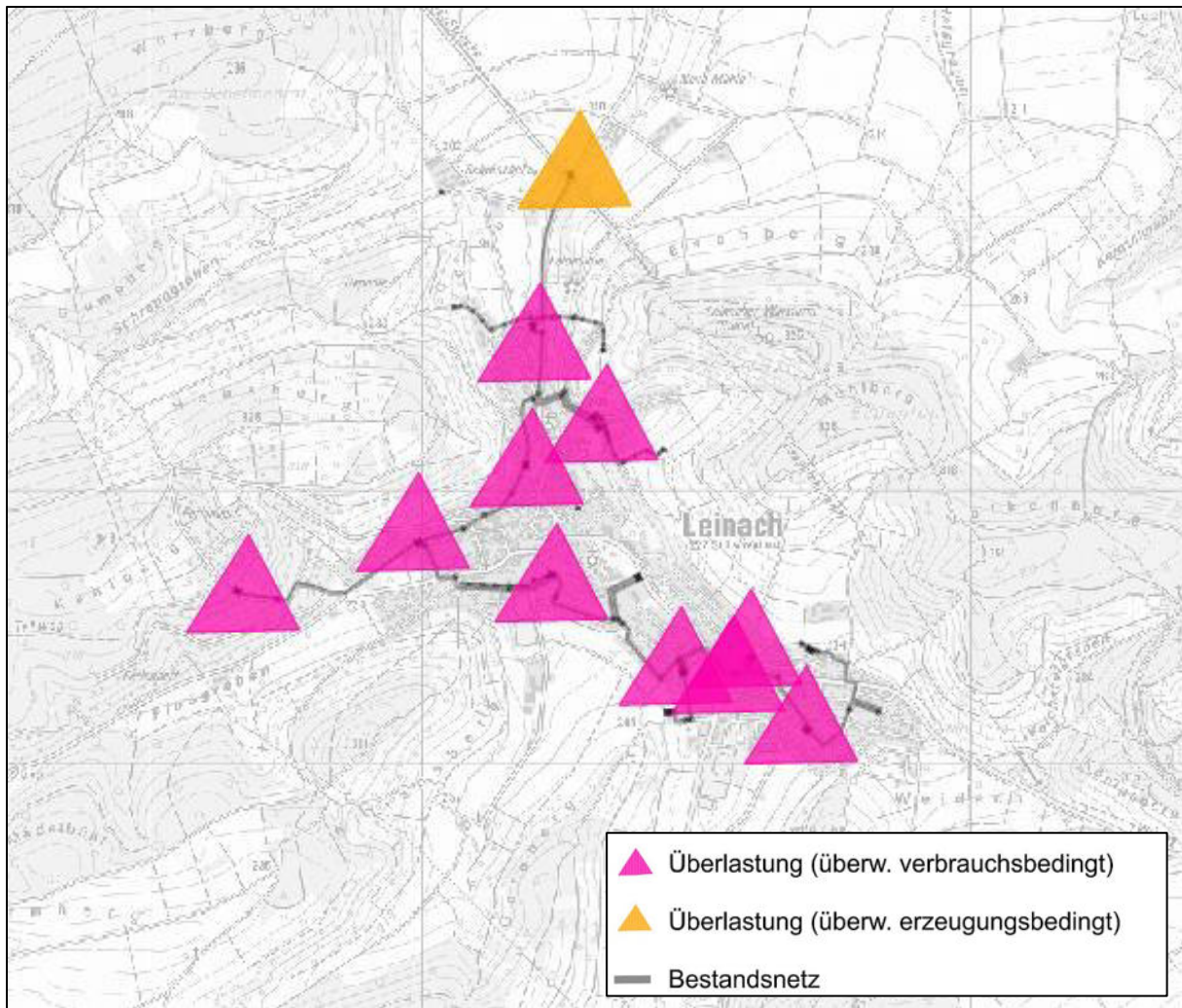


Abbildung 9: Engpassregionen Umspannung (MS/NS) – Teilnetz 2

Im Teilnetz 2 zeigen sich für die Umspannung (MS/NS) ebenfalls vor allem lastbedingte Engpässe. Dementsprechend ergeben sich keine unterschiedlichen Erkenntnisse gegenüber dem Teilnetz 1.

B Planungsgrundlagen

B.1 Umsetzung des Regionalszenarios 2023

Zur Abstimmung der Netzausbauplanung kommen die Stromverteilnetzbetreiber in sechs Planungsregionen zusammen und veröffentlichen für jede Planungsregion alle zwei Jahre ein Regionalszenario auf [VNBdigital](https://www.vnb-digital.de).

Die Prognosen zu Erzeugung und Verbrauch im Regionalszenario bilden die gemeinsame Grundlage für die Netzausbaupläne der einzelnen Netzbetreiber. Dieser Netzausbauplan basiert auf dem Regionalszenario der Planungsregion [Bayern](https://www.bayern.de) von Juni 2023.

Im Regionalszenario der Planungsregion Bayern sind die relevanten und zwischen den Netzbetreibern abgestimmten Planungsgrundlagen bzw. Planungsgrundsätze beschrieben. Dementsprechend werden diese im vorliegenden NAP nicht nochmals aufgeführt. Es wird nur auf

die MFN-spezifische Überführung der im Regionalszenario ermittelten Prognosen eingegangen. Für das Netzgebiet der MFN lagen zum Beginn der Berechnungen für den NAP keine wesentlichen, neuen Erkenntnisse für zukünftige Verbrauchs- und Erzeugungsentwicklungen vor, die eine nachträgliche Anpassung der Prognosen aus dem Regionalszenario erfordert hätten. Nachdem bereits sämtliche Prognosewerte für die Verbrauchs- und Erzeugungsentwicklungen im Regionalszenario in Form von Leistungswerten für die jeweiligen Netzgebiete vorlagen, konnten diese zur weiteren Verwendung im Rahmen des NAP direkt weiterentwickelt werden. Dafür mussten die Verbrauchs- und Erzeugungsleistungen innerhalb der jeweiligen Teilnetzgebiete konkret räumlich verortet und den jeweiligen Netzebenen zugeordnet werden. In Bezug auf die räumliche Verteilung dieser Lasten konnte die MFN auf weitere, eigene Studien für

- PV-Dachanlagen (Zubaupotenziale)
- Wärmepumpen (als Ersatz fossiler Brennstoffe)
- Ladepunkte (Strukturen privater, halböffentlicher und öffentlicher Ladeeinrichtungen)

zurückgreifen. Mit diesen Studienergebnissen war es möglich, einen konkreten Bottom-Up-Ansatz, ausgehend von den Versorgungsbereichen der ONS, zu gestalten. Dieser wurde jedoch immer an den Referenzwerten und Zielgrößen der Prognosewerte aus dem Regionalszenario ausgerichtet.

PV-Dachanlagen, Wärmepumpen, Ladeeinrichtungen für E-Fahrzeuge

Zunächst wurden die im Regionalszenario ermittelten Leistungswerte mit entsprechenden, spezifischen Gleichzeitigkeitsfaktoren in netzwirksame Leistungen umgewandelt. Dafür dienten sowohl netzspezifisch ermittelte Faktoren (installierte Leistungen von z. B. PV-Dachanlagen) als auch die Ergebnisse der o. g. Studien.

Die damit ermittelten, netzwirksamen Leistungen wurden anschließend in Kombination mit den Studienergebnissen den jeweiligen Netzebenen zugeordnet. Hierbei zeigte sich bereits eine sehr gute Überdeckung der berechneten, netzwirksamen Leistungen aus dem Regionalszenario und den jeweils favorisierten Ausbauszenarien der MFN-eigenen Studien.

Dementsprechend konnte der gewählte Bottom-Up-Ansatz umgesetzt und eine räumliche Zuordnung der jeweiligen Leistungswerte auf die Versorgungsbereiche der ONS erfolgen. Dieser Ansatz wurde sowohl für die Prognosen von PV-Dachanlagen als auch für private, halböffentliche und öffentliche Ladeeinrichtungen sowie Wärmepumpen für die jeweiligen Stützjahre sachgerecht fortgeschrieben.

PV-Freiflächen- und Windenergieanlagen

Auf Grundlage bekannter Vorranggebiete sowie Quellen zu möglichen Primärenergieangeboten (z. B. Windatlas) konnte eine räumliche Clusterung der Leistungsprognosen aus dem RZ für die größeren Erzeugungsanlagen (PV-Freiflächen- und WEA) vorgenommen werden. Mit dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungen zu immer größeren PV-Freiflächen- und WEA, in Verbindung mit den noch laufenden Bestrebungen der Kommunen entsprechende Vorranggebiete auszuprägen, sind derzeit enorme planerische Unsicherheiten vorhanden. Somit ist es aktuell praktisch unmöglich, konkrete Anlagengrößen planerisch zu verorten. Um die notwendigen Netzstrukturen für das MS- und HS-Netz planen zu können, wurde ein suchraumbezogener, integraler Planungsansatz für die gebildeten Einspeise-Cluster gewählt und damit ein Großteil dieser Anlagen direkt den Umspannwerken zugeordnet. Dieser Ansatz wird im Kapitel C näher erläutert.

In der Einleitung wurde darauf hingewiesen, dass im nördlichen Bereich des Netzgebiets der MFN auch HS-Freileitungen des VVNB verlaufen. Unter der Maßgabe einer gesamtwirtschaftlich günstigsten Netzanbindung von Erzeugungsanlagen wurde deshalb im Rahmen dieser

Netzausbauplanung mit der Bayernwerk Netz GmbH folgende Festlegung abgestimmt: Der im Regionalszenario für das nördliche Netzgebiet der MFN vorgesehene Anteil an PV-Freiflächen- und WEA wird für diesen NAP direkt im HS-Netz der Bayernwerk Netz GmbH berücksichtigt und nicht über das HS-Netz der MFN geführt.

Große Ladeeinrichtungen und sonstige große Verbraucher

Für die Prognosen von

- Schnellladeeinrichtungen (DC)
- Ladeeinrichtungen für Busse und Schwerlastverkehr
- Sonstige größere Verbraucher

lagen ebenfalls bereits belastbare Informationen aus Studien oder konkrete Anfragen vor. Hierzu gehören beispielsweise die Entwicklungen des Stadtteils Hubland, die Erweiterung von Kliniken sowie Universitäten. Auch konkrete Anfragen von Industriegebieten wurden im Rahmen dieser Planung berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der Planungen der Nationalen Leitstelle für Landeinfrastruktur erfolgte, ähnlich den großen Erzeugungsanlagen, eine suchraumbezogene Verteilung der ermittelten, netzwirksamen Leistung auf die MS- und HS-Ebene.

Entsprechend dem RZ wurde für die Bestandslasten (allgemeiner Verbrauch) von einem stagnierenden Leistungsbedarf ausgegangen.

Nach den aktuell vorliegenden Informationen werden die resultierenden, netzwirksamen Einspeiseleistungen der Kraftwerke (HKW und MHKW) für die weiteren Stützjahre als konstant betrachtet. Dabei wird insbesondere für das HKW der Einsatz und damit auch die Verfügbarkeit von Wasserstoff in den dreißiger Jahren vorausgesetzt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Erzeugungs- und Verbrauchslasten der zu betrachtenden Stützjahre, die sich aus der oben beschriebenen Überführung der Regionalszenario-Prognosen ergeben. Zur besseren Lesbarkeit wird, anstelle der im Regionalszenario verwendeten Einheit Gigawatt [GW], in diesem Bericht durchgängig die Einheit Megawatt [MW], dargestellt.

Netzwirksame Leistung in MW (zeitungleich)		2023	2028	2033	2037	2045
Erzeugung	PV-Freifläche	18	57	122	186	345
	WEA	14	32	49	63	90
	PV-Dachfläche	64	94	157	224	432
	Sonstige Erzeugung	10	10	9	9	7
	konventionelle Kraftwerke (HKW, MHKW)	152	152	152	152	152
	Σ Erzeugung	258	345	489	634	1026
Verbrauch	Wärmepumpen	17	44	79	114	199
	Ladepunkte	12	56	89	135	223
	Industrie/Großverbraucher	14	22	50	69	70
	Bestandslast	136	136	136	136	136
	Σ Verbrauch	179	258	354	454	628

Tabelle 1: Entwicklung netzwirksamer Verbrauchs- und Erzeugungsleistung – Teilnetz 1

Nach Tabelle 1 wird der Zubau von Erzeugungsanlagen um ca. 400 % und der von Verbrauchern etwa um 350 % ggü. dem Bestand zum 31.12.2023 ansteigen.

Bei dieser Darstellung handelt es sich noch um eine zeitungleiche Summierung der Leistungen und damit noch nicht um die auslegungsrelevanten Prognosen für die Netzberechnungen.

Dennoch lässt sich erkennen, dass insbesondere der Anstieg der netzwirksamen Erzeugungsleistung für erneuerbare Energie die Versorgungsaufgabe der MFN perspektivisch nachhaltig verändern wird.

Netzwirksame Leistung in MW (zeitungleich)		2023	2028	2033	2037	2045
Erzeugung	PV-Freifläche	0	0	0	0	0
	WEA	0	0	0	0	0
	PV-Dachfläche	2	3	5	7	14
	Sonstige Erzeugung	0	0	0	0	0
	konventionelle Kraftwerke (HKW, MHKW)	0	0	0	0	0
	Σ Erzeugung	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>7</u>	<u>14</u>
Verbrauch	Wärmepumpen	1	2	3	5	8
	Ladepunkte	0	0	1	1	2
	Industrie/Großverbraucher	0	0	0	0	0
	Bestandslast	2	2	2	2	2
	Σ Verbrauch	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>12</u>

Tabelle 2: Entwicklung netzwirksamer Verbrauchs- und Erzeugungsleistung - Teilnetz 2

Die Tabelle 2 zeigt den Zubau an Erzeugungsanlagen und Verbrauchern für das Teilnetz 2. Danach steigert sich der Zubau von Erzeugungsanlagen um ca. 700 % und der von Verbrauchern um etwa 400 %. Auch bei dieser Darstellung handelt es sich noch um eine zeitungleiche Summierung der Leistungen und damit noch nicht um die auslegungsrelevanten Prognosen für die Netzberechnungen.

C Netzausbauplanung

Die Netzausbauplanungen wurden je Netzebene in einem „Look-Back-Verfahren“ durchgeführt. So wurde z. B. für das HS-Netz von den Leistungsanforderungen des Jahres 2045 in das jeweilige Berechnungsjahr zurückgeblickt. Damit konnte planerisch sichergestellt werden, dass bei den jeweiligen Verstärkungs- oder Optimierungsmaßnahmen die künftigen Anforderungen bereits in Form von angepassten Dimensionierungen oder mittels vorverlegter Leitungen bzw. Leerrohrsystemen, soweit möglich und technisch sachgerecht, berücksichtigt wurden.

Dies führte in der Konsequenz auch dazu, dass in den Anfangsjahren des NAP, insbesondere bis 2028, scheinbar überproportional viele Netzoptimierungs- und Verstärkungsmaßnahmen geplant wurden.

Für die Netzausbauplanung wurden auf Basis der aus dem RZ überführten, netzwirksamen Erzeugungs- und Verbrauchsleistungen für jede Netzebene Last- und Erzeugungsfälle ausgeprägt, die als Grundlage für die weiteren Netzberechnungen herangezogen wurden. Die jeweiligen Ergebnisse sind in den nachfolgenden Darstellungen der jeweiligen Spannungsebenen beschrieben.

Entsprechend dem RZ kommt für die Netzentwicklung grundsätzlich das NOVA-Prinzip (Netz-Optimierung vor Netz-Verstärkung vor Netz-Ausbau) zur Anwendung.

Aufgrund des in den Prognosen enthaltenen massiven Zubaus größerer Erzeugungsanlagen (PV-Freiflächen- und WEA) kam für das MS- und HS-Netz das Planungsinstrument Spitzenkappung zum Einsatz. Weitere Hinweise dazu sind in Kapitel E erläutert.

Für die Kalkulation aller Maßnahmen am NAP wurde das aktuelle Kostenniveau zugrunde gelegt. Bei den Kosten handelt es sich zum Teil um individuelle Kalkulationen oder spezifische Kostensätze pro Einheit. Eine preisindizierte Hochrechnung der Kosten mittels Teuerungsraten erfolgte dabei nicht.

C.1 Hochspannung

Die Planungsergebnisse im Kapitel Hochspannung beinhalten das HS-Netz inkl. der Umspannwerke (HS/MS).

Die Netzausbauplanung für das HS-Netz erfolgte durchgängig für den (n-1)-Fall. Eine Ausnahme bildeten Netztransformatoren, die ausschließlich für die Aufnahme von größeren PV-Freiflächen- und WEA vorgesehen sind.

Für die Netzausbauplanung wurden entsprechende Lastfälle ausgeprägt, die die jeweiligen auslegungsrelevanten Lastsituationen im HS-Netz beinhalten.

- *Starklastfall*
Für diesen Lastfall wurden die prognostizierten, zeitgleichen Verbrauchslasten (inkl. deren Gleichzeitigkeit) ohne relevante Erzeugungsleistung berechnet.
- *Schwachlastfall*
Für diesen Lastfall wurden die prognostizierten, zeitgleich netzwirksamen Erzeugungsleistungen (inkl. deren Gleichzeitigkeit und Spitzenkappung) und die niedrigste, netzspezifisch zeitgleiche Verbrauchslast berücksichtigt.

Die nachfolgenden Grafiken stellen die Entwicklung der jeweiligen Lastfälle dar.

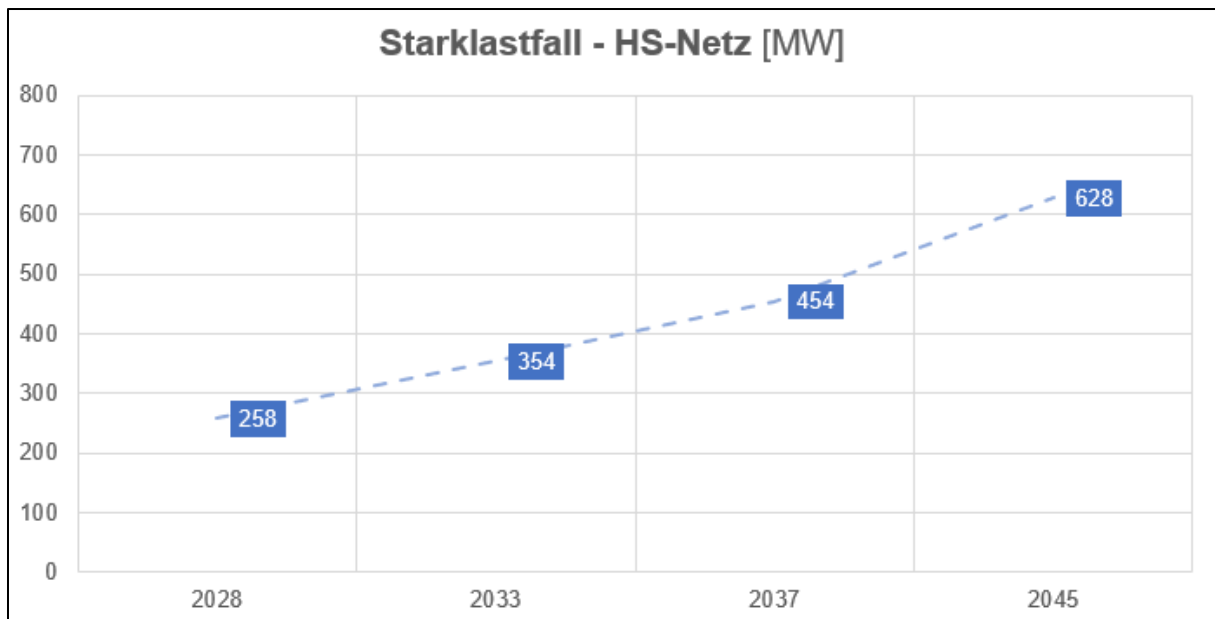


Abbildung 10: Entwicklung Starklastfall - HS-Netz

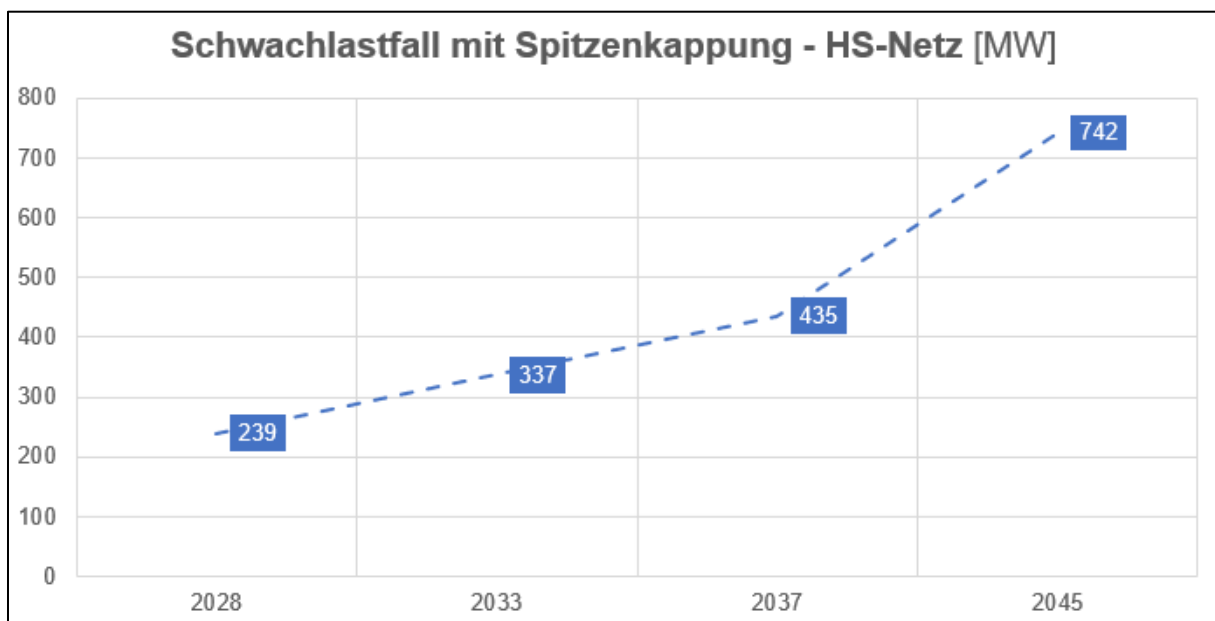


Abbildung 11: Entwicklung Schwachlastfall - HS-Netz

Die Entwicklungen der auslegungsrelevanten Lastfälle zeigen, dass sich der Netzausbaubedarf bis zum Jahr 2037 zunächst noch eher verbrauchsgetrieben entwickelt, bis 2045 aber der Zubau von Erzeugungsanlagen die auslegungsrelevante Größe darstellen wird.

