

Bericht gem. § 14d EnWG für das Jahr 2022

Stuttgart, 29. Juli 2022
Stuttgart Netze GmbH

Bericht „Netzausbauplan“ gem. § 14d EnWG für das Jahr 2022

Herausgegeben und bearbeitet:

Stuttgart Netze GmbH
Stöckachstraße 48
70190 Stuttgart

Ausgabe: Juli 2022

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Vertretung außerhalb der gesetzlichen Vorgaben ist unzulässig und strafbar und muss von den Herausgebern schriftlich genehmigt werden.

© Stuttgart Netze GmbH
Stöckachstraße 48
70190 Stuttgart

Internet: www.stuttgart-netze.de

Einführung

Die Stadt Stuttgart hat sich zum Ziel gesetzt bis spätestens zum Jahr 2035 klimaneutral (Net-Zero) zu werden. Dabei will sich die Stadt auf die Sektoren: Strom, Wärme und Verkehr konzentrieren. Um die Stadt bei diesem Ziel zu unterstützen, baut die Stuttgart Netze GmbH (nachfolgend Stuttgart Netze „SN“) die Infrastruktur zur Stromversorgung um.

Für die Planung der Infrastruktur wird angenommen, dass bis zum Jahr 2045 alle privaten PKW im Stadtgebiet Stuttgart elektrisch betrieben werden und dass der Wärmebedarf zu erheblichen Teilen über Wärmepumpen und andere elektrisch betriebenen Wärmeerzeuger gedeckt wird. Der daraus resultierende zusätzliche Energiebedarf kann zum größten Teil durch den Zubau von Photovoltaikanlagen gedeckt werden. Durch die vom Land Baden-Württemberg beschlossene Solardachpflicht, wird es in den kommenden 10 Jahren zu einem Anstieg der Erzeugungsleistung aus Photovoltaik geben. Zusätzlich sind im Stadtgebiet zwei Gasturbinen in Planung. Diese sollen mit klimaneutralen Gasen betrieben werden und haben eine Nennleistung von 140MW.

Inhaltsverzeichnis

Einführung	II
1 Aktuelles Netz.....	1
2 Last und EEG-Zuwachs:	4
2.1 Lastprognose.....	4
2.2 Prognose für den Zubau der Erneuerbaren Energien.....	6
3 Zielnetz.....	7
3.1 Planungsgrundlagen.....	7
3.2 Engpässe im Hochspannungskabelnetz	8
3.3 Engpässe in den Umspannwerken:.....	11
3.4 Weitere Projekte in der Hochspannung	12
3.4.1 Erneuerung des Kabels zwischen UW Marienstraße und UW Schickhardtschule.....	12
3.4.2 Neubau eines Hochspannungskabel zwischen UW Degerloch und UW Birkach.....	12
3.4.3 Erneuerung von Gasdruckkabel.....	12
4 Systemdienstleistungen	13
5 Spitzenkappung.....	13
6 Literaturverzeichnis.....	14
7 Abbildungsverzeichnis.....	14

1 Aktuelles Netz

Die Stuttgart Netze ist der Netzbetreiber für das Stromnetz auf der Gemarkung der Stadt Stuttgart. Dabei verfügt die Stuttgart Netze über drei 110kV-Anschlusspunkte an das 110kV Hochspannungsnetz des vorgelagerten Netzbetreibers Netze BW. Die geografische Netzstruktur ist in Abbildung 2 dargestellt. Darüber hinaus speisen zwei Großkraftwerke in das 110kV-Netz der Stuttgart Netze ein. Das 110kV-Netz erstreckt sich über eine Länge von 162km. Nur 5% sind davon als 110kV Freileitung ausgeführt. An 24 Umspannwerken (UW) wird die 110kV auf Mittelspannung (10kV) umgespannt und weiterverteilt. Zwei 110kV Schaltwerke (SW) sorgen für weitere Schaltmöglichkeiten im 110kV Netz. Die entsprechenden Namen und Abkürzungen sind in Abbildung 1 aufgelistet. Das ca. 1600km lange 10kV-Mittelspannungsnetz versorgt über 1400 Kunden- und 1000 Umspannstationen. Die kundeneigenen Übergabestationen versorgen direkt große, lastintensive Kunden (Bspw. Industrie- und Gewerbekunden). An den Umspann- bzw. Netzstationen findet die Umspannung zum Niederspannungsnetz (0,4kV) statt. Darüber hinaus sind am 10kV-Netz verschiedene Einspeiseanlagen mit hoher Anschlussleistung angeschlossen (z.B. Blockheizkraftwerke, Wasserkraftwerke und große PV-Anlagen). Über das Niederspannungsnetz (0,4kV) werden Haushalte, öffentliche Einrichtungen und Kleingewerbe der Stadt Stuttgart versorgt. Erzeugungsanlagen mit geringeren Anschlussleistungen (z.B. kleiner PV-Anlagen) speisen in das Niederspannungsnetz ein.

