

Grundlagen der Metallbearbeitung und Einführung in den Betrieb des Stromnetzes der TWS Netz GmbH

Praxisarbeit T3_1000

Studiengang Elektrotechnik

Studienrichtung Energie- und Umwelttechnik

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen

von

Alexander Dreher

Abgabedatum:	26. September 2023
Bearbeitungszeitraum:	12 Wochen
Matrikelnummer:	5642939
Kurs:	TEU22
Ausbildungsfirma:	TWS Netz GmbH
Betreuer der Ausbildungsfirma:	Patricia Schmitz
Gutachter der Dualen Hochschule:	Prof. Dr.-Ing. Konrad Reif

Sperrvermerk

gemäß Ziffer 1.1.13 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017:

Der Inhalt dieser Arbeit darf weder als Ganzes noch in Auszügen Personen außerhalb des Prüfungsprozesses und des Evaluationsverfahrens zugänglich gemacht werden, sofern keine anders lautende Genehmigung vom Dualen Partner vorliegt.

Ravensburg, den 26. September 2023

Alexander Dreher

Erklärung

gemäß Ziffer 1.1.13 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017.

Ich versichere hiermit, dass ich meine Bachelorarbeit (bzw. Projektarbeit oder Studienarbeit bzw. Hausarbeit) mit dem Thema:

Grundlagen der Metallbearbeitung und Einführung in den Betrieb des Stromnetzes der TWS Netz GmbH

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Ravensburg, den 26. September 2023

Alexander Dreher

Überblick Tätigkeiten der Praxisphasen

Im ersten Teil der Praxisphase wurden grundlegende Fertigkeiten zur Metallbearbeitung erlernt. Diese sind hinreichend von der Bearbeitung mit der Hand, als auch mit der Maschine. Dabei war das Ziel ein Werkstück zu erstellen, durch Tätigkeiten wie Feilen, Sägen, Biegen, Bohren, Drehen, Fräsen oder Schweißen. Anschließend wurden grundlegende Fertigkeiten im Bereich Elektrotechnik erlernt. Diese wurden geschult durch das selbständige errechnen, aufbauen und messen von Gleichstromkreisen, als auch das installieren von Elektroinstallations- und Schützschaltungen im Bereich der Wechselstromlehre.

In der zweiten Praxisphase wurden Betriebsaufgaben im Bereich der Stromversorgung der TWS Netz GmbH kennen gelernt. Hierbei wurden die wichtigsten technischen und organisatorischen Prozesse der Stromversorgung dargelegt und deren Funktionen erläutert. Zu diesen Tätigkeiten zählen arbeiten, welche im Stromnetz durchgeführt werden, ohne dass sie den Kunden betreffen. Dies sind zum Beispiel Änderungen am Schaltfeld, Mittelspannungsschaltungen oder das Schneiden von inaktiven Mittelspannungskabeln. Außerdem gehören auch Tätigkeiten wie das Freischneiden von Freileitungen oder das entfernen von Verunreinigungen oder Wasser aus Umspannstationen dazu. Weitere Tätigkeiten des Betrieb Stromnetzes sind die Prüfung von neuen Mittelspannungskabeln, der Anschluss und die Inbetriebnahme von neuen Kabelverteilerschränken und Umspannstationen, das Installieren von Verbindungsmuffen oder Abzweigmuffen und das kontrollieren von Freileitungsmasten. Bei diesen Tätigkeiten kann es zu ausfällen im Stromnetz kommen, welche immer durch geeignete Umschaltung von Umleitungen oder dem Einsatz von Stromaggregate größtenteils vermieden werden soll.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	iii
Formelzeichenverzeichnis	iv
Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	vi
1 Verfahren zur Metallbearbeitung und Grundlagen der Elektrotechnik	1
1.1 Erstellung verschiedener Werkstücke aus Metall	1
1.2 Werkstückherstellung mithilfe verschiedener Metallbearbeitungsverfahren .	2
1.3 Herausforderungen bei der Fertigung	6
1.4 Erstellung von elektrischen Schaltungen	7
1.5 Die Integration von Elektrotechnik in den beruflichen Alltag	7
1.6 Die Bedeutung von Verfahren in der Elektrotechnik	7
2 Betriebsaufgaben im Stromnetz der TWS Netz GmbH	8
2.1 Kontrollen und Untersuchungen gefundener Schäden im Stromnetz	8
2.2 Maßnahmen zur Vorbeugung von Schäden im Stromnetz	9
2.3 Maßnahmen zur Erhaltung der Versorgungssicherheit	15
2.4 Installation verschiedenster Kabelmuffentypen	15
2.5 Stromnetzerweiterungen und -erneuerungen durch die Kabelmuffentechnik	16
2.6 Die Bedeutung von Kabelmuffen im Stromnetz	21
2.7 Inspektion von Schaltfeldern im Stromnetz der TWS Netz GmbH	22
2.8 Effiziente Schaltfeldverwaltung	22
2.9 Schaltfeldmanagement für eine zuverlässige Stromversorgung	26
3 Zusammenfassung	28
Literatur	30