Netzausbau bis 2033

Nachfolgend sind die Netzausbaupläne für das HS-Netz bis 2033 dargestellt. Die nachfolgenden Pläne dienen ausschließlich zu Orientierung, dementsprechend handelt es sich nicht um koordinatenscharfe Darstellungen.

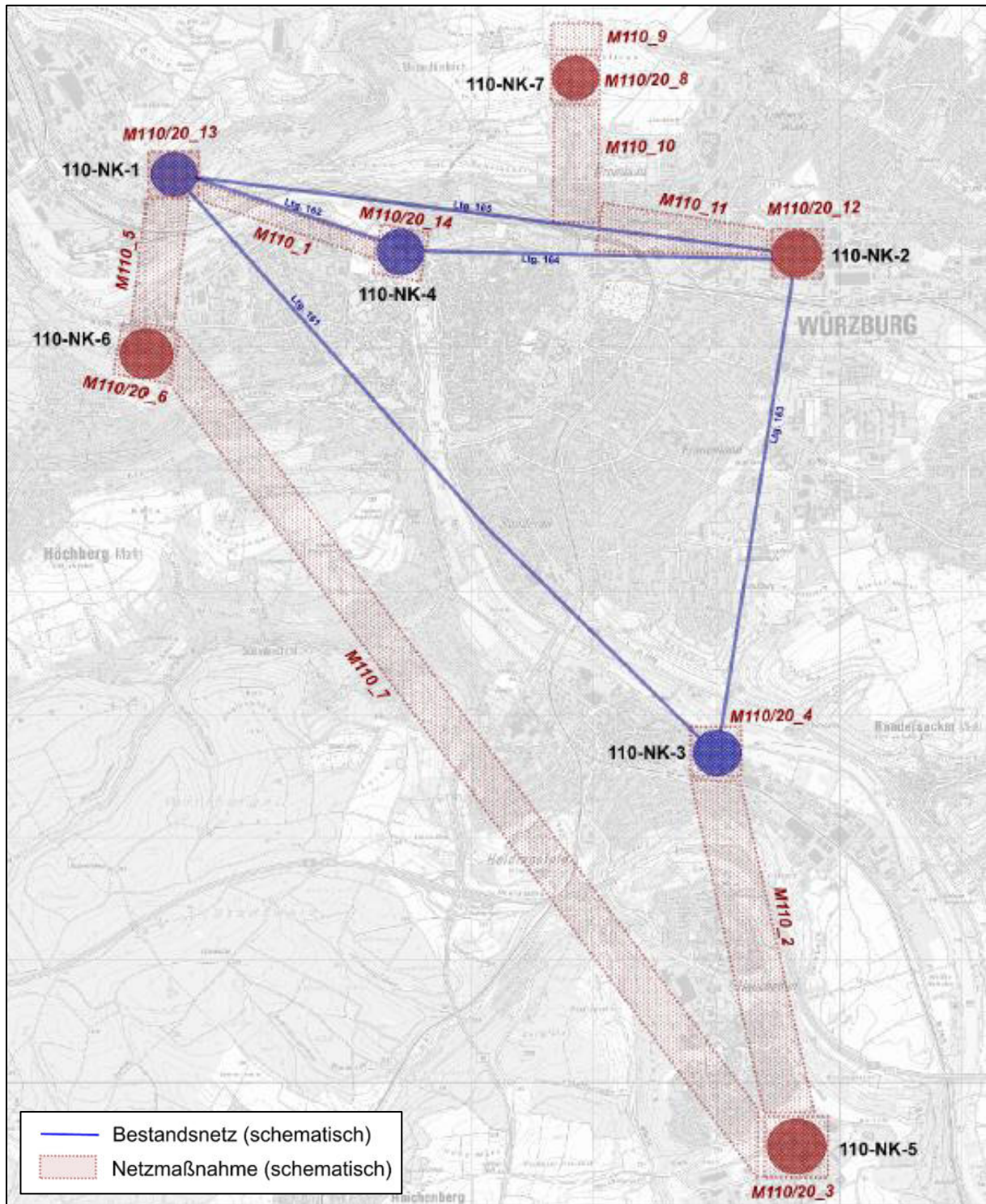


Abbildung 12: Netzausbau HS-Netz bis 2033

Entsprechend den Netzberechnungen für die jeweiligen Lastfälle, muss insbesondere für den Schwachlastfall die vorhandene Netzstruktur angepasst werden, um die möglichen, effizienten Optimierungspotentiale und eine funktionale (n-1)-Sicherheit realisieren zu können. Reine Verstärkungsmaßnahmen hätten zu keinem zielführenden Ergebnis geführt. Insoweit liegt dieser Netzausbauplanung eine Kombination aus Spitzenkappung, einer optimierten Netzstruktur und einer bedarfsgerechten (n-1)-Funktionalität zugrunde.

Neben den notwendigen Leitungsverstärkungsmaßnahmen wurden insbesondere drei neue UW (110-NK-5, 110-NK-6, 110-NK-7) geplant, um die künftigen, verbrauchs- und erzeugungsbedingten Leistungsanforderungen aufnehmen zu können. Zur Integration dieser UWs in das bestehende HS-Netz sind dafür fünf neue HS-Kabeltrassen erforderlich, die nahezu das gesamte Stadtgebiet betreffen und insgesamt sechs Mairdöcker erfordern. Vor dem Hintergrund der durchgängig funktionalen (n-1)-Sicherheit wird im Bereich des 110-NK-7 auch eine weitere Anbindung an das vorgelagerte HS-Netz der Bayernwerk Netz GmbH notwendig. Um diese in die Gesamtfunktion optimal einzubinden, wurden auch für alle bestehenden UW im Schaltanlagenbereich Optimierungs- und Erweiterungsmaßnahmen geplant. Abhängig von den jeweiligen Genehmigungsverfahren wird für die 110-NK-5 und 7 eine möglichst frühzeitige Projektumsetzung angestrebt. Die jahresscharfe Zuordnung der einzelnen Maßnahmen kann der Maßnahmentabelle (Anlage 2) entnommen werden.

Netzausbau von 2034 bis 2045

Die Netzberechnungen zum NAP zeigten, dass perspektivisch bis 2045 noch mindestens ein weiteres UW sowie Verstärkungen und Erweiterungen weiterer HS-Leitungen notwendig werden. Zur Sicherstellung der funktionalen (n-1)-Sicherheit wird in diesem Zeitraum voraussichtlich auch eine weitere Anbindung an das vorgelagerte HS-Netz der Bayernwerk Netz GmbH benötigt. Insoweit werden sich mit diesen perspektivischen Planungen im Rahmen der künftigen Aktualisierungen des NAP weitere, primäre Anforderungen für das vorgelagerte HS-Netz ergeben.

Aggregierte Maßnahmenplanung bis 2045

In der folgenden Tabelle werden Netzausbau- und Verstärkungsmaßnahmen, die im Rahmen des NAP entwickelt wurden, in aggregierter Form mit den zugehörigen Kosten dargestellt. Reine nutzungsdauerbedingte Erneuerungsmaßnahmen sind in dieser Aufstellung nicht enthalten.

Zeitraum	Maßnahme	Geschätzte Menge	Schätzkosten [€]
2023 – 2028 (t+5)	Leitungen [km]	15	28.416.730 €
	Anlagen [Stück]	3	18.750.000 €
2029 – 2033 (t+6 bis t+10)	Leitungen [km]	23	32.224.892 €
	Anlagen [Stück]	2	35.680.000 €
2034 – 2045 (t+11 bis Zielnetzjahr)	Leitungen [km]	24	40.796.766 €
	Anlagen [Stück]	1	35.020.000 €

Tabelle 3: Aggregierte Maßnahmenliste HS-Netz bis 2045

Ergänzt wird diese Tabelle noch um die Anlage 2, in der die jährlichen Einzelmaßnahmen bis 2033 abgebildet sind.

C.2 Mittelspannung

Die Planungsergebnisse im Teil „Mittelspannung“ beinhalten das MS-Netz inkl. der Ortsnetzstationen (MS/NS).

Für die künftigen MS-Netzstrukturen haben u.a. die größeren Verbrauchs- und Erzeugungsanlagen, insbesondere deren räumliche Verteilung, einen maßgeblichen Einfluss. Letztendlich werden diese räumlichen Einflüsse jedoch stark durch das Verhalten der Netzteilnehmer bestimmt und können trotz aller Sorgfalt bei der Erstellung der Planungsgrundlagen (Teil B) nur bedingt berücksichtigt werden. Um eine gewisse Robustheit der Planungsergebnisse dieses NAP sicherzustellen, wurde ein suchraumbezogener Planungsansatz verfolgt, der über starke Transportleitungen aus den Umspannwerken in Kombination mit zentralen MS-Schalthäusern (Netzknoten) in einem gewissen Maß auch die örtliche Verschiebung von Verbrauchs- bzw. Erzeugerstrukturen zulässt. Dazu wurden entsprechende Lastfälle ausgeprägt, die alle denkbaren Netzzustände und die Anforderungen der technischen Richtlinien abdecken. Insbesondere für die Integrationsanalysen der Erzeugungsanlagen wurde ein Lastfall definiert, der sich an den Vorgaben der VDE-AR-N 4110 „Technische Anschlussregel Mittelspannung“ orientiert. Die folgenden Lastfälle wurden für die Netzberechnungen des MS-Netzes berücksichtigt.

- *Starklastfall*
Für diesen Lastfall wurden die prognostizierten, zeitgleichen Verbrauchslasten (inkl. deren Gleichzeitigkeit) ohne relevante Erzeugungsleistung berechnet.
- *Erzeugungsfall*
Für diesen Lastfall wurden die prognostizierten, zeitgleich netzwirksamen Erzeugungsleistungen (inkl. deren Gleichzeitigkeit und Spitzenkappung) nahezu ohne Verbrauchslast berücksichtigt.

Für das Starklastszenario wurde das (n-1)-Kriterium praktisch durchgängig angewendet. Bei den Erzeugungsszenarien erfolgte die Einbindung der Erzeugungsanlagen, entsprechend der VDE-TAR 4110 nicht (n-1)-sicher.

Die darauf basierenden Berechnungsergebnisse zeigten, dass im MS-Netz strukturelle Netzoptimierungen und Leitungsverstärkungen in Verbindung mit der Spitzenkappung nicht ausreichen, um perspektivisch insbesondere die Spannungshaltung an den Netzausläufern mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand zu beherrschen. Deshalb wurde, entsprechend dem NOVA-Prinzip, für die Netzausbauplanung in den betroffenen Netzbereichen der maximal mögliche, spannungssenkende Blindleistungsbeitrag für die Erzeugungsanlagen und eine dynamische Spannungsregelung der Netztransformatoren in UWs berücksichtigt.

Die nachfolgenden Grafiken stellen die Entwicklung der jeweiligen Lastfälle für die beiden Teilnetzgebiete dar.

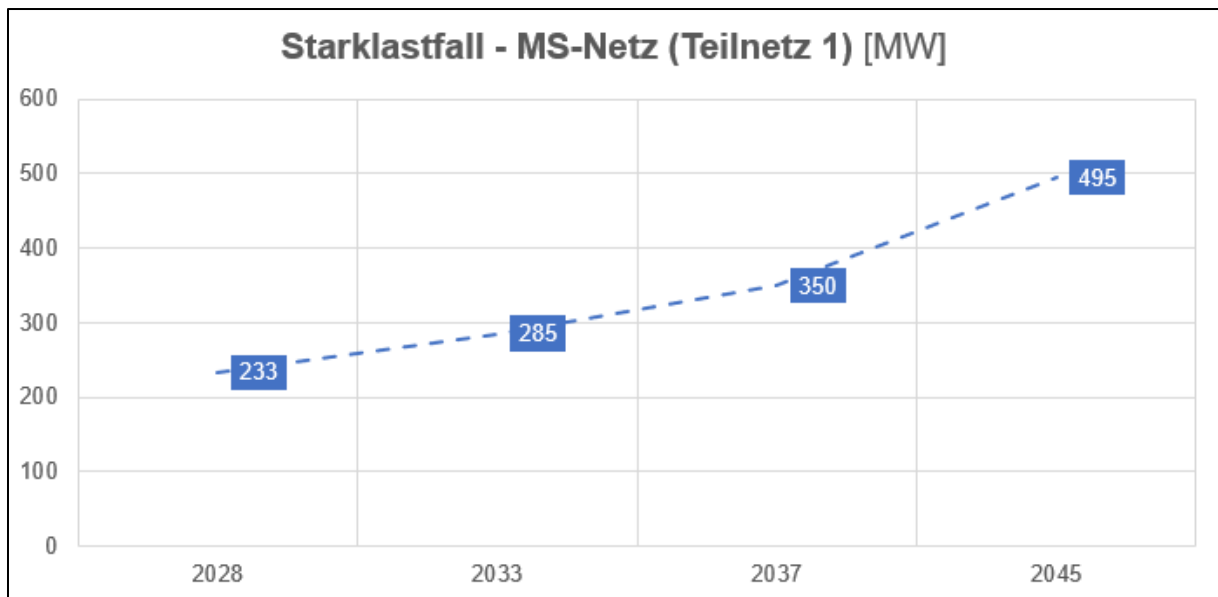


Abbildung 13: Entwicklung Starklastfall - MS-Netz - Teilnetz 1

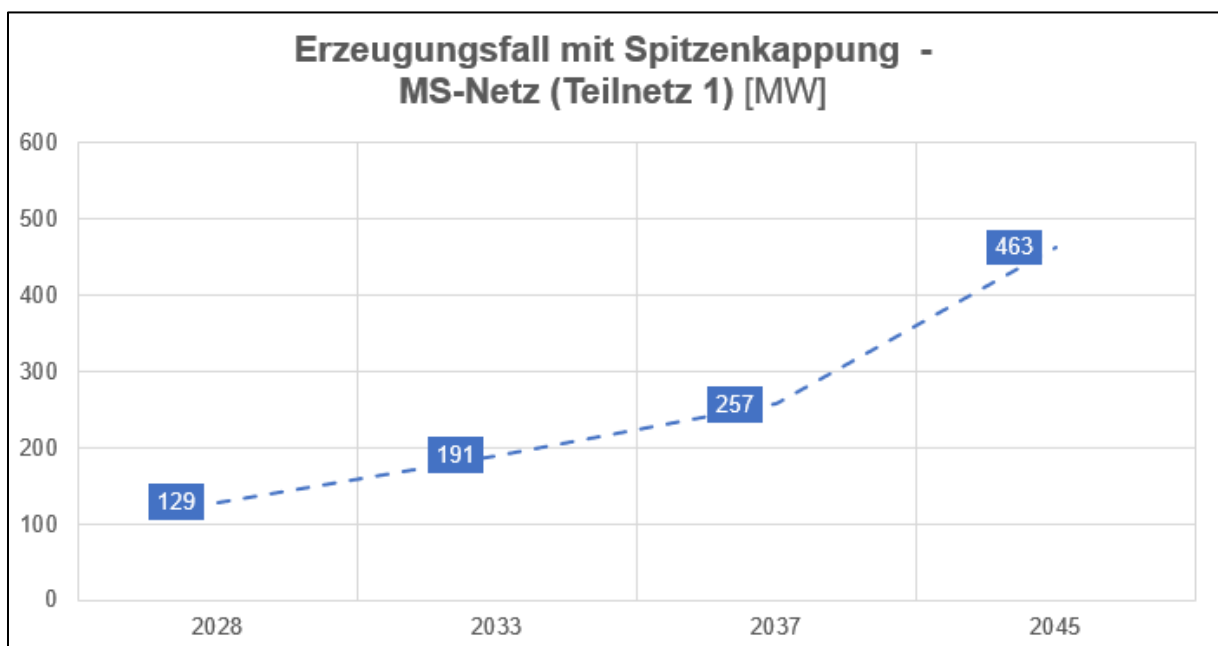


Abbildung 14: Entwicklung Erzeugungsfall - MS-Netz - Teilnetz 1

Für die auslegungsrelevanten Lastfälle zeigen die Entwicklungen der absoluten Leistungswerte insbesondere für das Teilnetz 1, dass der Netzausbau für das MS-Netz insgesamt vom Starklastfall (verbrauchsgesteuert) geprägt wird. Bezogen auf das Niveau von 2023 steigen die Bedarfe um ca. 300 %. Damit verändert sich die Versorgungsaufgabe insbesondere durch die deutliche Zunahme der Verbraucherbedarfe für Ladeeinrichtungen und Wärmepumpen. Nachdem aber die absoluten Prognosewerte für den Erzeugungsfall nur wenig unterhalb der Leistungswerte für den Starklastfall liegen, macht dies deutlich, dass die Versorgungsaufgabe auch sehr stark durch den Zubau von Erzeugungsanlagen geprägt wird.