Abkürzung	Umspannwerk (UW)/ Schaltwerk (SW)
ALLMA	Allmand
ASTDT	Altstadt
BIRKH	Birkach
BLUST	Bludenzer Straße
DAMMO	Daimler Motorenwerk
DAVCH	Daimler Versuch
DEGLH	Degerloch
EIHEN	Eichen
FASHF	Fasanenhof

Bericht „Netzausbauplan“ gem. § 14d EnWG für das Jahr 2022

GAUUW	Gaisburg (SW)
HAFEN	Hafen
HEIST	Heilbronner Straße
LOWTR	Löwentor
MASTR	Marienstraße
MORGN	Möhringen (SW)
MUNST	Münster
REBST	Rembrandtstraße
REUTS	Reuterstraße
SATST	Sattler Straße
SAWSN	Salzwiesen
SEEWS	Seewiesen
SISUL	Schickhardtschule
STOKH	Stöckach
TALST	Talstraße
UTUHM	Untertürkheim
VAIHI	Vaihingen
WABST	Waiblinger Straße
WIDRF	Weilimdorf

Abbildung 1 Auflistung Umspann-, Schaltwerke

Bericht „Netzausbauplan“ gem. § 14d EnWG für das Jahr 2022

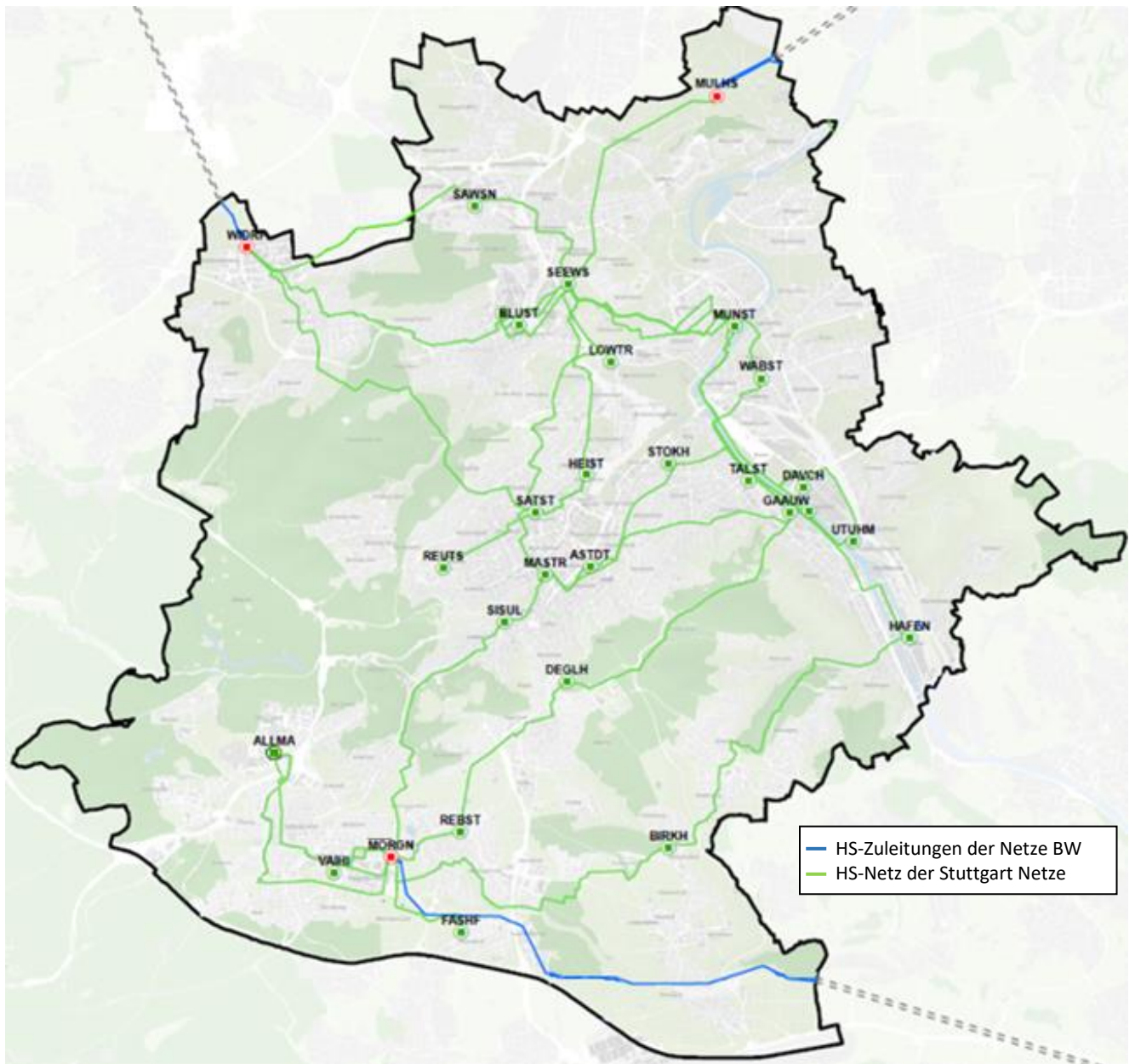


Abbildung 2 Hochspannungsnetz in Stuttgart

2 Last und EEG-Zuwachs:

Die elektrischen Netzbetriebsmittel werden voraussichtlich durch den zu erwartenden Lastzuwachs und den Zubau von regenerativen Erzeugungsanlagen (EE-Anlagen) ausgelastet sein. In dem folgenden Kapitel werden diese beiden Einflüsse auf die Netzinfrastruktur der Stuttgart Netze (SN) untersucht.

2.1 Lastprognose

Grundsätzlich unterteilt sich die Lastprognose in eine konventionelle und eine neuartige Lastprognose.

Der konventionelle Lastzuwachs beschreibt den Lastzuwachs, der durch den Anstieg der Bevölkerung innerhalb des Stadtgebietes entsteht. Dies schließt sowohl die Erschließung von Neubaugebieten als auch die Erschließung neuer Industriegebiete mit ein. Die Stuttgart Netze nimmt an, dass der konventionelle Lastzuwachs durch die Steigerung der Energieeffizienz über einen Zeitraum von 10 Jahren und die aktuell vorhandenen Netzreserven bewältigt werden kann.