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AuS	Arbeiten unter Spannung
bzw.	beziehungsweise
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
FI	Fehlerstromschutzschalter
ggf.	gegebenenfalls
kV	Kilovolt
KVS	Kabelverteilerschrank
ms	Millisekunden
NH-Sicherung ..	Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherung
PE/PEN	Schutzleiter
PSA	persönliche Schutzausrüstung
RCD	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
SF ₆	Schwefelhexafluorid
SW	Schaltwerk
Trafo	Transformator
Ust.	Umspannstation
z. B.	zum Beispiel

Formelzeichenverzeichnis

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
A	mm^2	Querschnittsfläche
I_{ges}	A	Gesamtstrom
I_n	A	Strom
$I_{\Delta n}$	mA	Bemessungsdifferenzstrom
l	m	Länge
R_a	Ω	Leitungswiderstand
R_{ges}	Ω	Gesamtwiderstand
R_n	Ω	Widerstand
U_n	V	Spannung
U_{nm}	V	komplexe Spannung zwischen Leiter n und m
w_n		Anzahl Wicklungen der Spule n
Z_n	Ω	Impedanz des Leiters n
κ	$\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$	spezifischer Leitwert
ρ	$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	spezifischer Widerstand

Abbildungsverzeichnis

1.1	Werkstattfeile	2
1.2	MAG-Schweißen	5
1.3	Elektrodenschweißen	6
2.1	Lichtbogen	10
2.2	Isolator	12
2.3	Schraubverbinder	17

Tabellenverzeichnis

2.1	Materialkonstanten	18
-----	------------------------------	----

1 Verfahren zur Metallbearbeitung und Grundlagen der Elektrotechnik

1.1 Erstellung verschiedener Werkstücke aus Metall

Es sind die wichtigsten Grundlagen zur Metallbearbeitung zu erlernen. Dazu sollen zunächst händische Verfahren erlernt werden, um anschließend Methoden zur maschinellen Bearbeitung kennen zu lernen. Schwerpunkt in dieser Aufgabe besteht darin, Fertigungsverfahren aus dem Bereich Zerspannung, Umformung und Fügung an Problemstellungen anzuwenden. Des Weiteren sollen Kenntnisse über die wichtigsten Eigenschaften verschiedener Metallarten erlernt werden. Außerdem ist es wichtig, dass Vorschriften zum Arbeitsschutz eingehalten und stets mit bedacht behandelt werden.

Ziel ist eine angeleitete, aber selbstständig durchgeführte Lösung eines Problems, mithilfe der einzelnen Bearbeitungsverfahren durchführen zu können.

Zudem sollen anschließend grundlegende Kenntnisse im Bereich der Elektrotechnik erlernt werden. Dazu sollen Problemstellungen zunächst theoretisch betrachtet werden um diese dann Anhand von Versuchsaufbauten praktisch zu betrachten. Dies findet zunächst im Bereich der Gleichstromlehre statt und wird anschließend im Drehstrombereich behandelt. Hier ist es von entscheidender Rolle, dass auch wichtige Regeln und Vorschriften zur Arbeitssicherheit erlernt und beachtet werden, um Arbeitsunfälle zu verhindern. Des Weiteren sollen Tätigkeiten und Vorgehensweisen eines Elektrikers geschult werden, um diese an Problemstellungen anzuwenden und ein zielorientiertes Arbeiten zu gewährleisten.