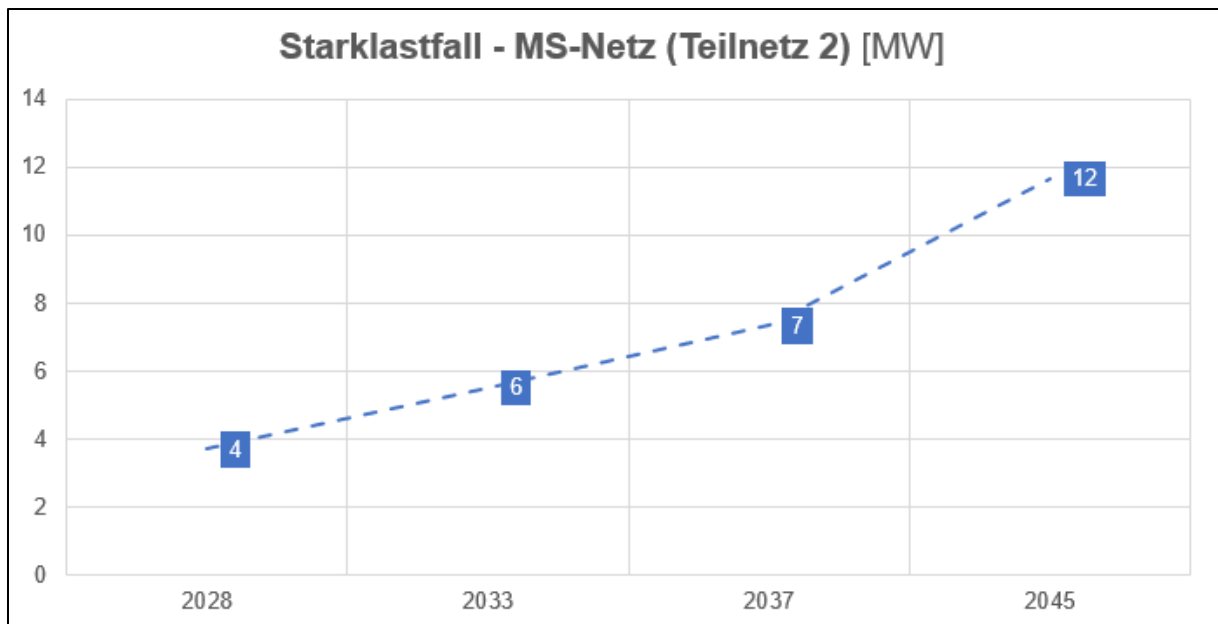


Abbildung 15: Entwicklung Starklastfall - MS-Netz - Teilnetz 2

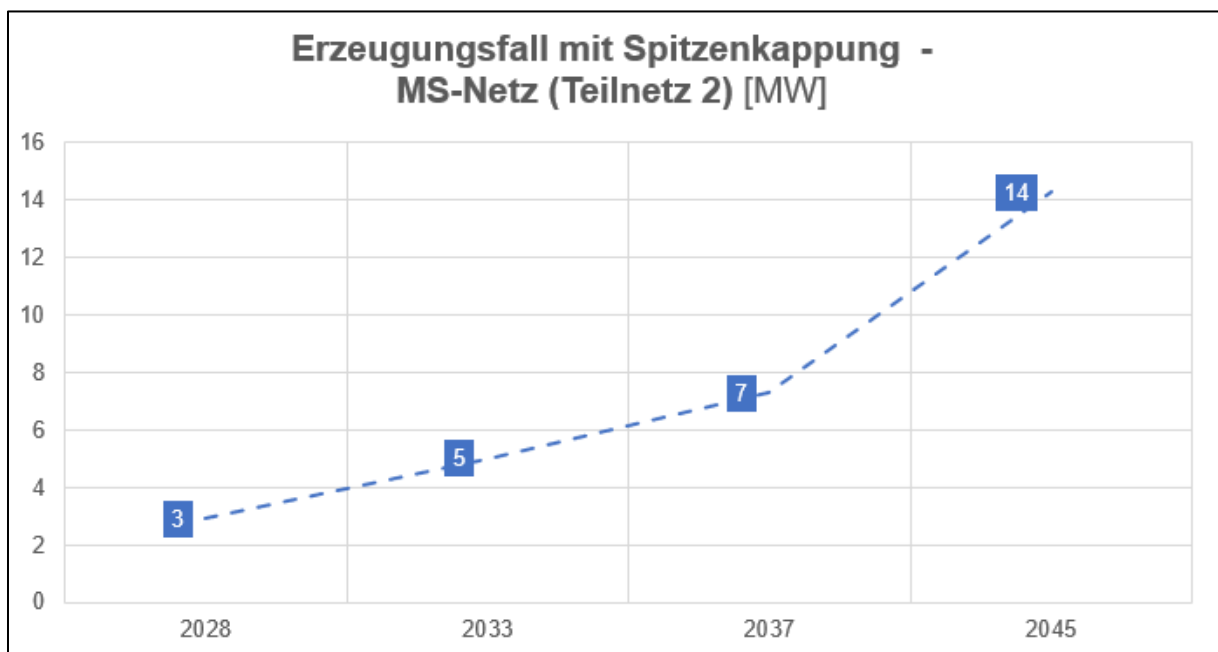


Abbildung 16: Entwicklung Erzeugungsfall - MS-Netz - Teilnetz 2

Die Entwicklungen der auslegungsrelevanten Lastfälle, bezogen auf das Niveau von 2023, zeigen auch für das Teilnetz 2, dass die Zuwächse für den Starklastfall (ca. 600 %) und den Erzeugungsfall (ca. 700 %) im Verhältnis sogar höher sind als im Teilnetz 1. Die Veränderungen der Versorgungsaufgabe werden im Wesentlichen gleichermaßen durch die deutliche Zunahme der Verbraucherbedarfe für Ladeeinrichtungen und Wärmepumpen als auch den Zubau von PV-Dachanlagen bestimmt.

Aufgrund der besseren Übersichtlichkeit wird der erforderliche Netzausbau für die Zeiträume bis 2028 und 2029 bis 2033 getrennt dargestellt. Die nachfolgenden Pläne dienen ausschließlich zu Orientierung, dementsprechend handelt es sich nicht um koordinatenscharfe Darstellungen.

Netzausbau bis 2028

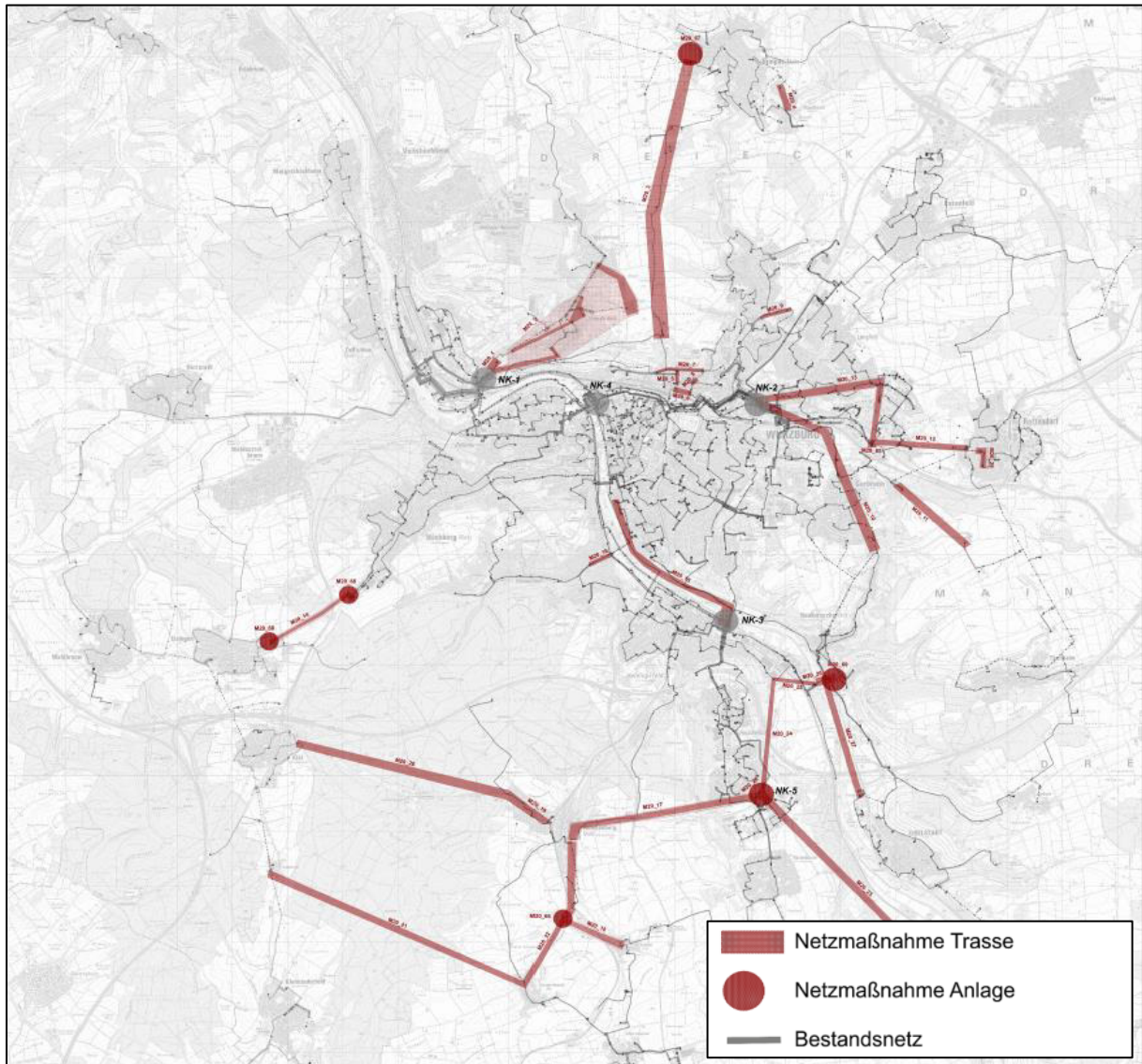


Abbildung 17: Netzausbau MS-Netz bis 2028 - Teilnetz 1

Im abgebildeten Plan zum Netzausbau des MS-Netzes sind die betroffenen Anlagen grundsätzlich als Kreis (Suchraum) und die Leitungstrassen als rechteckige Flächen (Suchraum) gekennzeichnet.

Trotz der nominal höheren Anforderungen des Starklastfalls bis 2028 dominieren zunächst die erzeugungsbedingten Ausbaumaßnahmen im südlichen und nördlichen Netzgebiet. Dies liegt einerseits an den ausgeprägten, ortsbezogenen Einflüssen der in diesen Netzgebieten zugeordneten größeren Erzeugungsanlagen und andererseits an der vorausschauenden

Berücksichtigung von künftigen Leistungsanforderungen, die sich aus den Prognosen bzw. dem „Look-back“-Ansatz für die Folgejahre (2029 bis 2045) ergeben.

Bis 2028 sind die Netzeinbindungen des neuen UW (NK 5) in Verbindung mit einem SH (Netzknoten) im Bereich Reichenberg geplant. Für den südlichen Netzbereich ist dafür eine starke MS-Achse vom Stadtteil Heuchelhof nach Reichenberg und Kist vorgesehen. Zudem wird auch eine MS-Trasse nach Winterhausen geplant.

Im nördlichen Netzgebiet ist im Bereich Rimpär ebenfalls ein neues SH (Netzknoten) vorgesehen. Zu dessen Anbindung wird eine MS-Achse vom Stadtteil Grombühl nach Rimpär vorgesehen, die bereits die Einbindung eines später geplanten UW berücksichtigt. Auch diese Maßnahmen werden zunächst insbesondere vor dem Hintergrund des prognostizierten Zubaus von Erzeugungsanlagen durchgeführt.

Zwischen Höchberg und Eisingen wird eine zusätzliche MS-Netzmasche geplant, die als Optimierungsmaßnahme sowohl für die funktionale (n-1)-Sicherheit als auch zur weiteren Aufnahme von Erzeugungsanlagen benötigt wird.

In Ober- und Unterdürrbach wird eine bereits begonnene, umfangreiche Umstrukturierung der MS-Freileitung weitergeführt. In Teilbereichen wird dabei die vorhandene Freileitung durch MS-Kabel ersetzt.

Im Bereich Lengfeld, Hubland, Gerbrunn und Rottendorf sind umfassende, verbrauchsbedingte Netzoptimierungs- und Verstärkungsmaßnahmen geplant. Auch bei diesen Maßnahmen wurden bereits perspektivische Lastzuwächse für die Zeiträume nach 2028 berücksichtigt. Dieses strukturelle Netzoptimierungskonzept wird mit der Erweiterung eines bestehenden SH (Netzknoten), in Form eines Neubaus, komplettiert.

Neben diesen strukturellen Netzoptimierungen sind in den Stadtteilen Grombühl, Versbach und Sanderau noch reine Leitungsverstärkungsmaßnahmen geplant.

Die jahresscharfe Zuordnung der einzelnen oder gruppierten Maßnahmen können den Maßnahmentabellen (Anlage 2) entnommen werden.

Im Teilnetz 2 sind bis 2028 noch keine Netzausbaumaßnahmen im Leitungsnetz erforderlich.

Umspannung (MS/NS) bis 2028

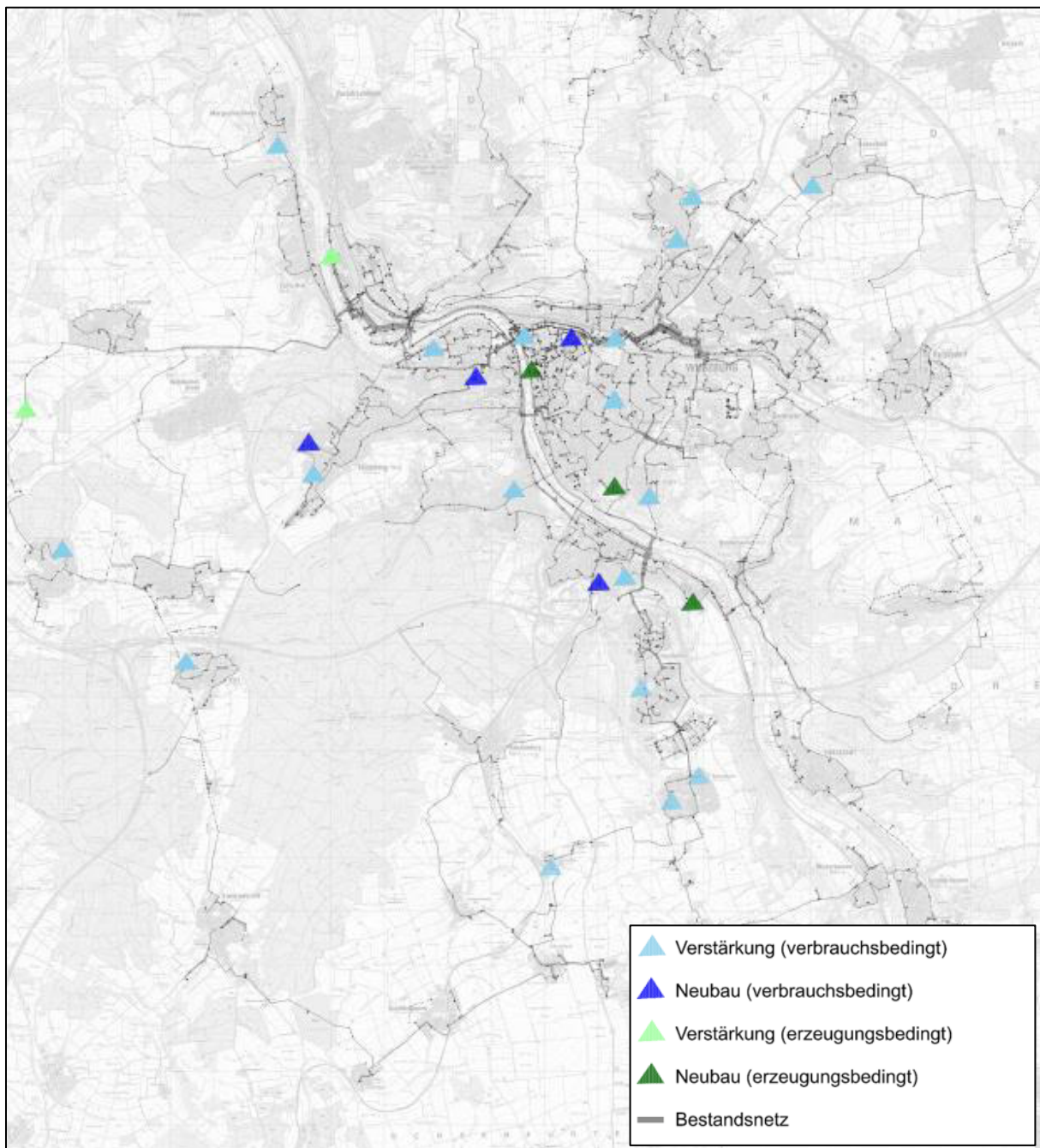


Abbildung 18: Netzausbau ONS bis 2028 - Teilnetz 1

In den Plänen zum Netzausbau der ONS sind die betroffenen Anlagen mittels Dreiecke gekennzeichnet, deren Farbe die Art des Netzausbaus und deren Treiber darstellt.

Im Teilnetz 1 wurden entsprechend der prognostizierten Lastentwicklungen die Verstärkungen von Ortsnetztransformatoren vorgesehen. Sofern eine Verstärkung für die Bedarfsprognosen nicht mehr ausreicht, wurden zusätzliche ONS geplant. Insbesondere beim Neubau von ONS wurden auch die perspektivischen Lastanforderungen berücksichtigt und im Bedarfsfall größere ONS vorgesehen. Erwartungsgemäß erfolgen die Verstärkungs- und Neubaumaßnahmen von ONS bis 2028 überwiegend verbrauchsbedingt.

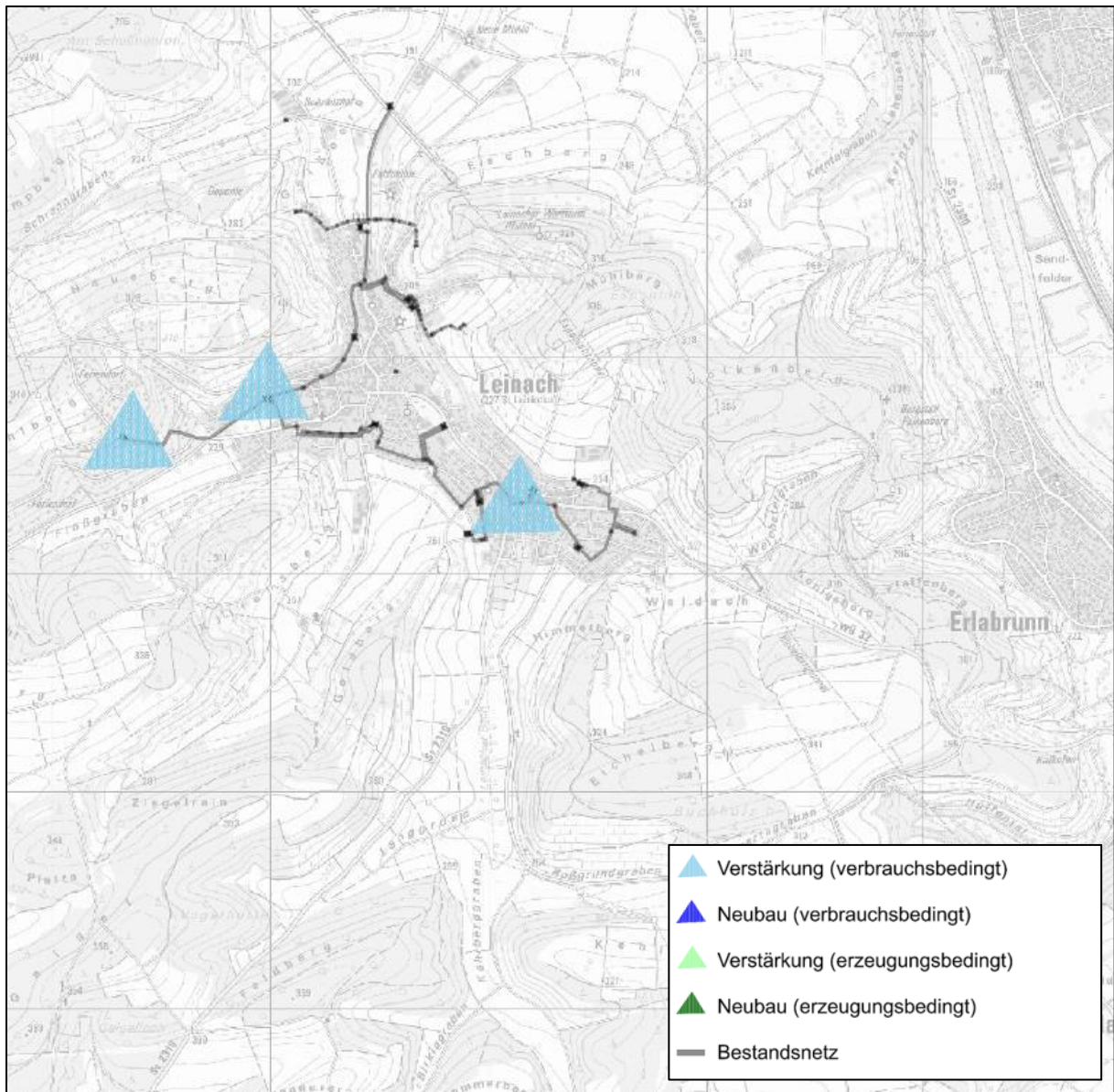


Abbildung 19: Netzausbau ONS bis 2028 - Teilnetz 2

Auch im Teilnetz 2 wurden für drei ONS verbrauchsbedingte Verstärkungen geplant.