Der neuartige Lastzuwachs ist der Lastzuwachs aufgrund der Einflüsse der Energie-, Wärme- und Mobilitätswende. Dieser Lastzuwachs wurde anhand verschiedener Studien [1] mit dem Fokus auf die beiden Haupttreiber „E-Mobilität“ und „Wärmepumpen“ genauer untersucht. Der sich aus den Studien ergebende prognostizierte Spitzenlastzuwachs ist in der nachfolgenden Tabelle (Abbildung 3) für die beiden Haupttreiber dargestellt.

Art der Last	2027		2032	
	Anzahl	Spitzenlast Zuwachs [MW]	Anzahl	Spitzenlast Zuwachs [MW]
Elektromobilität	43553	23,95	87107	47,9
Wärmepumpe	1217	10,71	2435	21,43
Summe		34,7	2435	69,33

Abbildung 3 Studienergebnisse Zuwachs Spitzenlast

Bericht „Netzausbauplan“ gem. § 14d EnWG für das Jahr 2022

Der Zuwachs der Spitzenlast wird dabei durch die E-Mobilität über die folgende Formel berechnet:

$$P_{e-Auto} = g * Z_{E-Auto} * P_{Ladepunkt}$$

Mit:

g (Gleichzeitigkeitsfaktor) = 0,05 [2]

Z_{E-Auto} : Anzahl der E-Auto

$P_{Ladepunkt}$: Leistung der Ladepunkte, hier wurde der Mittelwert (11kW) angenommen.

Der Zuwachs der Spitzenlast durch Wärmepumpen wird über die folgende Formel berechnet:

$$P_{wp} = g * Z_{wp} * P_{einzelne wp}$$

Mit:

g (Gleichzeitigkeitsfaktor) = 0,78 [2]

Z_{wp} : Anzahl der Wärmepumpen

$P_{einzelne wp}$: Leistung einer Wärmepumpe, hier wurde der Mittelwert (11kW) angenommen.

Dieser Lastzuwachs führt zu Engpässen im Netz. Im Kapitel 3 wird ausgeführt, wie die prognostizierten Engpässe lokalisiert werden können und welche Maßnahmen die SN plant, um die Engpässe zu verhindern.