Ziel ist eine eigenständige Bearbeitung von Problemstellungen und das Erlernen von neuen elektrotechnischen Grundlagen, welche als Hilfestellung zur zielorientierten Bearbeitung dienen.

1.2 Werkstückherstellung mithilfe verschiedener Metallbearbeitungsverfahren

In der Metallverarbeitung gibt es verschiedene Verfahren zur Herstellung eines Werkstückes. Diese Verfahren werden in Hauptgruppen zusammengefasst und unterscheiden sich in ihren Eigenschaften der Bearbeitung und Veränderung von Rohmaterialien.

Eines dieser Verfahren ist das Trennen. Hierbei handelt es sich um ein spanendes Fertigungsverfahren.

Die spanende Fertigung beschreibt ein Verfahren zur Bearbeitung verschiedener Werkstoffe mit Hilfe von Werkzeugen, bei denen Material vom Werkstoff herausgeschnitten wird, um dessen Form oder Oberfläche zu verändern. Das abgetragene Material wird auch als Span bezeichnet. Zu den spanenden Fertigungsverfahren zählen z. B. das Feilen, Schleifen, Sägen, Bohren, Drehen und Fräsen. Jedes dieser Verfahren hat seine eigenen Eigenschaften und bietet sowohl Vor- als auch Nachteile.[6]

Das Feilen wird meist von Hand ausgeführt, mit sogenannten Werkstattfeilen und dient zur präzisen Bearbeitung von Werkstücken. Eine Werkstattfeile hat wie im Bild zu sehen einen Griff, an dem das Blatt befestigt ist. Auf diesem Blatt gibt es Einkerbungen, welche auch wie Zähne aussehen können. Diese sogenannten Hiebe, welche maschinell in das Blatt gefräst werden oder von Hand eingeschlagen werden, sorgen für den Abtrag des Materials an dem zu bearbeitenden Werkstück. Dies hat zur Folge, dass nur kleinere Arbeiten mit der Feile getätigt werden können, da andernfalls dieses Verfahren zu zeitaufwendig wäre. Im Gegensatz zur maschinellen Bearbeitung, wie z. B. beim Fräsen oder Drehen, bietet das Feilen den großen Vorteil, dass auch filigrane Arbeiten auf engem Raum getätigt werden können.



Abbildung 1.1: Werkstattfeile [5]

Zudem unterscheiden sich Feilen in ihrer Hiebzahl. Diese gibt an, wie viele Zähne sich auf einem Centimeter des Blattes befinden. Es gibt Feilen mit wenigen Hieben, welche ihren Anwendungsbereich in der Bearbeitung von weichen Werkstoffen wie Aluminium haben, aber auch zur Grobbearbeitung genutzt werden, um möglichst viel Material abzutragen. Feilen mit einer großen Anzahl von Hieben tragen nur wenig Material ab und sind meist unge-

eignet für weiche Werkstoffe, da die Späne in den Zwischenräumen stecken bleiben, dafür erzeugen diese meist eine glatte Oberfläche mit einer höheren Güte. Die Güte ist eine Oberflächenangabe, welche zur Aussage bringt, wie rau oder glatt diese ist. [7]

Das Fräsen ist neben dem Drehen eines der wichtigsten Metallbearbeitungsverfahren. Die Verfahren unterscheiden sich in den Anwendungsbereichen und Bearbeitungsverfahren.

Hierbei sind Werkstücke, die gedreht werden immer symmetrisch, da ausschließlich Runde Werkstoffe verarbeitet werden können. Dies liegt daran, dass beim Drehen das Werkstück um die eigene Achse und beim Fräsen das Werkzeug gedreht wird.