Netzausbau von 2029 bis 2033

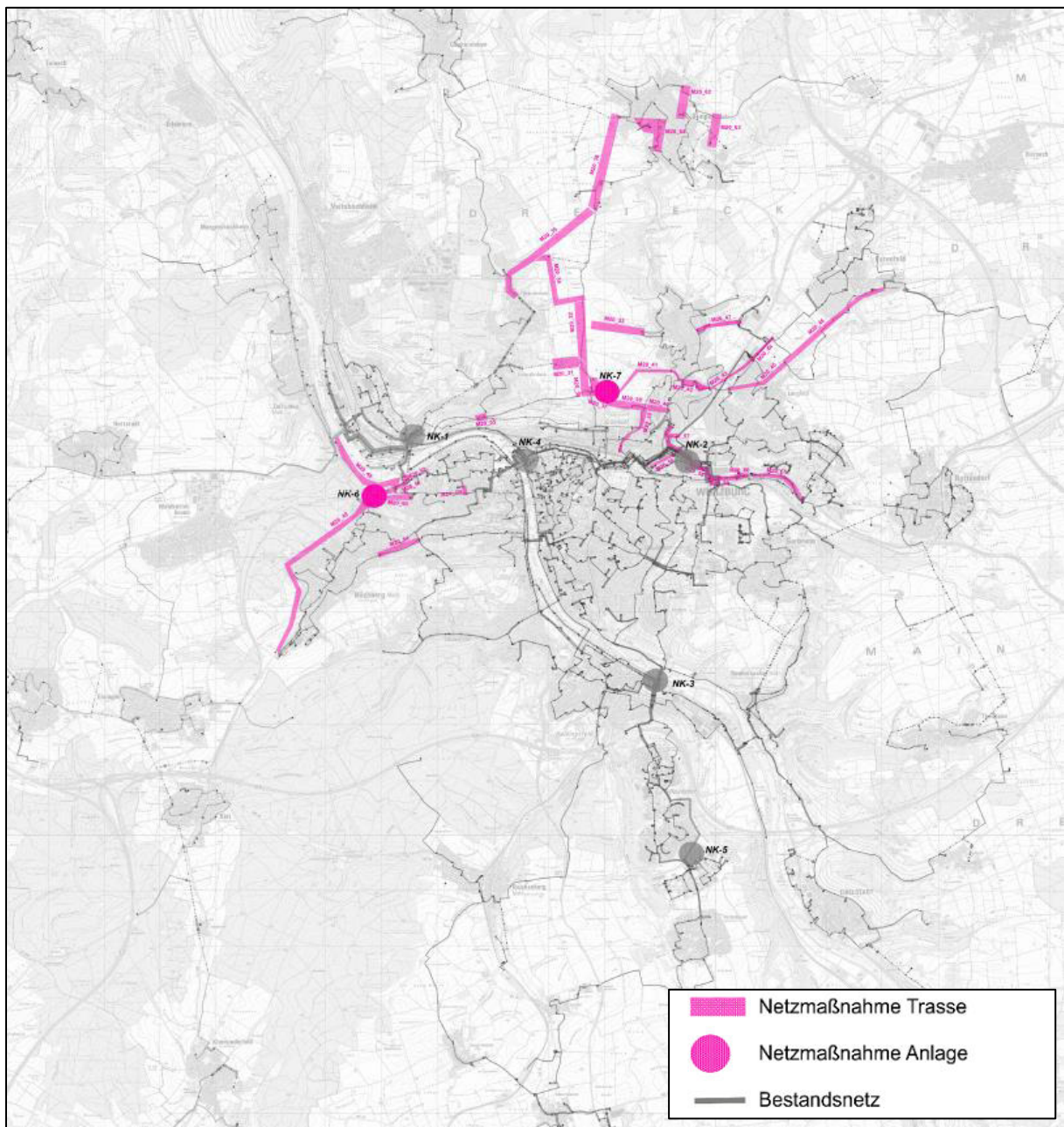


Abbildung 20: Netzausbau MS-Netz 2029 bis 2033- Teilnetz 1

Der Netzausbau im MS-Netz von 2029 bis 2033 ist stark geprägt von konzeptionellen Netzeinbindungen der beiden neuen UW (110-NK-6 und 110-NK-7). Der Bedarf beider UWs ist in diesem Zeitraum noch überwiegend verbrauchsgetrieben. Mit Berücksichtigung der zukünftigen Lastentwicklung über den Zeitraum 2033 hinaus, wurden synergiebedingt bereits Leitungstrassen berücksichtigt, die spätere, erzeugungsbedingte Netzausbaubedarfe vorbereiten.

Im Zuge der MS-seitigen Einbindung des 110-NK-7 sind weitreichende Netzoptimierungs- und -erweiterungsmaßnahmen erforderlich. Mit dem neuen UW (110-NK-7) entstehen zwei neue MS-Netzgruppen und drei bestehende MS-Netzgruppen werden strukturell angepasst. Im Wesentlichen werden dafür drei MS-Achsen ausgeprägt. Eine führt in Richtung Rimpar und

komplettiert die bereits bis 2028 geplanten Leitungstrassen. Eine weitere MS-Achse verbindet das neue UW (110-NK-7) mit dem bestehenden UW (110-NK-2). Die dritte MS-Achse führt von Grombühl in Richtung Estenfeld. Dazu sind umfangreiche Leitungsverlegungen im Bereich Grombühl, Versbach, Lengfeld, Ober- und Unterdürnbach sowie in den Gemeinden Estenfeld und Rimpfing erforderlich. Teilweise werden dafür bereits vorher (bis 2028) verlegte Leerrohrtrassen verwendet.

Mit der MS-seitigen Einbindung des 110-NK-6 werden im Wesentlichen drei bestehende MS-Netzgruppen umstrukturiert, dabei wird das innerstädtische UW (110-NK-4) entlastet und Netzverstärkungen für den westlichen Netzbereich geschaffen, um dort die prognostizierten verbrauchs- und erzeugungsbedingten Lastsituationen beherrschen zu können. Für diese Verstärkungs- und Optimierungsmaßnahmen sind weiträumige Netzerweiterungen nach Zell und Höchberg notwendig. Darüber hinaus sind auch Leitungsverstärkungen im Stadtteil Zellerau vorgesehen.

Zusätzlich sind zu den strukturellen Netzmaßnahmen noch vereinzelte, kleinere Leitungsverstärkungen geplant. Darüberhinausgehende, nutzungsdauerbedingte Leitungserneuerungsmaßnahmen werden in dem Zeitraum ebenfalls durchgeführt. Diese stellen keinen Netzausbau dar und sind deshalb in den Plänen nicht dargestellt.

Im Teilnetz 2 sind bis 2033, auf Basis der dort prognostizierten Lastentwicklungen, noch keine Netzausbaumaßnahmen im Leitungsnetz erforderlich. Allerdings zeigten die Berechnungen auch in diesem Netzgebiet für das Jahr 2033 eine hohe Netzauslastung.

Umspannung (MS/NS) von 2029 bis 2033

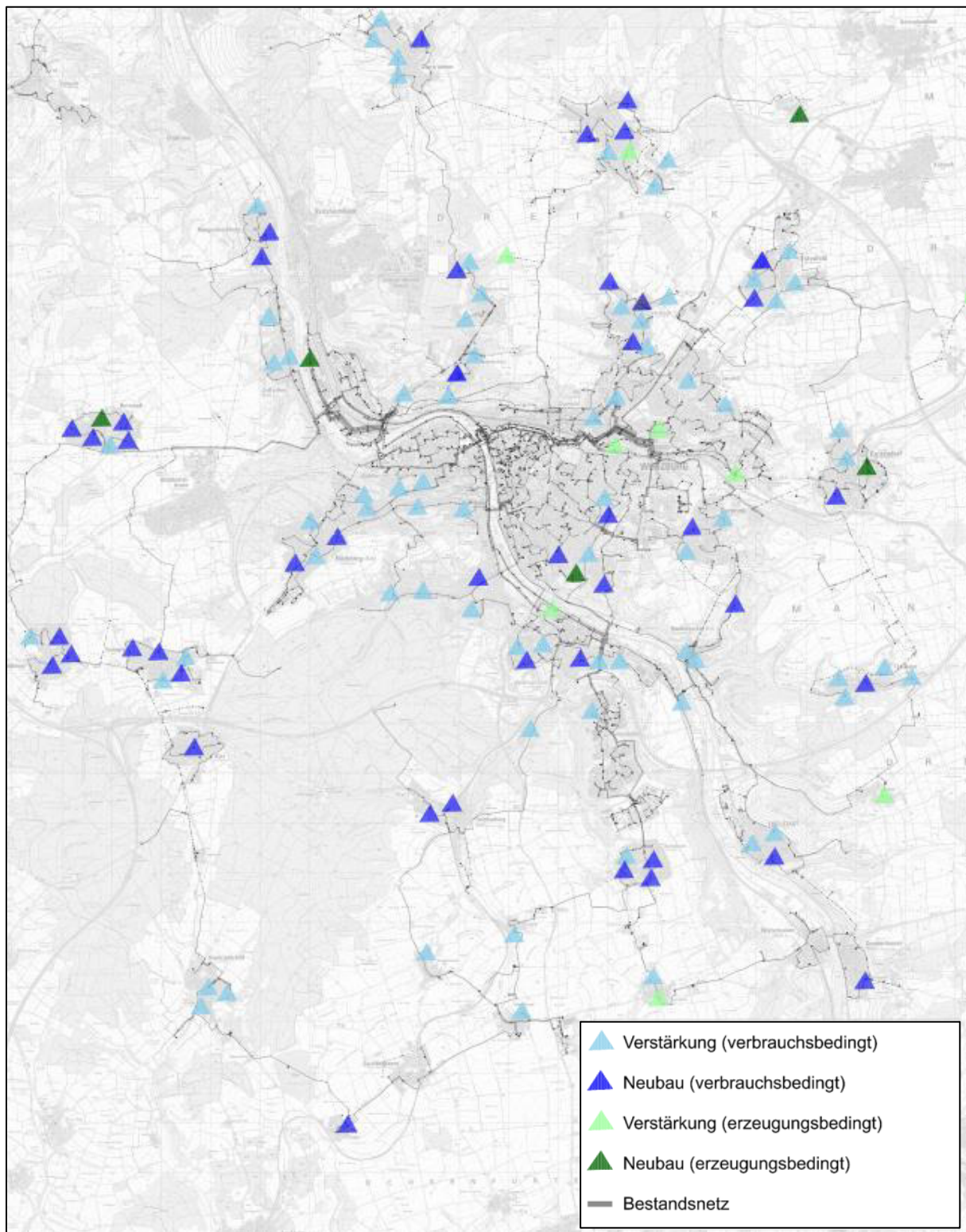


Abbildung 21: Netzausbau ONS 2029 bis 2033 – Teilnetz 1

Im Teilnetz 1 wurden entsprechend der prognostizierten Lastentwicklungen von 2029 bis 2033 Verstärkungen und Neubauten von Ortsnetztransformatoren vorgesehen. Grundsätzlich wurden für den Neubau von ONS auch die perspektivischen Lastanforderungen berücksichtigt und im Bedarfsfall größere ONS vorgesehen. Erwartungsgemäß erfolgen die Verstärkungs- und Neubaumaßnahmen von ONS bis 2033 noch überwiegend verbrauchsbedingt.

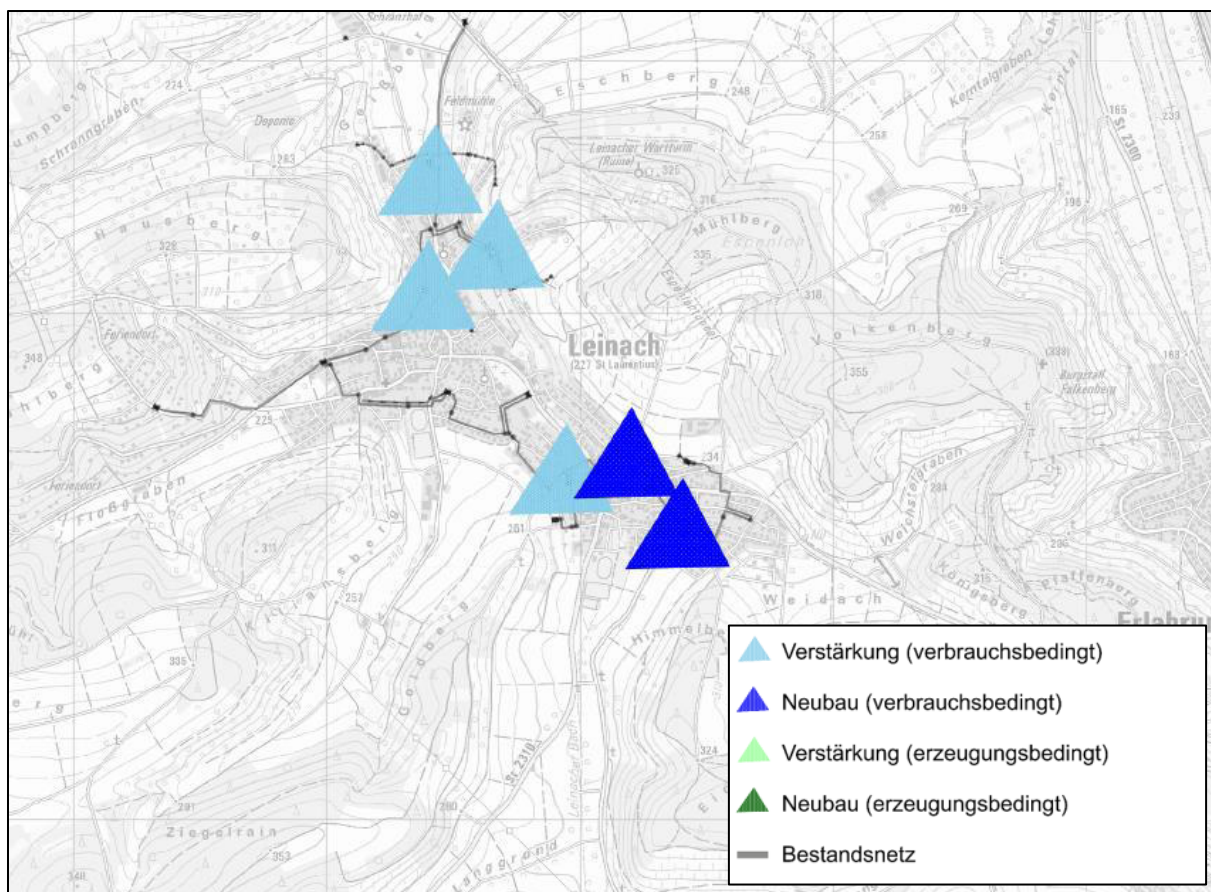


Abbildung 22: Netzausbau ONS 2029 bis 2033 - Teilnetz 2

Im Teilnetz 2 wurden für vier ONS verbrauchsbedingte Verstärkungen geplant. Zusätzlich wurden zwei neue ONS vorgesehen, die ebenfalls verbrauchsbedingt erforderlich werden.

Aggregierte Maßnahmenplanung bis 2045

In den folgenden Tabellen werden Netzausbau- und Verstärkungsmaßnahmen, die im Rahmen des NAP entwickelt wurden, in aggregierter Form mit den zugehörigen Kosten für die jeweiligen Teilnetze dargestellt. Diese aggregierte Übersicht erfolgt für die jeweiligen Zeiträume gegliedert nach Maßnahmen für das Leitungsnetz und Anlagen. Reine nutzungsdauerbedingte Erneuerungsmaßnahmen sind in dieser Aufstellung nicht enthalten.

Zeitraum	Maßnahme	Geschätzte Menge	Schätzkosten [€]
2023 – 2028 (t+5)	Leitungen [km]	92	15.798.539 €
	Anlagen [Stück]	24	10.072.284 €
2029 – 2033 (t+6 bis t+10)	Leitungen [km]	54	9.634.302 €
	Anlagen [Stück]	57	11.999.338 €
2034 – 2045 (t+11 bis Zielnetzjahr)	Leitungen [km]	74	15.477.350 €
	Anlagen [Stück]	259	43.984.684 €

Tabelle 4: Aggregierte Maßnahmenliste MS-Netz bis 2045 – Teilnetz 1

Zeitraum	Maßnahme	Geschätzte Menge	Schätzkosten [€]
2023 – 2028 (t+5)	Leitungen [km]		
	Anlagen [Stück]	1	180.718 €
2029 – 2033 (t+6 bis t+10)	Leitungen [km]		
	Anlagen [Stück]	2	460.120 €
2034 – 2045 (t+11 bis Zielnetzjahr)	Leitungen [km]	2	531.360 €
	Anlagen [Stück]	10	1.612.184 €

Tabelle 5: Aggregierte Maßnahmenliste MS-Netz bis 2045 - Teilnetz 2

Ergänzt werden diese Tabellen noch um die Maßnahmenübersicht in der Anlage 2 in der die jährlichen Einzelmaßnahmen oder Maßnahmengruppen bis 2028 abgebildet sind. In dieser Tabelle sind auch die reinen Erneuerungsmaßnahmen enthalten.

C.3 Niederspannung

Im Rahmen des NAP wurden auch die künftigen Anforderungen für das NS-Netz bewertet, die aus den prognostizierten Lastzuwächsen für Verbrauchs- und Erzeugungsanlagen resultieren. Im NS-Netz wirkt sich die örtliche Verteilung der künftigen Kundenbedarfe (Verbrauch und Erzeugung) noch deutlich sensibler auf die zu planenden NS-Netzstrukturen aus als in den vorgelagerten Netzebenen. Aufgrund der damit verbundenen hohen Unsicherheitsgrade musste für den NAP des NS-Netzes ein generalisierter Ansatz gewählt werden.

Für beide Teilnetze wurden deshalb Ansätze gewählt, mit denen für die notwendigen Netzerweiterungen und -verstärkungen sachgerechte Größenordnungen bestimmt werden konnten. Für die Netzerweiterungen wurden dazu einerseits die geplanten Maßnahmen im MS-Netz ausgewertet und die daraus folgenden Erweiterungsbedarfe berechnet. Zusätzlich wurden noch die Übertragungskapazitäten der bestehenden NS-Leitungen in Kombination mit den künftigen, flächenbezogenen Leistungsanforderungen analysiert und daraus der weitere Verstärkungsbedarf ermittelt. Mittels der beiden Ansätze konnte der insgesamt notwendige Netzausbaubedarf generalisiert für das NS-Netz bestimmt werden. Im Niederspannungsnetz wurde das (n-1)-Kriterium in der Regel nicht angewendet.

Aggregierte Maßnahmenplanung bis 2045

In den folgenden Tabellen ist der Netzausbau- und Verstärkungsbedarf für das NS-Leitungsnetz in aggregierter Form mit den zugehörigen Kosten für die jeweiligen Teilnetze dargestellt. Reine nutzungsdauerbedingte Erneuerungsmaßnahmen sind in dieser Aufstellung nicht enthalten.

Zeitraum	Maßnahme	Geschätzte Menge	Schätzkosten [€]
2023 – 2028 (t+5)	Leitungen [km]	82	14.082.755 €
	Anlagen [Stück]		
2029 – 2033 (t+6 bis t+10)	Leitungen [km]	107	18.267.313 €
	Anlagen [Stück]		
2034 – 2045 (t+11 bis Zielnetzjahr)	Leitungen [km]	270	66.529.544 €
	Anlagen [Stück]		

Tabelle 6: Aggregierte Maßnahmenliste NS-Netz bis 2045 - Teilnetz 1

Zeitraum	Maßnahme	Geschätzte Menge	Schätzkosten [€]
2023 – 2028 (t+5)	Leitungen [km]	3	460.722 €
	Anlagen [Stück]		
2029 – 2033 (t+6 bis t+10)	Leitungen [km]	3	548.812 €
	Anlagen [Stück]		
2034 – 2045 (t+11 bis Zielnetzjahr)	Leitungen [km]	14	2.365.852 €
	Anlagen [Stück]		

Tabelle 7: Aggregierte Maßnahmenliste NS-Netz bis 2045 - Teilnetz 2

Ergänzt werden diese Tabellen noch um die Maßnahmenübersicht in der Anlage 2 in der die jährlichen Maßnahmengruppen bis 2028 abgebildet sind. In dieser Tabelle sind auch die reinen Erneuerungsmaßnahmen enthalten.