2.2 Prognose für den Zubau der Erneuerbaren Energien

Die Stuttgart Netze beobachtet detailliert die stromnetzrelevanten Entwicklungen und Veränderungen in Stuttgart. Allerdings lässt sich für die kommenden 10 Jahre kein flächendeckender oder struktureller Netzausbaubedarf durch den Zubau von dezentralen Erzeugungsanlagen erkennen. Dies liegt vor allem an dem eng bebauten urbanen Umfeld mit zahlreichen Verbrauchern, welche dezentral erzeugten Strom unmittelbar abnehmen können, so dass kleinere dezentrale Erzeugungsanlage wie z.B. Photovoltaikanlagen auf Hausdächern sogar zur Entlastung des unmittelbaren Niederspannungsnetzes beitragen. Die Einspeiseleistung der kleinen EE-Anlagen ist dabei kleiner als die Verbraucherleistung der Ladesäulen und/oder Wärmepumpen. Aus diesem Grund werden keine Maßnahmen für den Einspeisezuwachs aus kleinen Erzeugungsanlagen explizit geplant. Größere Erzeugungsanlagen wie beispielsweise KWK-, Wind- oder Wasserkraftanlagen verlangen nach einem auf den Einzelfall abgestimmten Netzanschlusskonzept. Durch den langen Vorlauf solcher Projekte und deren geringen Anzahl, ist eine individuelle Planung und Umsetzung von Leitungstrassen und Netzverstärkungen gewährleistet. Als Beispiel ist die Kraftwerkserweiterung der EnBW im Kraftwerk Münster anzuführen. Das Kraftwerk wird durch zwei neue Turbinen erweitert, um die Gesamtleistung auf 240MW anzuheben. Diese Erhöhung der Kraftwerksleistung führt bei voller Nutzung zur Überlastung der Hochspannungskabel in diesem Bereich. Aus diesem Grund finden frühzeitig Gespräche zwischen den Beteiligten statt, so dass ein solcher Zubau bei der Ausbauplanung unseres Netzes berücksichtigt werden kann.

3 Zielnetz

Bei der Planung des Zielnetzes wurde der aktuelle Netzzustand im Netzberechnungsprogramm „Powerfactory“ der Firma DigSILENT modelliert und untersucht. Die entwickelten Last- und die Einspeiseprognosen wurden importiert und das gesamte Stromnetz auf zukünftige Engpässe untersucht. Um die aufgetretenen Engpässe zu verhindern, wurden zuerst unterschiedliche Maßnahmenlösungsansätze identifiziert, technisch und kaufmännisch bewertet, so dass am Ende ein Zielnetzmaßnahmenpaket definiert werden konnte

3.1 Planungsgrundlagen

Für die Erstellung des Zielnetzes sind folgende Schritte notwendig:

1. Nachbildung des Randnetzes im Powerfactory-Netzmodell
2. Hinterlegen der Wirk- und Blindleistungszeitreihen an allen 10kV-Transformatorabgängen der 110kV-Transformatoren des Verteilnetzbetreibers (SN) und der angeschlossenen Kraftwerke
3. Durchführung der Zeitreihenanalyse, um kritische Zeitpunkte zu definieren an denen sich im Stromnetz hohe Lastschwerpunkte ergeben oder Kabelverbindungen eine Überlastung aufweisen
4. Erstellung von Lastprognosen für jedes Umspannungsgebiet für die nächsten 5, 10 und 15 Jahre. Die Lastprognose wird anschließend in das Netzmodell importiert.
5. Die geplante Einspeiseerhöhung des Kraftwerks Münster wird berücksichtigt. Dies ist notwendig, da sich bei voller Einspeisung und keine Einspeisung (Null-Einspeisung) der Kraftwerksgeneratoren die Belastungssituation der Leitungen bedeutend verändert
6. Überprüfung einer möglichen Überlastung der Umspannwerke in den nächsten 5, 10 und 15 Jahren und Identifikation von möglichen Maßnahmen zur Entlastung dieser Umspannwerke und der dazugehörigen Hochspannungsleitungen
7. n-1 Ausfallanalysen im Netzmodell für die Jahre 2027, 2032 und 2037 auf Basis der unter Punkt 3 ermittelten kritischen Zeitpunkte. Die Ausfallanalysen wird für die Fälle Volleinspeisung und Nulleinspeisung der Kraftwerksgeneratoren durchgeführt.
8. Zum Schluss werden die Ergebnisse der Ausfallanalysen interpretiert. Es wird überprüft welche Kabelstrecken in den nächsten 5, 10 und 15 Jahren durch den Last- und Einspeiseanstieg überlastet werden. Für diese Überlastungen werden entsprechende Entlastungsmaßnahme identifiziert, und bewertet. Sofern es möglich ist, sollen durch diese Maßnahmen erneuerungswürdige Gasdruckkabel im Netzgebiet durch kunststoffisolierte-Kabel erneuert werden.