Das Drehen wird z. B. bei Bolzen, Schrauben oder Unterlagscheiben angewandt und das Fräsen bei z. B. Nuten, Formänderungen oder Bohrungen. Heutzutage unterscheidet man zwischen zwei Arten des Fräsens und Drehens, dem konventionellen und dem Computerized Numerical Control (CNC) Fräsen oder Drehen. Beide Verfahren bieten einen sehr hohen Grad an Genauigkeit und finden einen großen Anwendungsbereich in der Fertigung präziser Werkstücke. Das Fräsen oder Drehen bringt den großen Vorteil mit sich, dass viel Material abgetragen werden kann, jedoch die Werkstücksqualität erhalten bleibt. . Durch die CNC Technologie ist das Fertigen gleichaussehender Teile automatisiert und für den Fließbandbetrieb ideal. Dies bedeutet, dass es für die Fertigung höher Stückzahlen optimiert wurde. Somit bietet dies Unternehmen die Chance Kosten durch schnelle und präzise Fertigung zu reduzieren. Allerdings gibt es auch Nachteile beim Fräsen oder Drehen, welche vor allem im thermodynamischen Segment liegen, da die Werkstoffe und Werkzeuge sehr großer Hitze ausgesetzt sind und somit die Gefahr herrscht, dass sich die Eigenschaften z. B. des Metalls negativ verändern, Gitterstrukturänderungen im Metall Jede Metallart hat ihre eigene Anordnung der Atome, welche die Gitterstruktur ausbilden und durch Hitze verändert werden kann. Durch eine solche Änderung in der Anordnung können sich die Eigenschaften des Metalls verändern, z. B. im Bereich der Umformbarkeit oder Bruchfestigkeit. Um diese thermische Belastung einzuschränken, werden oftmals Kühlflüssigkeiten verwendet. Diese bestehen aus einem Gemisch aus Öl und chemischen Zusätzen, welche die Eigenschaft mit sich bringen, gut Wärme aufzunehmen und ein gutes Schmierverhalten aufzuweisen. Dadurch wird die Reibung zwischen Material und Werkzeug minimiert, wodurch weniger Reibungswärme entsteht. [6]

Ein weiteres Verfahren zur Bearbeitung von Werkstoffen, ist die Umformung. Der große Unterschied zu spanenden Fertigungsverfahren ist hierbei, dass kein Material abgetragen wird, sondern die Form des Werkstücks verändert wird. Da die meisten Metalle die Eigenschaft einer guten Verformbarkeit haben, wird dieses Verfahren überwiegend in der Metallindustrie verwendet. Zu solchen Verfahren zählen z. B. Walzen, Schmieden und Biegen. Wobei in den meisten Unternehmen das Biegen eine größere Rolle spielt, da es einfach in der Anwendung

und relativ kostengünstig ist. Das Verfahren ist sehr einfach in der Anwendung und flexibel einsetzbar.. Allerdings beschränkt sich dies sehr schnell auf einfache Problemstellungen, denn sobald ein komplexes Werkstück benötigt wird, reicht dieses Verfahren nicht mehr aus. Ein großer Nachteil beim Biegen ist, dass man einen Mindestbiegeradius einhalten sollte, da sich das Material sonst verjüngt oder gar bricht. Dies bedeutet, dass sich die Dicke des Materials an der biegenden Stelle stark verringert. Um dieses Verhalten zu unterbinden, sollte der Biegeradius vor Beginn der Arbeit beachtet werden. Dazu muss je nach Metallart ein Radius von ein oder zweimal der Stärke, also der Dicke des Materials genommen werden. [1]

Das letzte wichtige Verfahren ist das Fügen. Hierbei werden zwei oder mehrere Werkstücke zu einer dauerhaften Verbindung gefügt. Zu den wichtigsten Fügeverfahren zählt das Schweißen, welches in Unternehmen einen großen Anwendungsbereich findet. Sei es in der Verbindung und dem Bau von Rohren oder Schiffen, als auch in der Lösung von schnellen Problemen vor Ort, wie z. B. zur Reparatur von Beschädigungen an Wasser- oder Gasrohren. Jeder Einsatzbereich hat andere Anforderungen an das Schweißen, was eine Vielfalt an Schweißmethoden und Verfahren voraussetzt. Eines dieser Verfahren ist das Lichtbogenhandschweißen, in dem mit Hilfe elektrischen Stroms ein Lichtbogen erzeugt wird, der die Materialien schmilzt und bei anschließender Aushärtung miteinander verbindet. Ein Lichtbogen ist eine leitende Verbindung zwischen Metall und Schweißdraht über die Luft, bei der sehr hohe Temperaturen entstehen, welche zum Schmelzen des Drahtes und Metalls führen. Dieses sogenannte Schmelzbad muss durch Zufuhr von einem geeigneten Schutzgas, meist Argon umhüllt sein, um eine Oxidation mit dem Umgebungssauerstoff zu verhindern. Bei einer Oxidation entsteht eine chemische Reaktion des Metalls mit dem Umgebungssauerstoff, bei der sich eine Verbindung zwischen Metall und Sauerstoff ausbildet.