C.4 Notwendige Effizienz- und Nachfragesteuerungsmaßnahmen

Energieeffizienzmaßnahmen sind grundsätzlich in den Prognosen der Regionalszenarien berücksichtigt. Im Vergleich zu den erwarteten Verbrauchssteigerungen für elektrische Wärmeerzeugung, Elektromobilität sowie der Substitution fossiler Energieträger durch strombasierte Anwendungen für private, gewerblichen bzw. produzierende Bereiche sind Energieeffizienzmaßnahmen vernachlässigbar klein. Die separate Ausweisung von Energieeffizienzmaßnahmen brächte keinen Mehrwert für die Genauigkeit der Prognosezahlen.

Die MFN verstehen sich als Infrastrukturdienstleister mit dem Ziel, dass die Netzkundinnen und -kunden möglichst unbeeinflusst von Netzengpässen ihre Strombedarfe decken sowie Netzeinspeisungen realisieren können. Entstehende Netzengpässe werden daher immer als temporäre Situation betrachtet. In diesem Sinne wird auch der Beschluss BK6-22-300 der Bundesnetzagentur vom 27. November 2023 verstanden, wonach bei mehrfachem Einsatz von Nachfragesteuerungsmaßnahmen nach § 14a EnWG dieser Engpass in der Netzausbauplanung zu berücksichtigen und Abhilfemaßnahmen zu prüfen sind. Im NAP sind daher engpassfreie Zielnetze enthalten, ohne die Berücksichtigung von Nachfragesteuerungsmaßnahmen.

Entsprechend dem RZ der PR Bayern wird für die Zeiträume nach 2028 tendenziell von einem zunehmenden, netzentlastenden Einsatz durch Flexibilitäten und Speichertechnologien ausgegangen. Um die Wirkung und Werthaltigkeit netzdienlicher Flexibilitäten bewerten zu können, wurde für das Teilnetz 1 im gesamten HS- und MS-Netz eine pauschale Reduzierung der netzauslegungsrelevanten Einspeise- bzw. Entnahmeleistung um 10 % simuliert. Die damit einhergehende Reduzierung der Kosten für die Netzausbaumaßnahmen bis 2045 sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

2045	Kosteneinsparung	%-Kosteneinsparung
110 kV	8.604.878 €	8,5%
Umspannung 110/20 kV		
20 kV	3.471.879 €	7,5%
Umspannung 20/1 kV	6.107.456 €	11,5%
Gesamte, resultierende Kosteneinsparung	18.184.213 €	9,0%

Tabelle 8: Kosteneinsparungen durch simulierten Einsatz von Flexibilitätsoptionen

Im Ergebnis zeigt sich eine Kostenreduzierung für den Netzausbau, die sich in einem ähnlichen Verhältnis wie die Leistungsreduzierung bewegt. Danach hätten durch den Netzbetreiber steuerbare Flexibilitätsoptionen maßgebliche Kosteneinsparungen zur Folge und damit einen nicht vernachlässigbaren, volkswirtschaftlichen Nutzen. Um Netzausbau mittels Flexibilitätsoptionen nachhaltig vermeiden zu können, müssen diese langfristig und stabil für den VNB verfügbar sein.

Auf eine vergleichbare Betrachtung für das Teilnetz 2 wurde verzichtet, da aufgrund der geringen Netzgröße die Ergebnisse einer solchen Simulation keine zusätzlichen Erkenntnisse erwarten lassen.

C.5 Verzögerungen

Die in diesem NAP ermittelten zeitlich gestaffelten Netzausbaumaßnahmen sind an dem prognostizierten Hochlauf der verbrauchs- und erzeugungsbedingten Leistungszunahmen ausgerichtet. Zusätzlich unterliegt deren Reihenfolge auch netztechnischen Anforderungen, da diese Maßnahmen im laufenden Betrieb umgesetzt werden müssen. Verzögerungen einzelner Maßnahmen haben dadurch in der Regel auch zeitliche Auswirkungen auf Folgemaßnahmen.

Die prognosebedingten Zeiträume für die Netzausbaumaßnahmen setzen ein sehr hohes Tempo für die Projektumsetzung, vom Grunderwerb über die Planung, den Genehmigungen und Bauphasen bis zur Inbetriebsetzung, voraus. Die hohe Maßnahmendichte bei allen Netzbetreibern führen bereits heute zu maßgeblichen Engpässen bei Dienstleistern, insbesondere für Tiefbau- und Montagen sowie sehr langen Lieferzeiten wichtiger Betriebsmittel, Baugruppen und Materialien. Die damit verbundenen Verzögerungen werden sich bei einer weiteren Zunahme der Maßnahmendichte, entsprechend den Ausbaubedarfen aller Netzbetreiber, weiter verschärfen. Ein ähnliches Bild zeigt sich aktuell auch bei den erforderlichen verkehrsrechtlichen Genehmigungen für Leitungsbaumaßnahmen und den Baugenehmigungen von Umspannwerken und Schalthäusern. Mit der geplanten Zunahme der Maßnahmen in diesem Segment, müssten sich die Genehmigungsdauern deutlich reduzieren, um relevante Verzögerungen zu vermeiden.

Einen weiteren wichtigen Aspekt stellt der sehr schwierige Grunderwerb für genehmigungsfähige UW und SH dar. Aktuell zeichnen sich dadurch bereits Verzögerungen für die Umsetzung der geplanten Umspannwerke ab.

Für den geplanten Netzausbau ist eine Aufstockung von fachlich qualifiziertem Personal bei allen Beteiligten des Netzausbauprozesses ein entscheidender Erfolgsfaktor. Dementsprechend entsteht mit dem vorherrschenden Fachkräftemangel ein weiteres Risiko für die Realisierung der zeitlichen Vorgaben dieser Netzausbauplanung.

D Bedarf an Systemdienstleistungen und Flexibilitätsdienstleistungen

Im Rahmen des NAP wurde auch der künftige Blindleistungsbedarf bis 2045 simuliert und analysiert. In diesem Zusammenhang muss aber darauf hingewiesen werden, dass eine solche Analyse, ohne genaue Leistungscharakteristiken (Zeitreihen), nur eine näherungsweise Bestimmung der Blindleistungsbedarfe zulässt.

Mit den Simulationsergebnissen wurden die zusätzlichen Blindleistungsbedarfe an den Netzverknüpfungspunkten zum vorgelagerten Netzbetreiber für die jeweiligen Stützjahre bestimmt. Dabei konnte ausschließlich ein induktiver Blindleistungsbedarf zur Kompensation (spannungssenkend) festgestellt werden. Die nachfolgende Tabelle enthält die Ergebnisse für das Teilnetz 1.

Für das Teilnetz 2 wurde kein relevanter, zusätzlicher Blindleistungsbedarf ermittelt.

	2028	2033	2037	2045
Spannungshebender Blindleistungsbedarf [Mvar]	0	4	0	3

Tabelle 9: Zusätzlicher Blindleistungsbedarf - Teilnetz 1

Die Analysen weisen einen geringen und über die Zeit volatilen zusätzlichen Blindleistungsbedarf für das Teilnetz 1 aus. Aufgrund der Größenordnung wird seitens der MFN angestrebt, diesen zusätzlichen Blindleistungsbedarf marktlich zu beschaffen.

E Spitzenkappung

Für den NAP wurde das Planungsinstrument „Spitzenkappung“ für das HS-Netz sowie das MS-Netz durchgängig, d. h. für beide Teilnetze, definiert. Damit wurden für alle PV-Anlagen und WEA, die in das HS-Netz, die UWs (Umspannung HS/MS) und direkt in das MS-Netz einspeisen, die entsprechende Leistungsreduzierung durch die Spitzenkappung berücksichtigt.

Für die Netzberechnungen wurde dafür, entsprechend dem FNN-Hinweis, die pauschale Spitzenkappung mit bundeseinheitlichen Reduktionsfaktoren zum Ansatz gebracht.

- Reduktionsfaktor PV-Anlagen: 70 % bezogen auf die installierte Modulleistung
- Reduktionsfaktor WEA: 87 % bezogen auf die installierte WEA-Leistung

Für das HS-Netz konnte damit im Ergebnis die auslegungsrelevante Erzeugungsleistung für das Jahr 2045 insgesamt um 11,25 % reduziert werden. Ohne den Einsatz dieses Planungsinstruments wäre der notwendige Netzausbau im HS-Netz und MS-Netz sowie bei den UW deutlich höher ausgefallen.

F Sonstige Hinweise

- Dieser NAP stellt insbesondere für den Zeitraum von 2029 bis 2045 eine Zielnetzplanung dar, die sich in den Folgejahren mit jeder Aktualisierung maßgeblich verändern kann. Insofern können die vorliegenden Planungen nicht zur Abschätzung oder Interpretation möglicher, freier Netzkapazitäten für größere Erzeugungsanlagen oder größere Verbrauchseinrichtungen herangezogen werden. Für die Planung künftiger Netzverknüpfungspunkte bedarf es immer einer individuellen und für den Bestimmungszeitpunkt sachgerechten Netzberechnung.
- Vom 1. Mai 2024 bis zum 22. Mai 2024 besteht auf [VNBdigital](#) die Möglichkeit, eine Stellungnahme zum vorliegenden Netzausbauplan einzureichen. Wir behalten uns das Recht vor, sachfremde oder unangemessene Stellungnahmen nicht zu veröffentlichen.

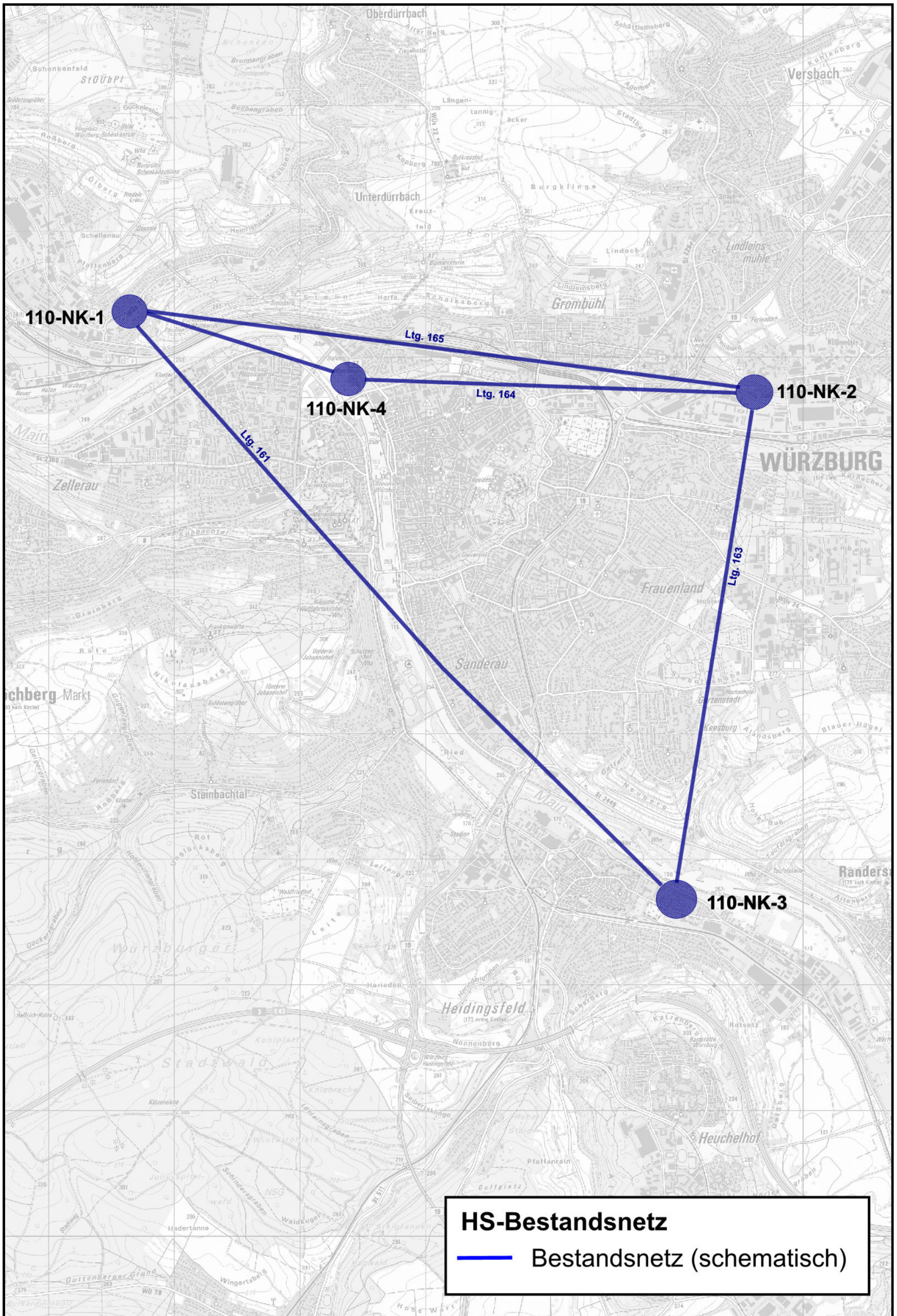
Danksagung

Die MFN möchte sich bei allen Vertretern der Verteilnetzbetreiber aus der PR Bayern für die sehr konstruktive und angenehme Zusammenarbeit, im Rahmen des Regionalszenarios und darüber hinaus, bedanken.

Anlagen

Anlage 1 – Netzkarten

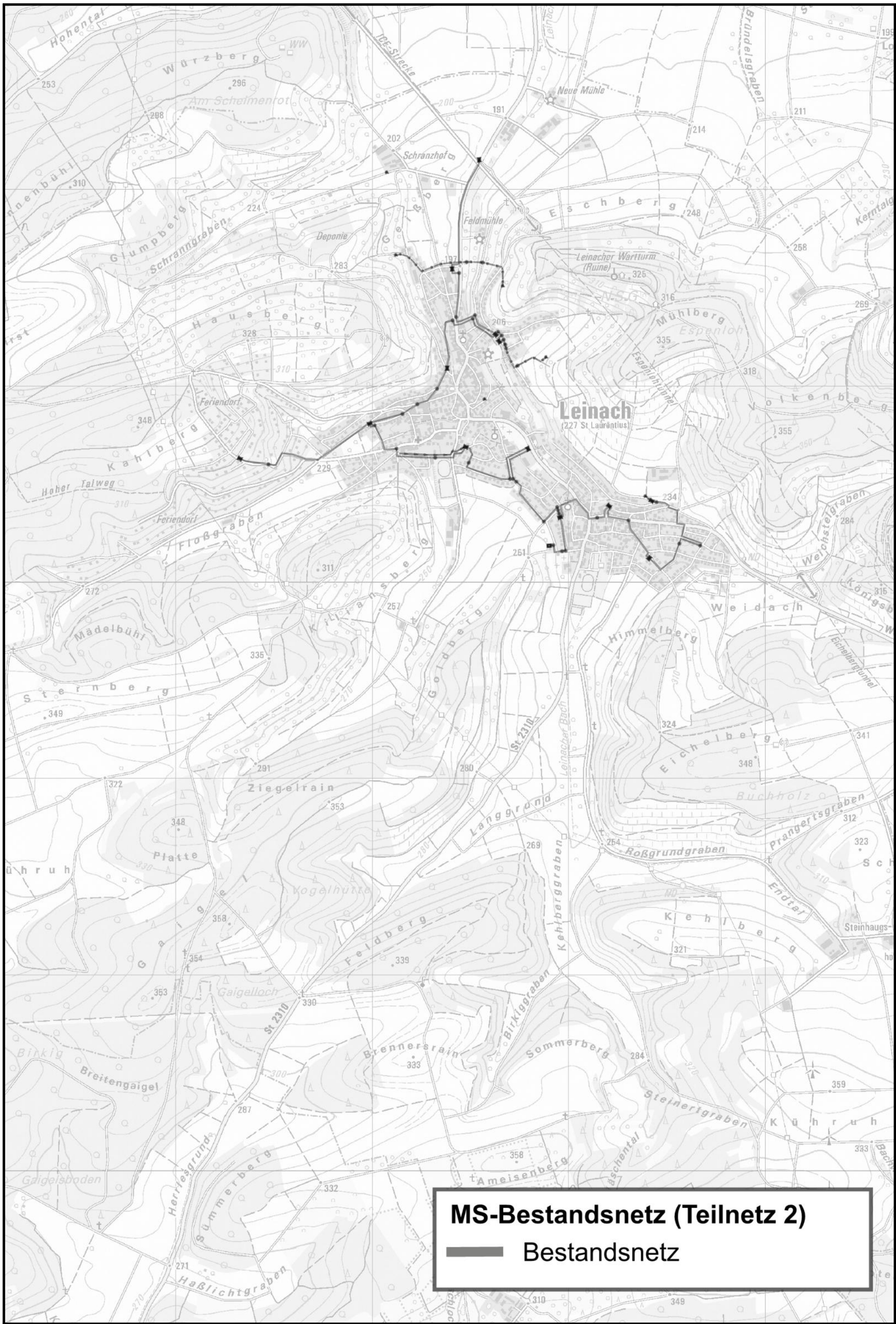
1. HS-Bestandsnetz
2. MS-Netz – Teilnetz 1
3. MS-Netz – Teilnetz 2
4. Engpassregionen HS-Netz
5. Engpassregionen MS-Netz - Teilnetz 1
6. Engpassregionen MS-Netz - Teilnetz 2
7. Engpassregionen Umspannung (MS/NS) – Teilnetz 1
8. Engpassregionen Umspannung (MS/NS) – Teilnetz 2
9. Netzausbau HS-Netz bis 2033
10. Netzausbau MS-Netz bis 2028 - Teilnetz 1
11. Netzausbau ONS bis 2028 - Teilnetz 1
12. Netzausbau ONS bis 2028 - Teilnetz 2
13. Netzausbau MS-Netz 2029 bis 2033- Teilnetz 1
14. Netzausbau ONS 2029 bis 2033 – Teilnetz 1
15. Netzausbau ONS 2029 bis 2033 - Teilnetz 2