3.2 Engpässe im Hochspannungskabelnetz

Zukünftig werden aufgrund der Last- und Einspeiserhöhung (z.B. Ausbau Kraftwerk Münster) acht Hochspannungskabel in den nächsten 10 Jahren überlastet. Diese Kabel sind auf der nachfolgenden Karte (Abbildung 4) in rot markiert.

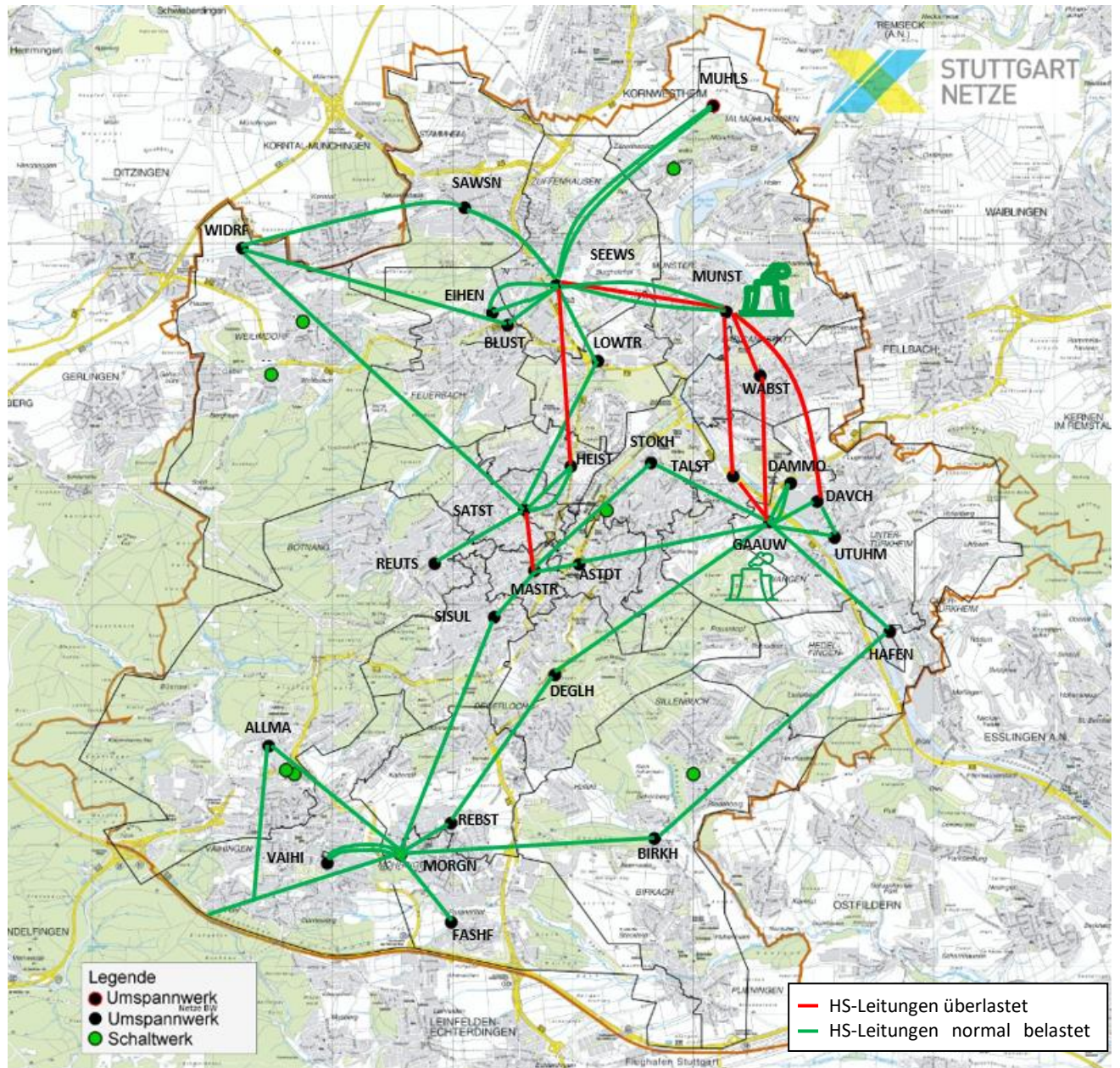


Abbildung 4 Netzkarte mit Leitungsbelastung

Die Ertüchtigung und Verstärkung (Erhöhung des Querschnittes) dieser acht Hochspannungskabel hat verschiedene Nachteile:

1. Die Erneuerung führt zu einer 25km langen Baustelle im innerstädtischen Bereich. Dabei entstehen erhebliche, langjährige Verkehrsbehinderungen im Stadtgebiet
2. Weitere Hochspannungskabel werden in den nächsten 15 Jahren überlastet. Die Ertüchtigung und Verstärkung dieser acht Kabel bewirkt keine Entlastung für diese weiteren HS-Kabel.
3. Die Einhaltung der n-1 Sicherheit ist während des Austausches der Kabel nur mit erheblichem Mehraufwand einzuhalten. Die einzelne Zeitdauer dieses Zustands würde mindestens sechs Monate betragen.