Chemische Reaktionen mit Sauerstoff werden im allgemeinen als Oxidationen bezeichnet. Diese Oxidation würde zu einer Verschlechterung der Qualität und zu einer spröden Schweißnaht führen, was zur Folge hätte, dass diese nicht belastungsfähig wäre. Die Verwendung von Schutzgas wird nur in den Methoden des Metall-Inertgas- (MIG), Metall-Aktivgas- (MAG) und Wolfram-Inertgas-Schweißens (WIG) verwendet, da es bei diesen Methoden keine andere Möglichkeit zum Schutz des Schmelzbades gibt. Das MIG- oder MAG-Schweißen bekommt seinen Namen aus dem verwendeten Schutzgas. Dieses sorgt bei MIG dafür, dass das Schmelzbad nicht mit dem Schutzgas reagiert. Dieses Inerte Verhalten beschreibt eine Reaktionsträgheit, ganz im Gegenteil zum MAG-Schweißen. Hier ist es ein reaktionsfreudiges Gas, auch als Aktivgas bezeichnet, welches mit dem permanent nachgeführten Schweißdraht reagiert. Beim WIG-Schweißen wird ein Inertes Gas verwendet, um die Schweißspitze, welche aus Wolfram besteht vor Reaktionen zu schützen, da diese nicht schmilzt. Bei dieser Methode erzeugt diese nur den Lichtbogen zwischen Metall und Spitze, wodurch das Metall schmilzt und gefügt werden kann, mithilfe von externer Drahtzugabe. Diese drei Methoden



Abbildung 1.2: MAG-Schweißen [4]

bieten den großen Vorteil einer hohen Produktivität, wie auch eine gute Automatisierung, da der Schweißdraht von einer Trommel automatisch und kontinuierlich zugeführt wird.

Im Gegensatz zu diesen Methoden steht das Elektrohandschweißen mit einer Stabelektrode. Hierbei wird kein Schutzgas benötigt, da sich das Schweißbad durch die entstehende Schlacke und den Rauch selber vom Umgebungssauerstoff isoliert. Die Stabelektrode ist ein Metallstab, welcher von einem Brennstoff umhüllt ist, der die Reaktion beim Schweißen fördert und für die Isolierung des Sauerstoffes sorgt. Beim Schmelzen dieses Stabs entsteht das Nebenprodukt Schlacke, welches sich auf dem geschweißten Metall absetzt und dieses isoliert, bis es vollständig ausgehärtet ist. Dies bietet dem Anwender den großen Vorteil, dass diese Methode nahezu überall anwendbar ist und keine großen Geräte mit Schutzgaszufuhr benötigen. Deshalb wird diese Methode auch häufig im Außenbereich angewandt. Der größte Nachteil ist hierbei die hohe Rauchentwicklung und das Entfernen der Schlacke. Hierzu sollte in geschlossenen Räumen immer eine Absaugung gewährleistet sein, da die Dämpfe gesundheitsschädlich sind. Zudem ist es beim Schweißen allgemein von hoher Relevanz, dass ein Augenschutz, wie auch eine geeignete persönliche Schutzausrüstung (PSA) getragen wird, um sich vor Funken und Strahlung durch den Lichtbogen zu schützen. [9]



Abbildung 1.3: Elektrodenschweißen [2]

1.3 Herausforderungen bei der Fertigung

Die Problemstellungen aus den Bereichen Metallbearbeitung und Elektrotechnik führten zu zahlreichen Methoden der Lösung einfacher Probleme. Dazu wurden Verfahren angewandt, welche in der Praxis alltäglich und teils vollautomatisiert verwendet werden. Dazu zählen vor allem die Verfahren aus dem Bereich der Metallbearbeitung, wie z. B. dem Feilen, Fräsen und Drehen, welche für vielfältige Problemstellungen angewandt werden kann. Zudem kann dieses Verfahren mit mathematischen Theoremen verknüpft werden, um z. B. durch numerische Verfahren, wie in der CNC Technik, Werkstücke präzise zu fertigen. Somit ist der Anspruch an hoch qualitativ und quantitativer Arbeit erfüllt. Ein großes Problem dabei ist nur, dass für solch komplexe Maschinen meist Personal mit hoher Fach Expertise und langjähriger Erfahrung benötigt wird. Um dieses Problem ein wenig einzudämmen gibt es auch noch die genannte Methode des kommerziellen Fräsens, in der keine Kenntnisse zu mathematischen Theoremen vorausgesetzt werden. Die Qualität des Endproduktes liegt hierbei in der Hand des Mitarbeitenden und seiner Konzentration, da es bei kleinen Unaufmerksamkeiten schnell zu Fehlern oder Abweichungen im Werkstück kommen kann. Dies führt wiederum zu einer Steigerung der nicht brauchbaren Werkstücke, auch genannt als Ausschuss.