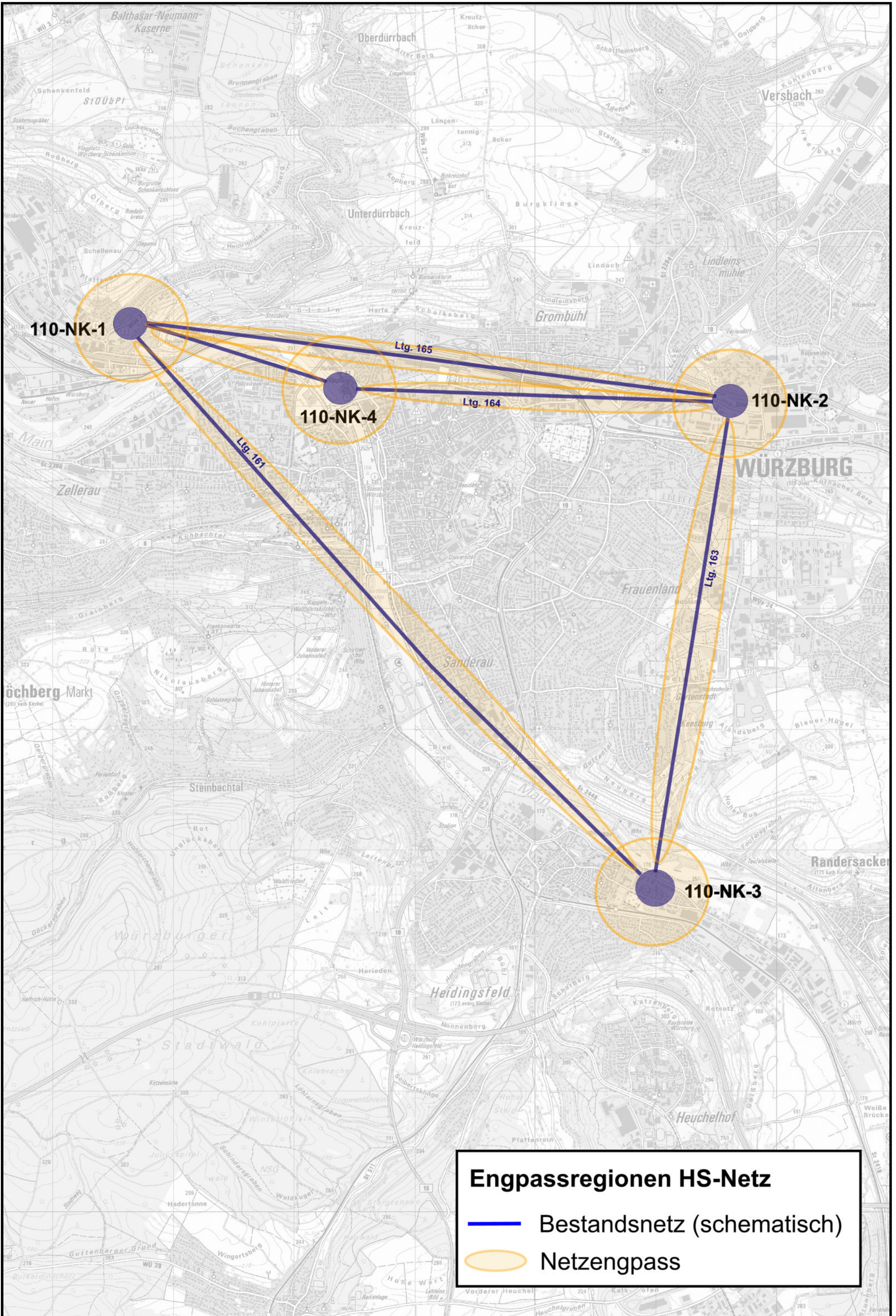


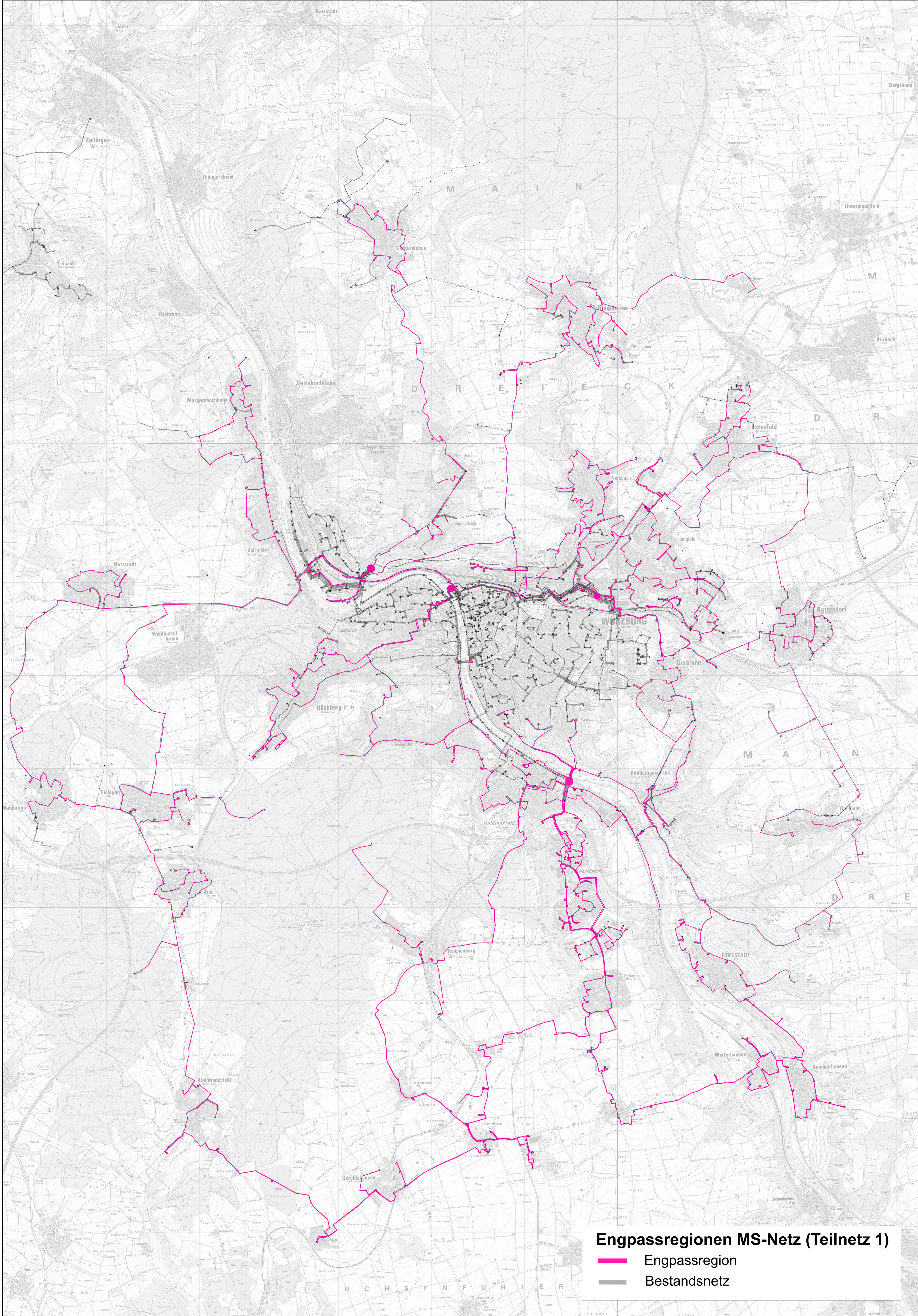


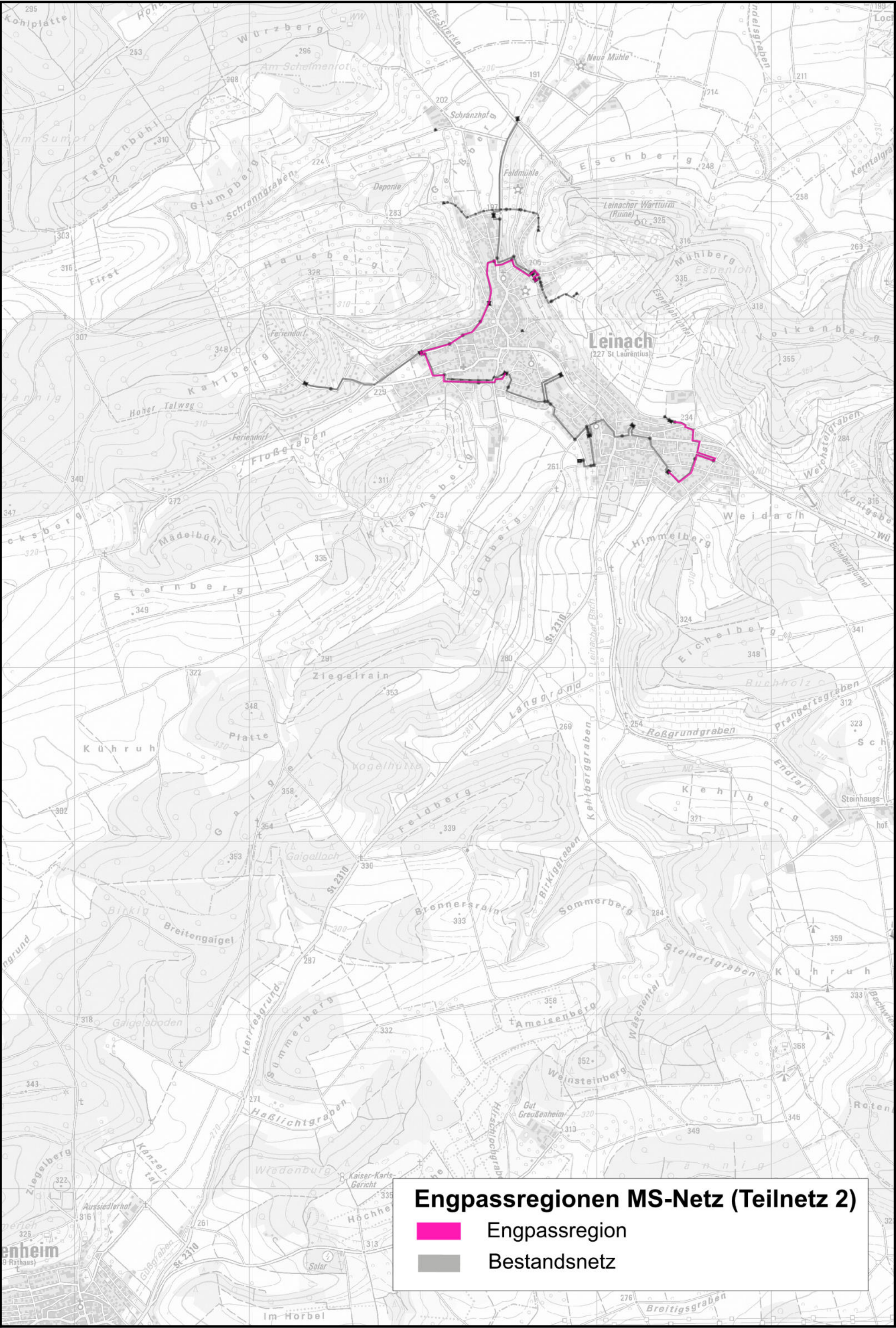
MS-Bestandsnetz (Teilnetz 1)