Aus diesem Grund wurde nach einer langfristigen Lösung gesucht. In der nachfolgenden Karte (Abbildung 5) ist diese Lösungsvariante in blau eingezeichnet.

Bericht „Netzausbauplan“ gem. § 14d EnWG für das Jahr 2022

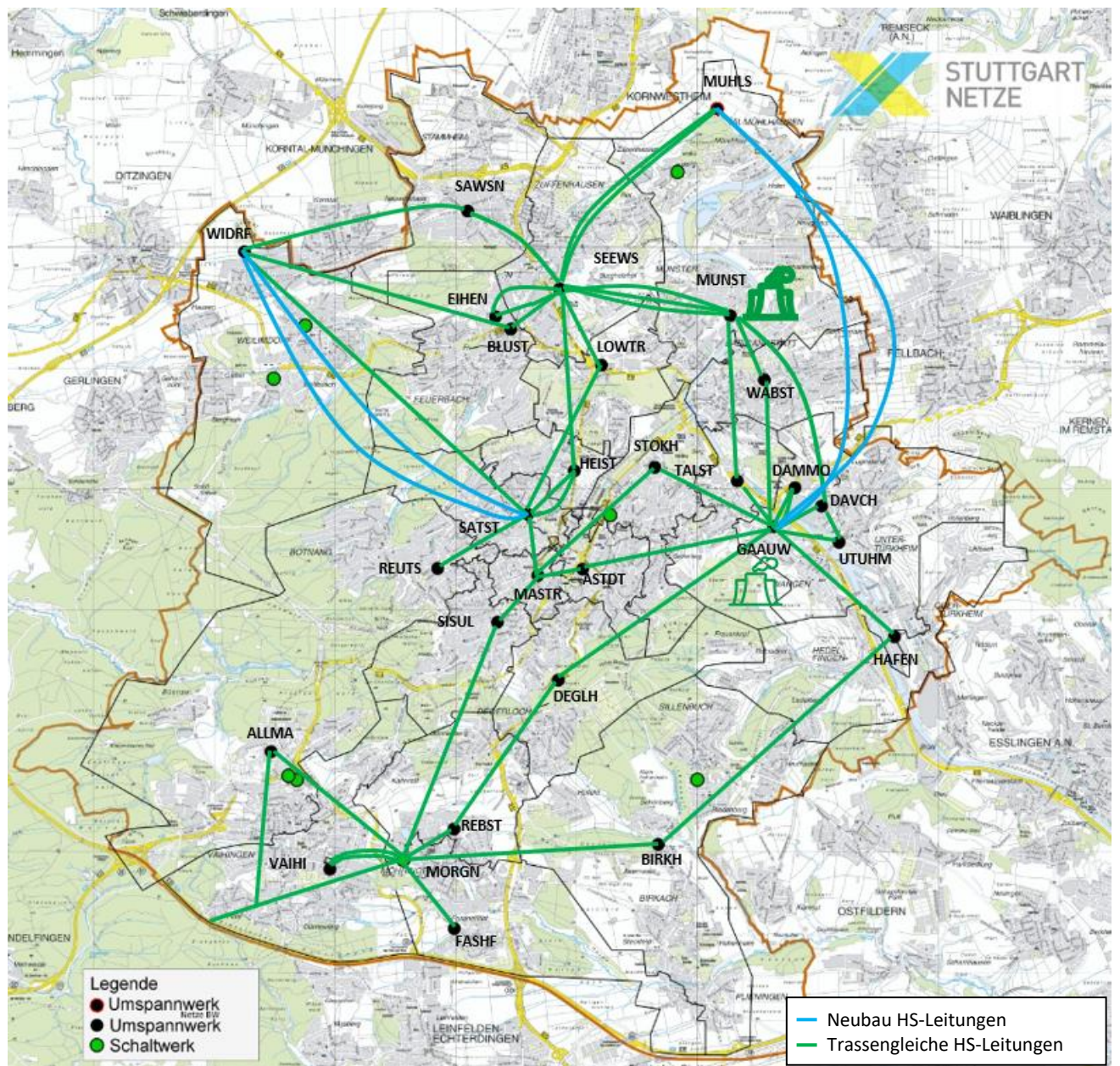


Abbildung 5 Netzkarte mit Zielnetzleitungsba

Durch den Bau von zwei Doppelkabel können die erwarteten Engpässe der nächsten 10 Jahre deutlich reduziert werden. Die Kabel verlaufen im Nordosten zum einen vom UW Mühlhausen (MULHS) zum SW Gaisburg (GAAUW) zum anderen im Nordwesten vom UW Weilimdorf (WIDRF) zum UW Sattlerstraße (SATST).

Zusätzlich habe die Baumaßnahmen folgende Vorteile:

(Abkürzungen s. a. Abbildung 1 Abbildung 1 Auflistung Umspann-, Schaltwerke auf Seite 2)

MULHS-GAAUW:

1. Diese Kabel verhindern die Überlastung der Kabelverbindungen zwischen Seewiesen-Münster-Gaisburg sowie das Kabel Sattlerstraße -Marienstraße.
2. Dadurch können die erneuerten Gasturbinen des Kraftwerks Münster in Betrieb gehen und die volle Leistung einspeisen.
3. Es können zwei erneuerungswürdige Hochspannungskabel zwischen SEEWES und MUNST stillgelegt werden. Eine betrieblich aufwändige, trassengleiche, querschnittsbegrenzte Erneuerung ist nicht mehr notwendig.
4. Entlastung des Freileitungssystem MUHLS-SEEWS, sowie die drei Nord-Süd-Verbindungen (MORGN-BIRKH-HAFEN-GAAUW; MORGN-REBST-DEGLH-GAAUW und MORGN-SISUL-MASTR)
5. Herstellung der n-1 Sicherheit für die acht Gasdruckkabel-Erneuerungsprojekte
6. Erhöhung der Einspeiseleistung am UW MUHLS um 250 MW.
7. Reduzierung die Transitleistung und damit die Verlustleistung

WIDRF-SATST:

1. Dieses Kabel verhindert die Überlastung der HS Kabelstrecke SEEWS-HEIST