Auch in der Elektrotechnik ist es von Wichtigkeit bestimmte Verfahren zur Bearbeitung

von Aufgaben kennenzulernen, da dies ebenfalls das Verständnis für bestimmte Lösungswege fördert. Dieses Verständnis kann anschließend genutzt werden neue Probleme zu lösen und einen zielgerichteten und nachhaltigen Lösungsweg anzustreben. Dies konnte vor allem gezeigt werden anhand des Beispiels der RCD Messung, da diese nicht nur in der Theorie und in der Produktion genutzt wird, sondern auch wichtig für die Arbeit im alltäglichen Betrieb ist. Diese Maßnahmen werden fast täglich von Elektrikern verwendet und garantieren die Sicherheit eines jenes Bürgers. Zudem fördert das Wissen über die Vorgehensweise einer Elektroinstallationsschaltung die Ingenieursfähigkeiten und führt zur Entwicklung eines praktischen Verständnisses. Dies kann im beruflichen Alltag helfen theoretische Aufgaben qualitativer in praktische Umzusetzen und ein zielgerichteteres Vorgehen bei spontan auftretenden Problemen zu fördern. Zudem wurden praktische Verknüpfungen zu bereits erlernten Vorlesungsinhalten geschaffen. Diese sorgten für eine weitere Vertiefung dieser und brachten eine Erweiterung des Verständnisses mit sich.

Durch diese erlernten Strukturen wurden verschiedenste Aufgaben und Probleme unter Anwendung der genannten Verfahren erarbeitet und gelöst. Dazu zählten z. B. die Herstellung von Teilen eines Schraubstockes, sowie der Aufbau von elektrischen Schaltungen.

1.4 Erstellung von elektrischen Schaltungen

1.5 Die Integration von Elektrotechnik in den beruflichen Alltag

1.6 Die Bedeutung von Verfahren in der Elektrotechnik

2 Betriebsaufgaben im Stromnetz der TWS Netz GmbH

2.1 Kontrollen und Untersuchungen gefundener Schäden im Stromnetz

Unter Betrieb versteht man das Betreiben von vorhandener Anlagen, letztlich die Aufrechterhaltung der Versorgung. Betriebsaufgaben im Bereich der Stromversorgung haben in Form von Kontrollen vorbeugenden Charakter. Sie setzen sich fort in der Untersuchung gefundener oder gemeldeter Schäden mit rechtzeitiger Bekanntgabe erforderlicher Sperrungen, der Errichtung von Umgangsleitungen, dem Stellen von Notversorgungen, Abstellungen, Umstellungen und ähnlichem.

Allgemeine Betriebsaufgaben sind hierbei die Überprüfung vorhandener Anlagen auf einwandfreien, betriebssicheren Zustand. Neben von Dritten gemeldeten Schäden und Mängel sind es diese allgemeine Betriebsaufgaben, die zu Instandsetzungsaufgaben führen. Spezielle Betriebsaufgaben sind Aufgaben, die im Zusammenhang mit Neubau, Instandsetzungs- oder Fremdaufträgen anfallen. Das Stromnetz ist aufgeteilt in vier verschiedene Spannungsebenen:

- Höchstspannung: Sie dient zur Übertragung von Strom über große Distanzen und wird mit 380 kV betrieben. Durch die hohe Spannung sinken die Leistungsverluste bei der Übertragung über große Distanzen. Dieses Netz wird genutzt, um den Strom von Kraftwerken aus in ganz Deutschland zu verteilen.
- Hochspannung: Dieses Netz wird genutzt, um den Strom regional zu Verteilen und Umspannwerke in größeren Städten mit Strom zu versorgen. In Baden-Württemberg ist dieser Betreiber die Netze BW, welcher die lokalen Umspannwerke versorgt und dort den Strom von 110 kV auf 20 kV transferiert.
- Mittelspannung: Das Mittelspannungsnetz wird mit 20 kV betrieben und wird verwendet, um den Strom mit geringeren Leistungsverlusten zu den Umspannstationen

zu übertragen. Es wird hauptsächlich für kleinere Strecken genutzt und dient zur Versorgung von ländlichen Regionen oder Stadtteilen.