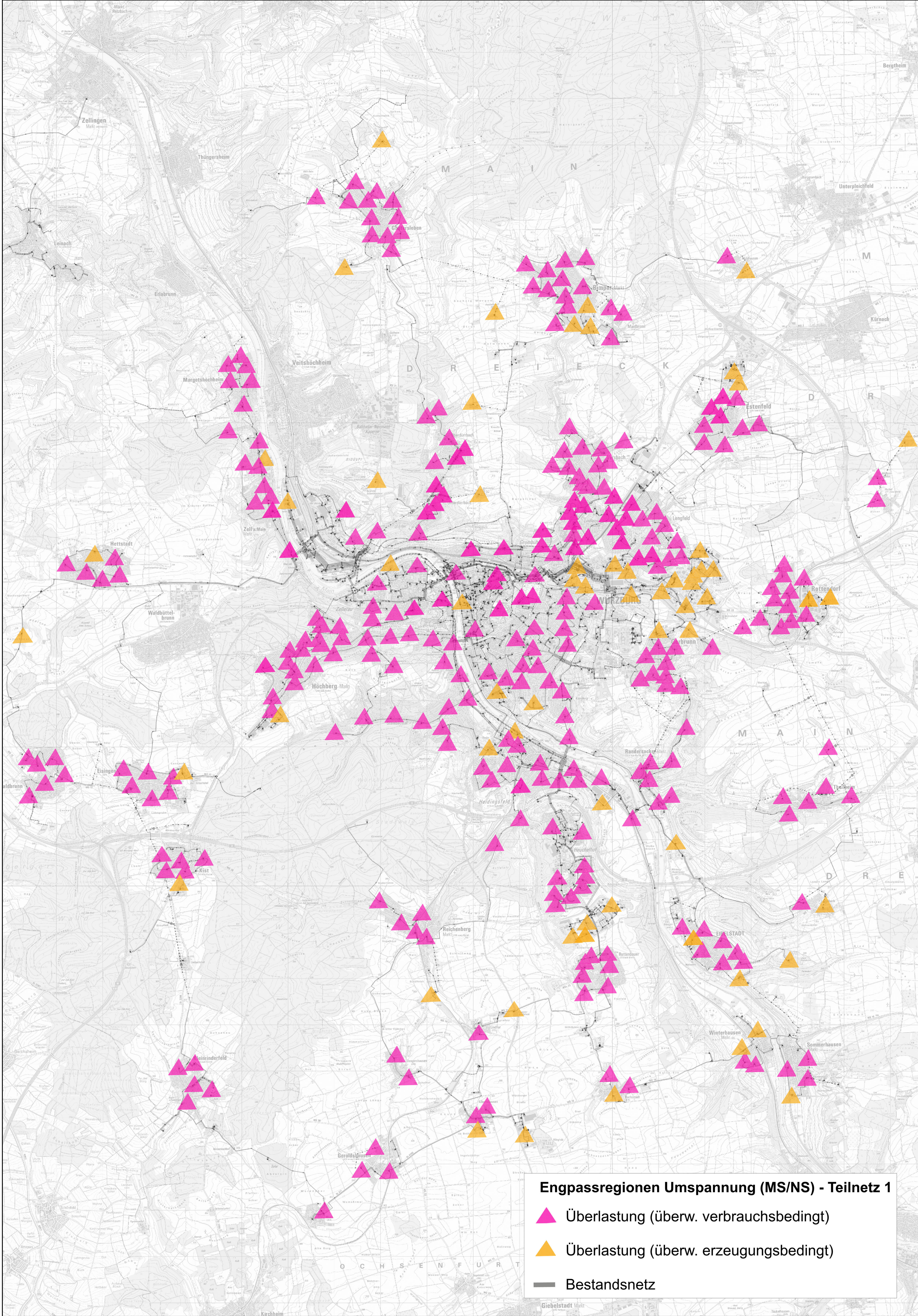
— Bestandsnetz

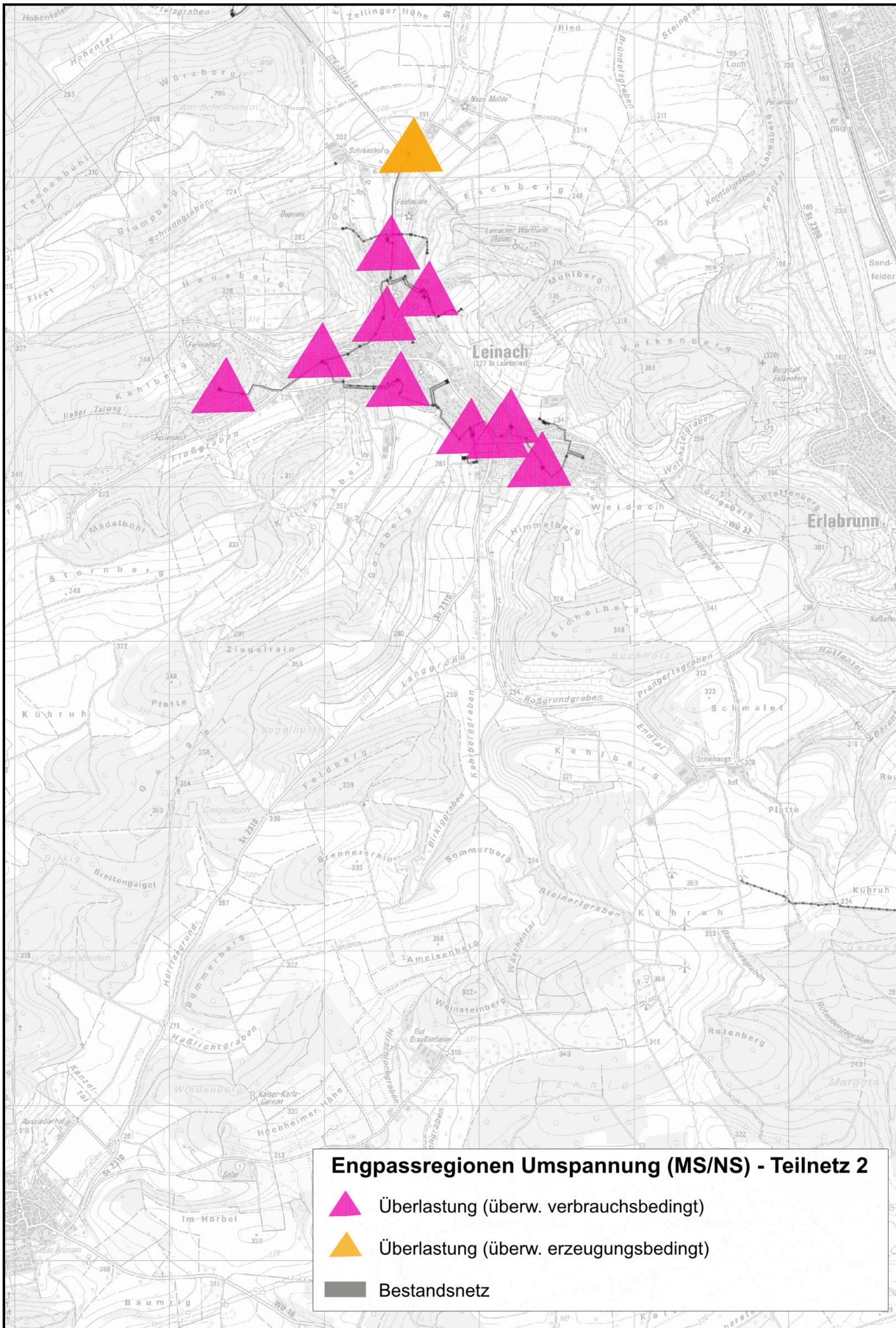


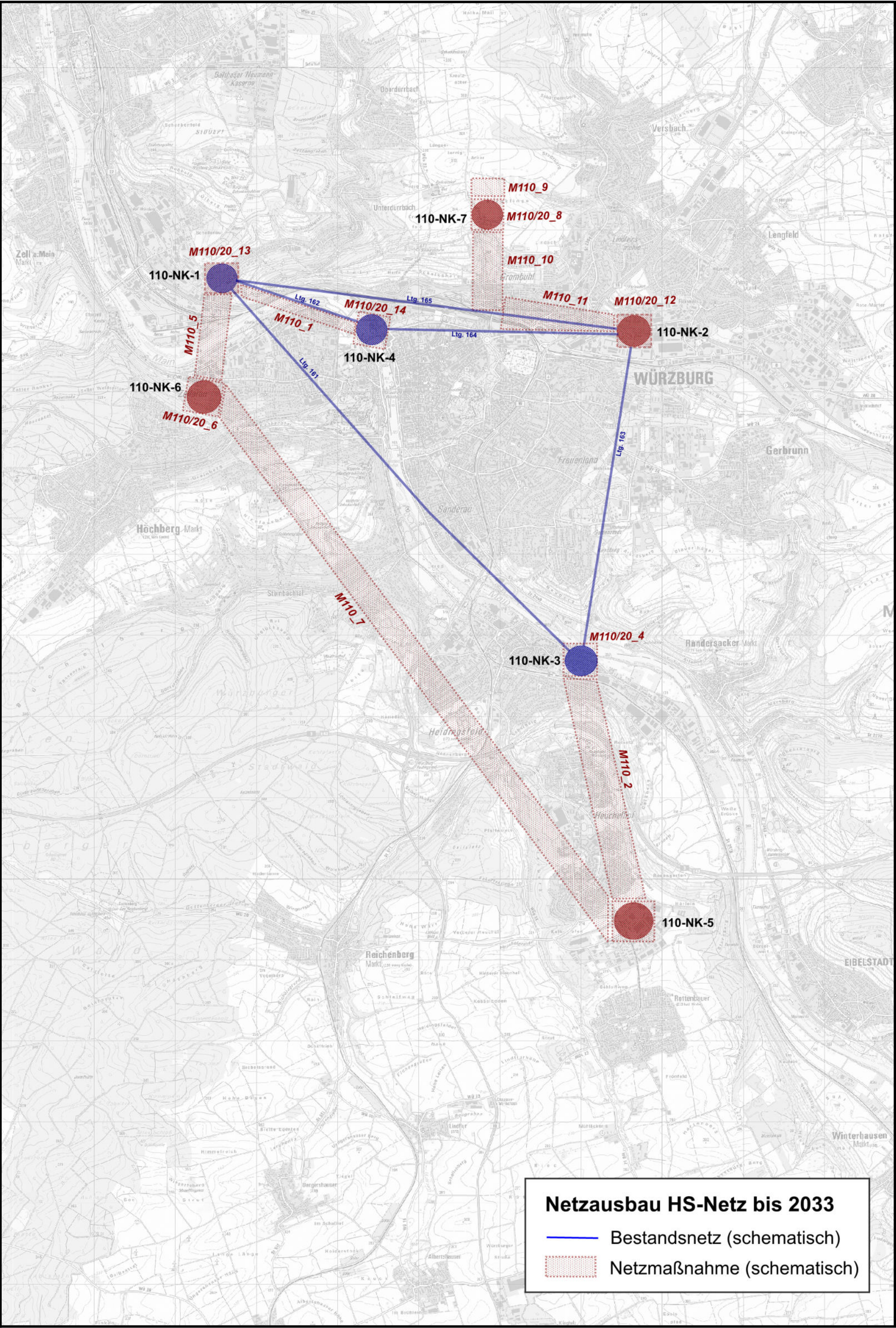






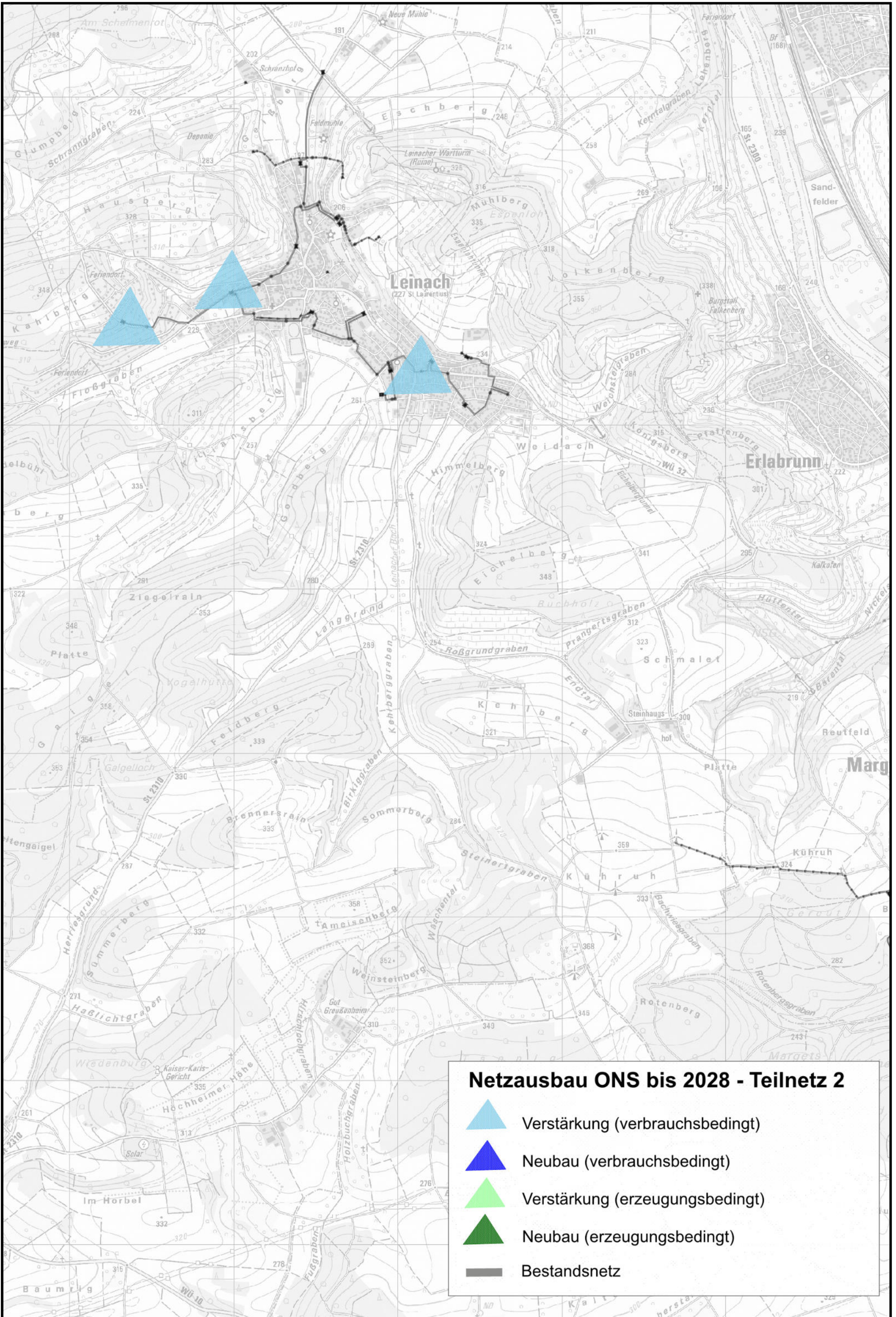


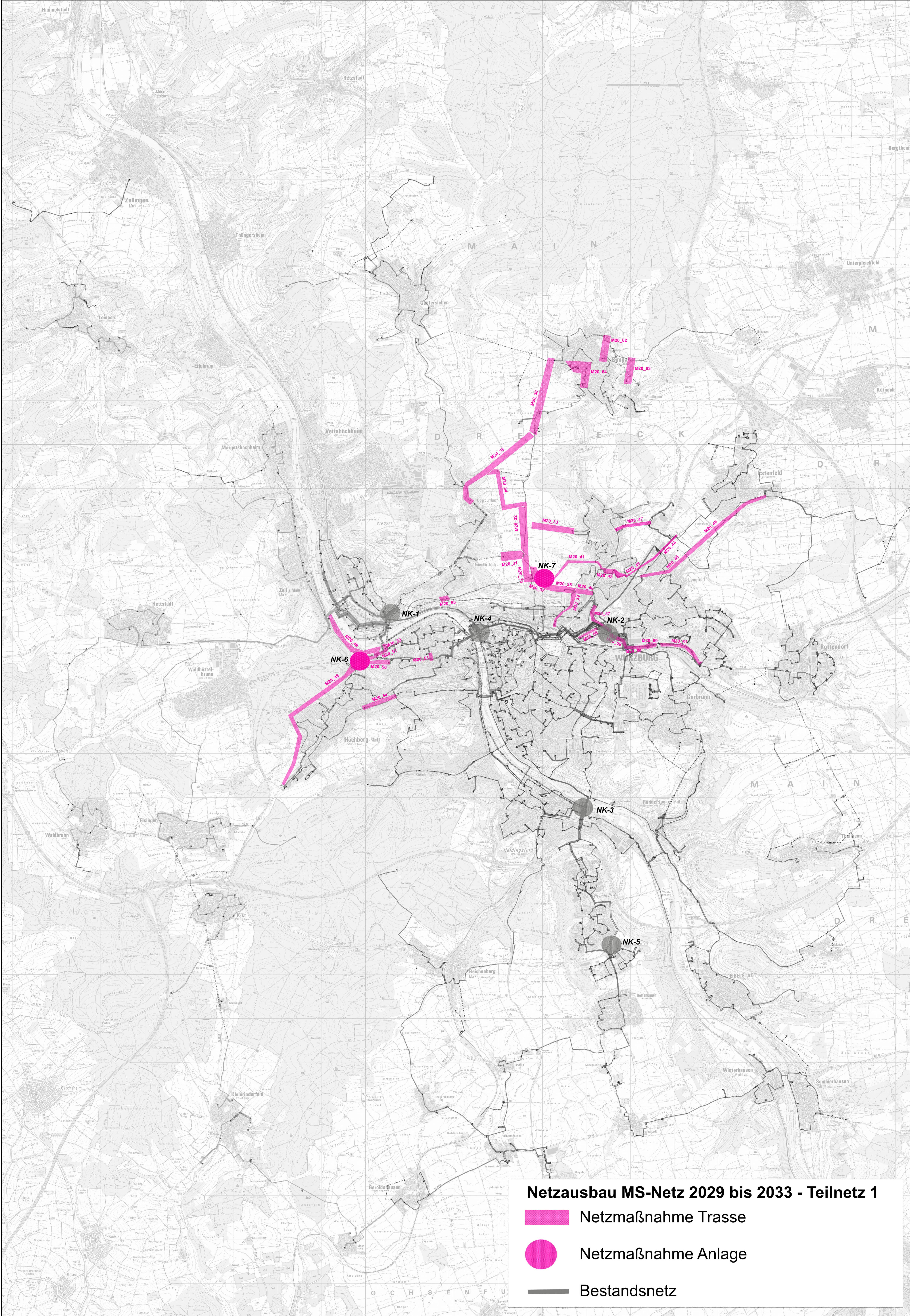


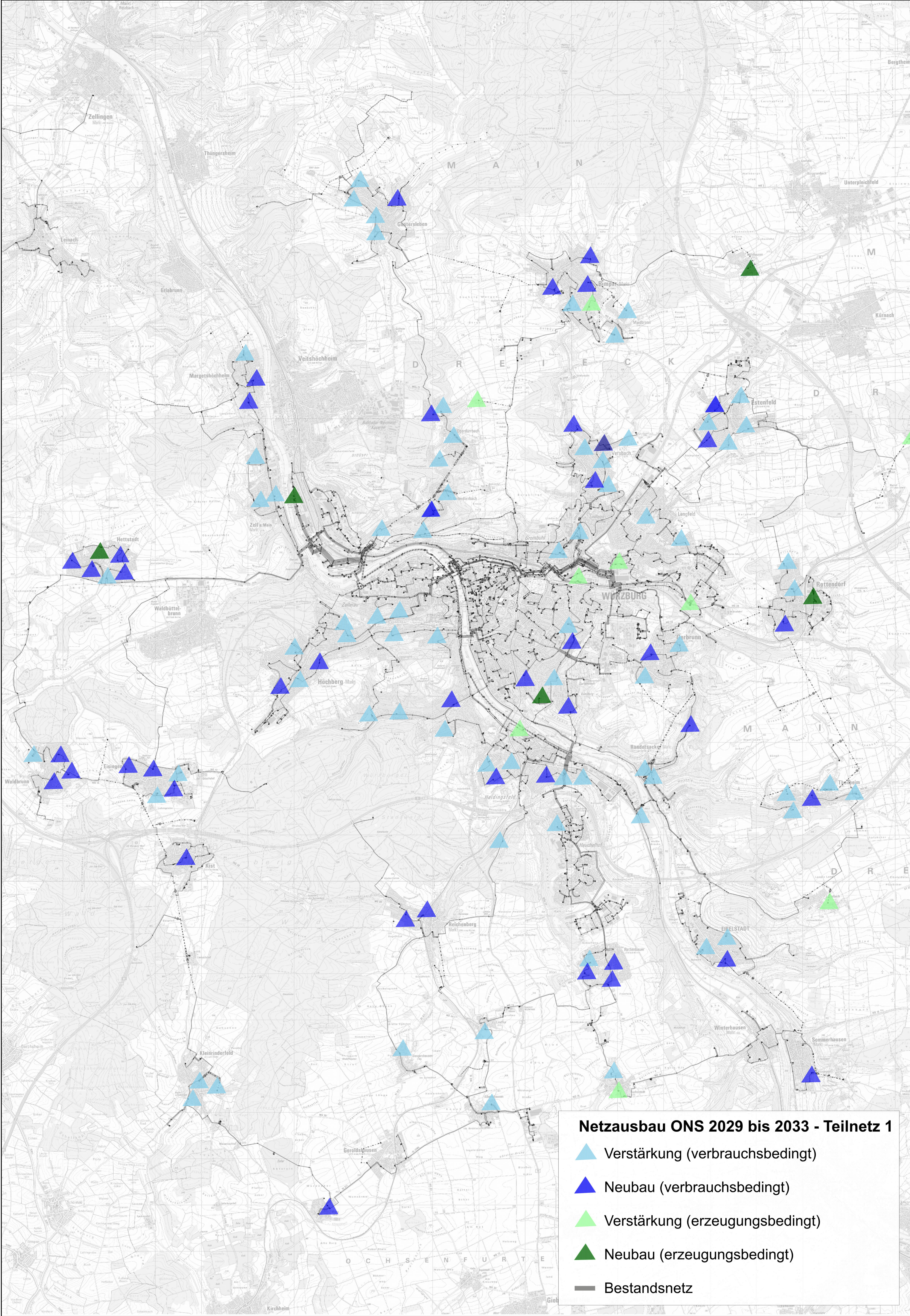


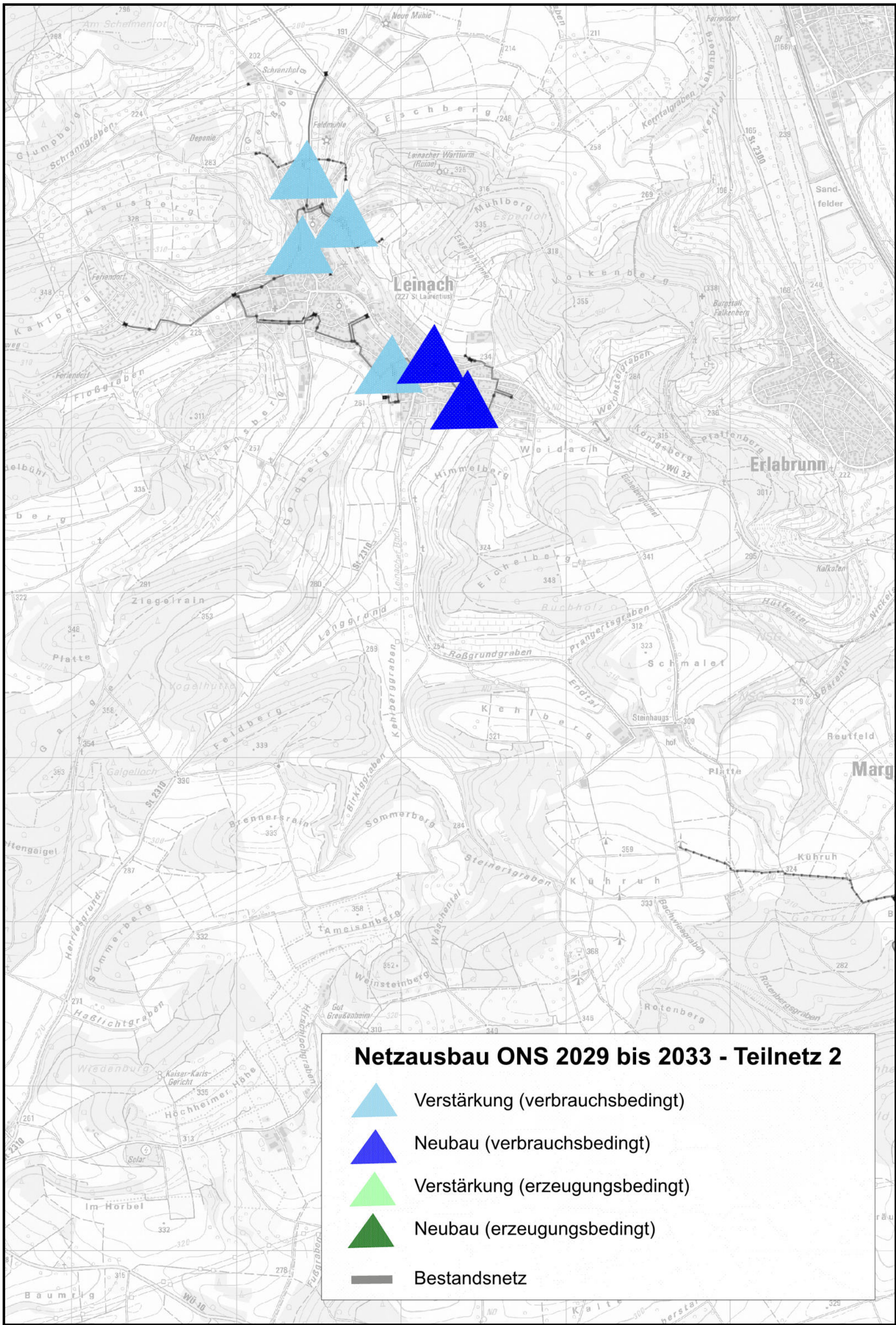












Anlage 2 – Maßnahmentabellen

Maßnahmenplan (Netzgebiet 1) - HS und UW HS/MS bis 2033 sowie MS, UW MS/NS, NS bis 2028

Maßnahme	kurze Projektbeschreibung	Betriebsmittel	Optimaler Zeitpunkt der Fertigstellung	Kosten (geschätzt) in Euro	Betroffenes Teilnetzgebiet
Erneuerung 110-NK-1 M110_0	Ersatzbau des vorhandenen 110-NK-1 in einem gemeinsamen Projekt mit der Bayernwerk Netz GmbH	UW	2025	21.800.000 €	Stadt Würzburg + Umland
110-kV-Blindstromkompensationsspule 110-NK-1 M110_0	110-kV-Kompensationsspule im 110-NK-1 zur Kompensation des kapazitiven Laststrombedarfs des 110-kV-Ringes (im Zuge der unter der lfd. Nr. 1 beschriebenen Maßnahme)	110-kV-Blindstromkompensationsspule	2025	2.800.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Bau einer provisorischen 110-kV-Reserveeinspeisung M110_0	Provisorische 110-kV-Reservenetzeinspeisung mittels anlagentechnischer Vorbereitung innerhalb des 110-NK-1. Dabei wird weiter das Ziel verfolgt eine von der UW-Schaltanlage unabhängige Einspeisemöglichkeit vom 110 kV-Netz der Bayernwerk Netz GmbH zum Netz der MFN zu bekommen.	110-kV-Einsatzkabel sowie vorbereitete Anschlüsse.	2025	310.000 €	Stadt Würzburg + Umland

Bau einer zweiten 110-kV-Einspeisung inkl. Umspannwerks M110/20_8	1. Erstellung einer zweiten, vom derzeitigen Netzverknüpfungspunkt 110-NK-1 unabhängigen, Einspeisemöglichkeit vom 110-kV-Netz der Bayernwerk Netz GmbH (110-NK-7). 2. Erstellung eines Umspannwerkes, um den Netzbetrieb aufgrund der zu erwartenden Verbrauch- u. Einspeisezuwächse zu gewährleisten.	UW	2030	13.400.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Verstärkung 110 kV Ltg. 162 M110_1	Verstärkung der 110kV-Leitung 162 (Doppelleitung), um den Netzbetrieb aufgrund vorhandener Einspeiseanlagen und zu erwartender Verbrauch- u. Einspeisezuwächse zu gewährleisten. Die Maßnahme beinhaltet auch eine Verlegung von Leerrohren für eine zukünftige 110 kV Leitungsstrecke.	110 kV-Kabel	2027	13.195.320 €	Stadt Würzburg + Umland
Erneuerung u. Erweiterung 110-NK-3 M110/20_4	Nutzungsdauerbedingter Ersatzbau der vorhandenen 110kV-Schaltanlage im 110-NK-3. Zur Anbindung des 110-NK-5 wird die Anlage in diesem Zuge erweitert.	110 kV-Schaltanlage	2026	4.500.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Verstärkung 110 kV Ltg. 161	Verstärkung der 110-kV-Ltg.-161, um den Netzbetrieb aufgrund der erwarteten Verbrauchzuwächse zu gewährleisten. Maßnahme entfällt im neuen NAP vollständig.				Stadt Würzburg + Umland

Verstärkung 110 kV Ltg. 164	Verstärkung der 110-kV-Ltg.-164, um den Netzbetrieb aufgrund der erwarteten Verbrauchzuwächse zu gewährleisten. Maßnahme entfällt im neuen NAP vollständig.				Stadt Würzburg + Umland
110 kV Ltg. zur Anbindung des 110-NK-5 M110_2	110kV-Anbindung des 110-NK-5 (Doppelleitung) von 110-NK-3 um den Netzbetrieb aufgrund zu erwartender Einspeisezuwächse zu gewährleisten. Die Maßnahme beinhaltet auch eine Verlegung von Leerrohren für eine zukünftige 110 kV Leitungsstrecke.	110 kV-Kabel	2028	15.221.410 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau 110-NK-5 M110/20_3	Erstellung eines Umspannwerkes (110-NK-5), um den Netzbetrieb aufgrund der zu erwartenden Einspeisezuwächse zu gewährleisten.	UW	2028	12.790.000 €	Stadt Würzburg + Umland
110 kV Ltg. zur Anbindung des 110-NK-6 M110_5	110 kV-Anbindung des 110-NK-6 (Doppelleitung) von 110-NK-1 um den Netzbetrieb aufgrund zu erwartender Verbrauch- u. Einspeisezuwächse zu gewährleisten. Die Maßnahme beinhaltet auch eine Verlegung von Leerrohren für eine zukünftige 110 kV Leitungsstrecke.	110 kV-Kabel	2033	3.048.520 €	Stadt Würzburg + Umland