2. Dieses Kabel ersetzt ein störungsanfälliges Gasdruckkabel
3. Durch diese Maßnahme können drei erneuerungsbedürftige Gasdruckkabel mit einer Gesamtlänge von 15,27 km stillgelegt werden. Diese Kabelstrecken können aus n-1 Aspekten während der langen Bauzeit nicht durch ein trassengleiches VPE-Kabel ersetzt werden.
4. Reduziert die Transitleistung und damit die Verlustleistung im Netz.
5. Dadurch kann das HS Netz mehr Leistung vom Einspeisepunkt Weilimdorf beziehen. Dies führt zu einer besseren Aufteilung der Übertragungsleistung auf die nördlichen Einspeisungen.

3.3 Engpässe in den Umspannwerken:

In der nächste 10 Jahren wird lediglich das UW Seewiesen (SEEWS) überlastet. Diese Überlastung wird kurzfristige durch Lastverlagerung auf benachbarte Umspannwerke aufgelöst. Als langfristige Lösung (Bis 2037) ist der Bau von zwei Umspannwerken in der Nähe vom UW SEEWS geplant. Dadurch kann dieses und auch weitere Umspannwerke entlastet werden.

3.4 Weitere Projekte in der Hochspannung

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Projekten plant die Stuttgart Netze in den nächsten 10 Jahren weitere Kabelprojekte um mehr Übertragungskapazitäten sowie eine Verbesserung der Versorgungssicherheit im Stromnetz zu schaffen.

3.4.1 Erneuerung des Kabels zwischen UW Marienstraße und UW Schickhardtschule

Das Kabel zwischen dem UW Marienstraße und dem UW Schickhardtschule ist ein Gasinnendruckkabel aus dem Jahr 1967 mit einer Länge von 1,5km. Das Kabel ist aufgrund einer Störung seit dem Jahr 2022 nicht mehr betriebsfähig und soll im Jahr 2023 durch ein vVPE-Kabel („Stadt- bzw. Rohrkabel“) ersetzt werden.