- Niederspannung: Dieses Netz wird mit 0,4 kV betrieben und dient zur Versorgung von Firmen und privaten Immobilien. Es wird ausschließlich über geringe Distanzen genutzt und wird durch eine hohe Anzahl an Umspannstationen möglichst kurzgehalten, da die Leistungsverluste sehr hoch sind bei großen Strecken.

Das Niederspannungs- und Mittelspannungsnetz gehört zum Aufgabenbereich der TWS Netz GmbH und wird durch Sie verwaltet. [8] Die Aufgaben im Niederspannungsnetz betreffen überwiegend die Kabelverteilerschränke und beziehen sich auf die Sichtkontrolle von intakten Sicherungen, angesammeltem Verunreinigungen und sicherheitsrelevanten Beschädigungen. Des Weiteren müssen Holz oder Stahlmasten, an denen Freileitungen hängen in regelmäßigen Abständen kontrolliert und dokumentiert werden, um Beschädigungen und Morschheit frühzeitig zu erkennen. Im Mittelspannungsnetz sind die Aufgabenbereiche ein wenig umfangreicher, da dies ausschließlich blanke Freileitungen oder im Boden verbaute Kabel sind. Hier ist ebenfalls eine wichtige Aufgabe die Masten zu kontrollieren und zu dokumentieren, um einen digitalen Zugriff und Informationsaustausch zu schaffen. Bei diesen Freileitungen ist eine wichtige Aufgabe zu überprüfen ob Äste hineinragen, um dies ggf. zu melden und in regelmäßigen Abständen zu entfernen. Außerdem müssen Umspannstationen (Ust.) von Pflanzen befreit werden, um einen einfachen Zugang zu gewährleisten. Zudem ist es wichtig diese auf Feuchtigkeitseintritt, Verschmutzung und Beschädigung zu kontrollieren, da Sie einen wichtigen Knotenpunkt zwischen Mittel- und Niederspannung darstellen. Des Weiteren sind in vielen Ust. Schwefelhexafluorid SF_6 Anlagen verbaut, um die Mittelspannungsanlagen zu isolieren. Diese müssen auf ausreichend Gasdruck geprüft werden, um die Isolation zu gewährleisten.

2.2 Maßnahmen zur Vorbeugung von Schäden im Stromnetz

Um das Niederspannungsnetz der TWS Netz GmbH intakt und größtenteils störungsfrei zu halten, müssen immer wieder vorbeugende Maßnahmen getroffen werden. Eines dieser Maßnahmen bezieht sich auf die Kontrolle der KVS, welche im gesamten Netz verteilt stehen. Diese können bei Gelegenheit, Bauarbeiten oder gezielter Kontrolle geöffnet werden und anschließend auf Mängel kontrolliert werden. Dabei ist es wichtig auf die KVS-Karte zu schauen, um anschließend zu überprüfen, ob die richtigen Leisten, mit den richtigen Sicherungen eingesichert sind. Auf der KVS-Karte stehen alle wichtigen Informationen zum KVS,

darunter die Anzahl der Leisten, mit der zugehörigen Kabelbezeichnung und der vorgegebenen Sicherung, welche verwendet werden soll. Außerdem wird überprüft, ob die bereits vorhandenen Sicherungen intakt oder welche kaputt sind. Sicherungen haben die wichtige Aufgabe, bei einem Fehler im Kabel oder beim Anschluss sofort auszulösen, um Gefahren, wie einen Lichtbogen frühstmöglich zu unterbinden.

Lichtbogen Ein Lichtbogen ist ein helles und sehr heißes Licht, welches entsteht, wenn elektrischer Strom über eine Luftstrecke geleitet wird und keine direkte Verbindung zwischen den Leitern besteht.