Neubau 110-NK-6 M110/20_6	Erstellung eines Umspannwerkes (110-NK-6), um den Netzbetrieb aufgrund der erwarteten Verbrauch- u. Einspeisezuwächse zu gewährleisten.	UW	2033	17.140.000 €	Stadt Würzburg + Umland
110 kV-Leitungsverbindung zwischen 110-NK-6 u. 110-NK-5 M110_7	110 kV-Leitungsverbindung zwischen 110-NK-6 u. 110-NK-5, um den Netzbetrieb aufgrund zu erwartender Verbrauch- u. Einspeisezuwächse zu gewährleisten.	110 kV-Kabel	2033	17.967.690 €	Stadt Würzburg + Umland
Anbindung 110-NK-7 an vorgelagertes Netz M110_9	Anbindung 110-NK-7 an das Bayernwerk Netz unter Berücksichtigung der künftigen Kapazitätserhöhung für die Jahre 2037 u. 2045.	110 kV-Kabel	2030	800.000 €	Stadt Würzburg + Umland
110 kV-Anbindung 110-NK-7 an das 110 kV Bestandsnetz M110_10	110 kV-Anbindung 110-NK-7 an das 110 kV Bestandsnetz (Einfachleitung von 110-NK-1 u. Doppelleitung von 110-NK-2) um den Netzbetrieb aufgrund zu erwartender Verbrauch- u. Einspeisezuwächse zu gewährleisten.	110 kV-Kabel	2030	5.429.552 €	Stadt Würzburg + Umland

Verstärkung Teilstrecke Ltg. 165 zwischen Maßnahme 16 u. 110-NK-2 M110_11	Verstärkung Teilstrecke Ltg. 165 (Doppel- leitung) zwischen Maßnahme 110-NK-7 110-NK-2, um den Netzbetrieb aufgrund zu erwartender Verbrauch- u. Einspeise- zuwächse zu gewährleisten.	110 kV-Kabel	2030	4.979.130 €	Stadt Würz- burg + Umland
Ersatzbau- u. Erweiterung der 110 kV-Schaltanlage im 110- NK-2 M110/20_12	Ersatzneubau mit Erweiterung der 110 kV- Schaltanlage im 110-NK-2 um die zusätzli- che Ltg. zur Anbindung des 110-NK-7 zu ermöglichen.	110 kV-Schalt- anlage	2030	5.140.000 €	Stadt Würz- burg + Umland
Erweiterung der 110 kV- Schaltanlage im 110-NK-1 M110/20_13	Erweiterung der 110 kV-Schaltanlage im 110-NK-1 um die zusätzlichen Ltg. zur An- bindung des 110-NK-6 u. 110-NK-4 zu er- möglichen.	110 kV-Schalt- anlage	2027	960.000 €	Stadt Würz- burg + Umland
Erweiterung der 110 kV- Schaltanlage im 110-NK-4 M110/20_14	Erweiterung der 110 kV-Schaltanlage im 110-NK-4 um die zusätzliche Ltg. zum 110-NK-1 zu ermöglichen.	110 kV-Schalt- anlage	2027	500.000 €	Stadt Würz- burg + Umland
Maßnahmen zur dynamischen Spannungsregelung der Netztransformatoren bei Netz- knoten 110-NK-3 (NT-2) M110/20_15	Netzzustandsabhängige Spannungsrege- lung der Netztransformatoren	110/20-kV-Trafo	2025	50.000 €	Stadt Würz- burg + Umland

Maßnahmen zur dynamischen Spannungsregelung der Netztransformatoren bei Netzknoten NK-1 (NT-2) M110/20_16	Netzzustandsabhängige Spannungsregelung der Netztransformatoren	110/20-kV-Trafo	2026	50.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Maßnahmen zur dynamischen Spannungsregelung der Netztransformatoren bei Netzknoten NK-1 (NT-1) M110/20_17	Netzzustandsabhängige Spannungsregelung der Netztransformatoren	110/20-kV-Trafo	2027	50.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Maßnahmen zur dynamischen Spannungsregelung der Netztransformatoren bei Netzknoten NK-2 (NT-1) M110/20_18	Netzzustandsabhängige Spannungsregelung der Netztransformatoren	110/20-kV-Trafo	2028	50.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Maßnahmen zur dynamischen Spannungsregelung der Netztransformatoren bei Netzknoten NK-3 (NT-1) M110/20_19	Netzzustandsabhängige Spannungsregelung der Netztransformatoren	110/20-kV-Trafo	2029	50.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Maßnahmen zur dynamischen Spannungsregelung der Netztransformatoren bei Netzknoten NK-2 (NT-2) M110/20_20	Netzzustandsabhängige Spannungsregelung der Netztransformatoren	110/20-kV-Trafo	2030	50.000 €	Stadt Würzburg + Umland

Netzausbauplan, Kabel MS, verbrauchsbedingt M20_2, M20_19	Netzoptimierungen im nördlichen und südlichen Versorgungsbereich	MS-Kabel	2024	514.770 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel MS, erzeugungsbedingt M20_2; M20_17	Netzoptimierungen im nördlichen und südlichen Versorgungsbereich	MS-Kabel	2024	2.396.240 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_1	Netzoptimierung und Verstärkung NS-Netz	NS-Kabel	2024	2.219.409 €	Stadt Würzburg + Umland
Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel MS, verbrauchs- und erzeugungsbedingt M20_70	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von MS-Kabeln	MS-Kabel	2024	1.494.201 €	Stadt Würzburg + Umland
Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_1	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von NS-Kabeln	NS-Kabel	2024	86.013 €	Stadt Würzburg + Umland
Erschließung Baugebiete, Kabel NS M1_1	Netzerweiterungen in ausgewiesenen Baugebieten	NS-Kabel	2024	611.496 €	Stadt Würzburg + Umland
Verstärkung Trafo (Ersatz) M20/1_Verst. Trafo	Nutzungsdauerbedingter Ersatz mit Verstärkung des Transformators sowie steigender Erzeugungs- und Verbraucherleistungen im jeweiligen Versorgungsbereich	Transformator	2024	541.836 €	Stadt Würzburg + Umland

Ersatzneubau Trafostationen (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Ersatz ONS	Nutzungsdauerbedingter Ersatzneubau der ONS sowie steigender Erzeugungs- und Verbraucherleistungen im jeweiligen Versorgungsbereich	ONS	2024	716.750 €	Stadt Würzburg + Umland
Austausch Mittelspannungsschaltanlage (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Ersatz MSAN	Nutzungsdauerbedingte Auswechselung der Schaltanlage in den betroffenen Trafostationen.	MS-SA	2024	138.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS BG (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Neubau ONS_BG	Neubau ONS aufgrund Erschließung von Baugebieten	ONS	2024	165.500 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Anlagen, verbrauchsbedingt M20_65	Netzoptimierung und Erweiterung; Neubau SH	SH	2025	3.432.550 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Anlagen, erzeugungsbedingt M20_67, M20_68	Netzoptimierung und Verstärkung; Neubau von MS-Knoten	SH, ONS	2025	1.706.500 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel MS, verbrauchsbedingt M20_4, M20_6; M20_7, M20_8, M20_12, M20_29	Netzoptimierung und Erweiterung, Teil-Umstrukturierung MS-Netz	MS-Kabel	2025	1.181.675 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel MS, erzeugungsbedingt M20_1, M20_2, M20_3, M20_5, M20_14, M20_18	Netzerweiterungen zur Verstärkung des nördlichen und südlichen Netzbereiches	MS-Kabel	2025	2.144.930 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_2	Netzoptimierung und Verstärkung NS-Netz	NS-Kabel	2025	2.321.667 €	Stadt Würzburg + Umland

Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel MS, verbrauchs- und erzeugungsbedingt M20_71	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von MS-Kabeln	MS-Kabel	2025	1.576.727 €	Stadt Würzburg + Umland
Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_2	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von NS-Kabeln	NS-Kabel	2025	21.888 €	Stadt Würzburg + Umland
Erschließung Baugebiete, Kabel NS M1_2	Netzerweiterungen in ausgewiesenen Baugebieten	NS-Kabel	2025	657.153 €	Stadt Würzburg + Umland
Verstärkung Trafo (Verbrauch) M20/1_Verst. Trafo	Verstärkung Transformator überwiegend aufgrund steigenden Verbrauchs im jeweiligen Versorgungsbereich	Transformator	2025	112.104 €	Stadt Würzburg + Umland
Verstärkung Trafo (Ersatz) M20/1_Verst. Trafo	Nutzungsdauerbedingter Ersatz mit Verstärkung des Transformators sowie steigender Erzeugungs- und Verbraucherleistungen im jeweiligen Versorgungsbereich	Transformator	2025	429.732 €	Stadt Würzburg + Umland
Ersatzneubau Trafostationen (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Ersatz ONS	Nutzungsdauerbedingter Ersatzneubau der ONS sowie steigender Erzeugungs- und Verbraucherleistungen im jeweiligen Versorgungsbereich	ONS	2025	1.290.150 €	Stadt Würzburg + Umland

Austausch Mittelspannungsschaltanlage (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Ersatz MSAN	Nutzungsdauerbedingte Auswechselung der Schaltanlage in den betroffenen Trafostationen.	MS-SA	2025	241.500 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS (Verbrauch) M20/1_Neubau ONS	Neubau ONS aufgrund steigenden Verbrauchs im jeweiligen Versorgungsbe- reich.	ONS	2025	175.350 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS BG (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Neubau ONS_BG	Neubau ONS aufgrund Erschließung von Baugebieten	ONS	2025	260.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Anlagen, erzeugungsbedingt M20_66	Netzoptimierung und Verstärkung: Neubau eines MS-Knotens (SH) zur Verbesserung der Spannungshaltung und der Versorgungssicherheit	SH	2026	2.145.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel MS, verbrauchsbedingt M20_11, M20_20; M20_22, M20_23	Netzoptimierung und Verstärkung; Vorbereitende Maßnahmen zur Umstrukturierung des MS-Netzes	MS-Kabel	2026	2.258.490 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel MS, erzeugungsbedingt M20_18	Netzoptimierung und Verstärkung: Weitere Kabelanbindungen an das neue SH	MS-Kabel	2026	538.660 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel NS verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_3	Netzoptimierung und Verstärkung NS-Netz	NS-Kabel	2026	2.465.392 €	Stadt Würzburg + Umland

Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel MS, verbrauchs- und erzeugungsbedingt M20_72	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von MS-Kabeln	MS-Kabel	2026	571.050 €	Stadt Würzburg + Umland
Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel NS, verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_3	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von NS-Kabeln	NS-Kabel	2026	511.804 €	Stadt Würzburg + Umland
Verstärkung Trafo (Verbrauch) M20/1_Verst. Trafo	Verstärkung Transformator überwiegend aufgrund steigenden Verbrauchs im jeweiligen Versorgungsbereich	Transformator	2026	112.104 €	Stadt Würzburg + Umland
Verstärkung Trafo (Ersatz) M20/1_Verst. Trafo	Nutzungsdauerbedingter Ersatz mit Verstärkung des Transformators sowie steigender Erzeugungs- und Verbraucherleistungen im jeweiligen Versorgungsbereich	Transformator	2026	429.732 €	Stadt Würzburg + Umland
Ersatzneubau Trafostationen (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Ersatz ONS	Nutzungsdauerbedingter Ersatzneubau der ONS sowie steigender Erzeugungs- und Verbraucherleistungen im jeweiligen Versorgungsbereich	ONS	2026	1.290.150 €	Stadt Würzburg + Umland

Austausch Mittelspannungsschaltanlage (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Ersatz MSAN	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung der Schaltanlage in den betroffenen Trafostationen.	MS-SA	2026	1.414.500 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS (Verbrauch) M20/1_Neubau ONS	Neubau ONS aufgrund steigenden Verbrauchs im jeweiligen Versorgungsbe- reich.	ONS	2026	175.350 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS BG (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Neubau ONS_BG	Neubau ONS aufgrund Erschließung von Baugebieten	ONS	2026	157.500 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel MS, verbrauchsbedingt M20_9, M20_13; M20_15, M20_16; M20_21; M20_24	Netzoptimierung und Verstärkung; Vorbereitende Maßnahmen zur Umstrukturierung des MS-Netzes	MS-Kabel	2027	3.952.475 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_4	Netzoptimierung und Verstärkung NS-Netz	NS-Kabel	2027	2.633.611 €	Stadt Würzburg + Umland
Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel MS, verbrauchs- und erzeugungsbedingt M20_73	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von MS-Kabeln	MS-Kabel	2027	539.123 €	Stadt Würzburg + Umland
Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_4	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von NS-Kabeln	NS-Kabel	2027	437.291 €	Stadt Würzburg + Umland

Erschließung Baugebiete, Kabel NS M1_4	Netzerweiterungen in ausgewiesenen Baugebieten	NS-Kabel	2027	26.163 €	Stadt Würzburg + Umland
Verstärkung Trafo (Verbrauch) M20/1_Verst. Trafo	Verstärkung Transformator überwiegend aufgrund steigenden Verbrauchs im jeweiligen Versorgungsbereich	Transformator	2027	112104	Stadt Würzburg + Umland
Verstärkung Trafo (Erzeugung) M20/1_Verst. Trafo	Verstärkung Transformator aufgrund steigender Erzeugungsleistung im jeweiligen Versorgungsbereich.	Transformator	2027	18.684 €	Stadt Würzburg + Umland
Verstärkung Trafo (Ersatz) M20/1_Verst. Trafo	Nutzungsdauerbedingter Ersatz mit Verstärkung des Transformators sowie steigender Erzeugungs- und Verbraucherleistungen im jeweiligen Versorgungsbereich	Transformator	2027	411.048 €	Stadt Würzburg + Umland
Ersatzneubau Trafostationen (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Ersatz ONS	Nutzungsdauerbedingter Ersatzneubau der ONS sowie steigender Erzeugungs- und Verbraucherleistungen im jeweiligen Versorgungsbereich	ONS	2027	1.290.150 €	Stadt Würzburg + Umland

Austausch Mittelspannungsschaltanlage (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Ersatz MSAN	Nutzungsdauerbedingte Auswechselung der Schaltanlage in den betroffenen Trafostationen.	MS-SA	2027	1.414.500 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS (Verbrauch) M20/1_Neubau ONS	Neubau ONS aufgrund steigenden Verbrauchs im jeweiligen Versorgungsbereich	ONS	2027	175.350 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS (Erzeugung) M20/1_Neubau ONS	Neubau ONS aufgrund steigender Erzeugungsleistung im jeweiligen Versorgungsbereich.	ONS	2027	183.350 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS BG (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Neubau ONS_BG	Neubau ONS aufgrund Erschließung von Baugebieten	ONS	2027	181.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Anlagen, verbrauchsbedingt M20_69	Netzoptimierung und Erweiterung; Neubau ONS	ONS	2028	114.000 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel MS, verbrauchsbedingt M20_10, M20_25; M20_26, M20_27; M20_28;	Netzoptimierung und Verstärkung; Verstärkung und Abschluss der Umstrukturierung des MS-Netzes im süd-östlichen Netzbereich	MS-Kabel	2028	1.587.260 €	Stadt Würzburg + Umland
Netzausbauplan, Kabel MS, erzeugungsbedingt M20_28	Netzoptimierung und Verstärkung:	MS-Kabel	2028	936.110 €	Stadt Würzburg + Umland

Netzausbauplan, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungs- bedingt M1_5	Netzoptimierung und Verstärkung NS-Netz	NS-Kabel	2028	2.806.035 €	Stadt Würz- burg + Umland
Nutzungsdauerbedingte Aus- wechslung, Kabel MS, ver- brauchs- und erzeugungsbe- dingt M20_74	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von MS-Kabeln	MS-Kabel	2028	714.150 €	Stadt Würz- burg + Umland
Nutzungsdauerbedingte Aus- wechslung, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungs- bedingt M1_5	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von NS-Kabeln	NS-Kabel	2028	371.690 €	Stadt Würz- burg + Umland
Erschließung Baugebiete, Ka- bel NS M1_5	Netzerweiterungen in ausgewiesenen Baugebieten	NS-Kabel	2028	341.829 €	Stadt Würz- burg + Umland
Verstärkung Trafo (Verbrauch) M20/1_Verst. Trafo	Verstärkung Transformator überwiegend aufgrund steigenden Verbrauchs im jewei- ligen Versorgungsbereich	Transformator	2028	112104	Stadt Würz- burg + Umland
Verstärkung Trafo (Erzeugung) M20/1_Verst. Trafo	Verstärkung Transformator aufgrund stei- gender Erzeugungsleistung im jeweiligen Versorgungsbereich.	Transformator	2028	18.684 €	Stadt Würz- burg + Umland

Verstärkung Trafo (Ersatz) M20/1_Verst. Trafo	Nutzungsdauerbedingter Ersatz mit Verstärkung des Transformators sowie steigender Erzeugungs- und Verbraucherleistungen im jeweiligen Versorgungsbereich	Transformator	2028	411.048 €	Stadt Würzburg + Umland
Ersatzneubau Trafostationen (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Ersatz ONS	Nutzungsdauerbedingter Ersatzneubau der ONS sowie steigender Erzeugungs- und Verbraucherleistungen im jeweiligen Versorgungsbereich	ONS	2028	1.290.150 €	Stadt Würzburg + Umland
Austausch Mittelspannungsschaltanlage (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Ersatz MSAN	Nutzungsdauerbedingte Auswechselung der Schaltanlage in den betroffenen Trafostationen.	MS-SA	2028	1.414.500 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS (Verbrauch) M20/1_Neubau ONS	Neubau ONS aufgrund steigenden Verbrauchs im jeweiligen Versorgungsbereich	ONS	2028	350.700 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS (Erzeugung) M20/1_Neubau ONS	Neubau ONS aufgrund steigender Erzeugungsleistung im jeweiligen Versorgungsbereich	ONS	2028	183.350 €	Stadt Würzburg + Umland
Neubau ONS BG (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Neubau ONS_BG	Neubau ONS aufgrund Erschließung von Baugebieten	ONS	2028	181.000 €	Stadt Würzburg + Umland

Maßnahmenplan (Netzgebiet 2) - NS, UW MS/NS bis 2028

Maßnahme	kurze Projektbeschreibung	Betriebsmittel	Optimaler Zeitpunkt der Fertigstellung	Kosten (geschätzt) Euro	(ge-in Betroffenes Teilnetzgebiet
Netzausbauplan, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_8	Netzoptimierung und Verstärkung NS-Netz	NS-Kabel	2024	73.241 €	Leinach
Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_8	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von NS-Kabeln	NS-Kabel	2024	2.838 €	Leinach
Netzausbauplan, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_9	Netzoptimierung und Verstärkung NS-Netz	NS-Kabel	2025	76.615 €	Leinach
Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_9	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von NS-Kabeln	NS-Kabel	2025	722 €	Leinach
Netzausbauplan, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_10	Netzoptimierung und Verstärkung NS-Netz	NS-Kabel	2026	81.358 €	Leinach

Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_10	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von NS-Kabeln	NS-Kabel	2026	16.890 €	Leinach
Erschließung Baugebiete, Kabel NS M1_10	Netzerweiterungen in ausgewiesenen Baugebieten	NS-Kabel	2026	50.000 €	Leinach
Neubau ONS BG (Verbrauch + Erzeugung) M20/1_Neubau ONS_BG	Neubau ONS aufgrund Erschließung von Baugebieten	ONS	2026	143.350 €	Leinach
Netzausbauplan, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_11	Netzoptimierung und Verstärkung NS-Netz	NS-Kabel	2027	86.909 €	Leinach
Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_11	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von NS-Kabeln	NS-Kabel	2027	14.431 €	Leinach
Verstärkung Trafo (Verbrauch) M20/1_Verst. Trafo	Verstärkung Transformator überwiegend aufgrund steigenden Verbrauchs im jeweiligen Versorgungsbereich	Transformator	2027	18.684 €	Leinach
Netzausbauplan, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_12	Netzoptimierung und Verstärkung NS-Netz	NS-Kabel	2028	92.599 €	Leinach

Nutzungsdauerbedingte Auswechslung, Kabel NS; verbrauchs- und erzeugungsbedingt M1_12	Nutzungsdauerbedingte Auswechslung von NS-Kabeln	NS-Kabel	2028	12.266 €	Leinach
Verstärkung Trafo (Verbrauch) M20/1_Verst. Trafo	Verstärkung Transformator überwiegend aufgrund steigenden Verbrauchs im jeweiligen Versorgungsbereich	Transformator	2028	18.684 €	Leinach