3.4.2 Neubau eines Hochspannungskabel zwischen UW Degerloch und UW Birkach

Zwischen dem HS Schaltwerk Gaisburg und HS Schaltwerk Möhringen gibt zwei HS Verbindungen mit einer Gesamtlänge von 30,9km. Über 90% der Leitungslänge besteht aus erneuerungswürdigen Gasdruckkabelteilstrecken aus den Jahren 1954 bis 1981. Diese Verbindung soll gemeinsam mit einer dritten Verbindung die Last im Stuttgarter Süden für den Fall decken, dass der südliche Einspeisepunkt Möhringen ausfällt. Im Normalzustand versorgen die zwei Verbindungen vier Umspannwerke. Zwei der vier Umspannwerke wären momentan bei einer trassengleichen HS-Kabelerneuerung nicht n-1 sicher. Aus diesem Grund soll vor der Erneuerung von diesem Gasdruckkabel, das Kabel Degerloch-Birkach gebaut werden. Gleichzeitig wird dadurch die Übertragungskapazität im südöstlichen Netzteil verstärkt.

3.4.3 Erneuerung von Gasdruckkabel

Über 90% der Hochspannungsleitungen in Stuttgart sind momentan Gasdruckkabel. Diese Kabel werden seit über 20 Jahren nicht mehr produziert. Die Wartung und der Betrieb dieser Gasdruckkabel sind aufwendig. Außerdem gibt es nur noch wenige Firmen, die qualifiziertes Personal und entsprechendes Ersatzmaterial vorhalten, um störungsbedingte Reparaturen, Umlegungen und Erneuerungen durchführen zu können. Aufgrund von Materialermüdung werden diese Kabel in den nächsten Jahren immer störungsanfälliger. Aus diesem Grund möchte die Stuttgart Netze langfristig alle Gasdruckkabel stilllegen oder durch kunststoffisolierte Kabel ersetzen. Mit dieser Intension sollen die Kabelstrecken REBST-DEGLH und DEGLH-GAAUW durch vVPE Kabel („Stadt- bzw. Rohrkabel“) ersetzt werden.

4 Systemdienstleistungen

Die Stuttgart Netze verpflichtet die Erzeugungsanlagen in allen Netzebenen grundsätzlich zur Einhaltung der für die Spannungsebene entsprechenden Technischen Anschlussbedingungen sowie deren Ergänzungen. Dies beinhaltet auch die Bereitstellung von nicht frequenzgebundenen Systemdienstleistungen (nfSDL) im technisch möglichem Umfang. Die Stuttgart Netze stellt sicher, dass die folgenden nfSDL bereitgestellt werden können:

- Einspeisung von dynamischem Blindstrom
- Bereitstellung von Kurzschlussstrom
- Trägheit der lokalen Netzstabilität („Momentanreserve“)
- Inselbetriebsfähigkeit

Können diese nfSDL nicht vollständig bereitgestellt werden, werden diese vom vorgelagerte Netzbetreiber beschafft.

5 Spitzenkappung

Der in EnWG §11 Absatz 2 beschriebene Ansatz der Spitzenkappung wird aktuell bei der Stuttgart Netze nicht eingesetzt.

Aktuell gibt es in Stuttgart nur eine Windenergieanlage mit einer maximalen Leistung von 0,6 kW. Aufgrund den aktuellen gesetzlichen Planungsvorgaben (z.B. Mindestabstand) ist grundsätzlich und im Besonderen im Betrachtungszeitraum von 10 Jahren mit keinem konkreten Windanlagenprojekt auf der Gemarkung der Stadt Stuttgart zu rechnen.

Bei kleinen PV-Anlagen (<25kWp) wird in der Regel die 70%-Regelung nach §9 EEG angewandt. Im städtischen Gebiet trifft dies für den Großteil der PV-Anlagen zu. Bei größeren Anlagen findet in der Regel ein Netzausbau statt, sofern dieser notwendig ist.

Aus diesem Grund wird für die Planung der nächsten 10 Jahre das Instrument der Spitzenkappung nicht verwendet.

6 Literaturverzeichnis

- [1] „Planungs- und Betriebsgrundsätze für städtische Verteilnetze,“ Bergische Universität Wuppertal, Lehrstuhl für Elektrische, Energieversorgungstechnik, Wuppertal, 2021.
- [2] „Zukünftige Energieflüsse und Anforderungen an das Stromverteilnetz auf Quartiersebene im Kontext nachhaltiger Mobilität und Energieversorgung - eNetze,“ Hochschule Esslingen, Universität Stuttgart, Karlsruher Institut für Technologie, 2021.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Auflistung Umspann-, Schaltwerke.....	2
Abbildung 2 Hochspannungsnetz in Stuttgart	3
Abbildung 3 Studienergebnisse Zuwachs Spitzenlast	4
Abbildung 4 Netzkarte mit Leitungsbelastung	8
Abbildung 5 Netzkarte mit Zielnetzleitungsbau.....	10