Abbildung 2.1: Lichtbogen [3]

Zudem sollen Sie die angeschlossenen Verbraucher in diesem Fall Häuser schützen. Eine ausgelöste Sicherung man schnell erkennen, da diese ein sogenanntes Fähnchen besitzt, welches sich bei Auslösung aufstellt. Dieser Mechanismus wird ausgelöst durch einen Draht, welcher mit dem Fähnchen verbunden ist und im inneren der Sicherung schmilzt, sobald der maximale Strom überschritten wird. Anschließend stellt sich dieses Fähnchen bzw. Metallplättchen durch einen federnden Mechanismus auf und signalisiert somit die Auslösung. Ein KVS ist wie im ersten Kapitel beschrieben eine Weiche, heißt eine Abzweigung von einem oder mehreren Kabeln auf ein Neues. In diesem KVS sind 4 Kupferschienen installiert. Drei dieser Kupferschienen sind bestimmt für die drei Leiter im Dreiphasenwechselstrom und die übriggebliebene Schiene ist für den Schutzleiter (PEN). Diese Schienen nennt man auch Sammelschienen, weil dort die Leisten montiert sind. Jede Leiste hat die Funktion, dass an diese die vier Adern des Kabels angeschlossen werden können und separat eingesichert werden können. Das Einsichern beschreibt den Prozess, in der man die Sicherungen

in die Leisten hineinsteckt und somit eine Verbindung zwischen Kabel und Sammelschiene herstellt. Dieser Prozess ist enorm wichtig, da jede Leiste mit der Sammelschiene verbunden ist und durch das gezielte Einsichern verschiedene Kabel in Betrieb genommen werden können. Durch das Einsichern, wird eine Verbindung zwischen der Sammelschiene und dem Kabel hergestellt. Diese Verbindung, welche über die Sicherung hergestellt wird, sorgt für eine Übertragung des Stroms. Jede Leiste hat ebenfalls einen Anschluss für den PEN-Leiter. Dieser ist zugleich der PE als auch der N Leiter in einem Dreiphasensystem und hat unter anderem die Aufgabe des Rückleiters bei einem unsymmetrischen Dreiphasenwechselstromverbrauch. Ein unsymmetrischer Verbraucher stellt z. B. ein Haus dar, da jeder der drei Leiter mit einem unterschiedlichen Widerstand belastet wird und somit die Ströme der Leiter verschieden sind. Um nun einen möglichen Kurzschluss, heißt die Verbindung zwischen zwei stromführenden Leitern zu verhindern, müssen die KVS regelmäßig kontrolliert und gesäubert werden, sodass diese gar nicht erst entstehen kann. [11]

Eine weitere Maßnahme betrifft die Freileitungen im Stromnetz, da diese oftmals an Holzmasten befestigt sind und witterungsbedingt an Stabilität verlieren. Eine Freileitung ist definiert durch ein Kabel, welches an der freien Luft an einem Masten befestigt wird und entweder isoliert oder blank ist. Bei einem nicht isolierten, also blanken Kabel sind die einzelnen Adern aufgeteilt und in einem sicheren Abstand getrennt voneinander befestigt. Dies ist notwendig, um einen Kurzschluss zwischen den stromführenden Leitern, den Adern, zu verhindern. Um zu gewährleisten, dass die befestigte Freileitung Stürmen standhält, müssen die Holzmasten kontrolliert werden. Dazu ist jeder Mast im System hinterlegt und muss nach einem festgelegten Protokoll geprüft werden. Darunter ist die Beschriftung, der Zustand, die Isolatoren und die Trassenart zu prüfen, sowie ob dieser einen Anker, eine Strebe, eine Kabelaufführung, einen Überspannungsableiter oder eine Erdung hat. Der Anker ist ein Stahlseil, welches an der Spitze des Masten befestigt wird und über einen Stahlstab im Boden befestigt ist. Er kompensiert die auftretenden Zugkräfte im Mast und verhindert so ein umkippen. Eine Zugkraft beschreibt die Kraft, welche auftritt, wenn an beiden Seiten eines Seils gezogen wird. Die Strebe ist ein zusätzlicher Holzmast, der schräg am eigentlichen Mast befestigt wird und dient ebenfalls zur Abstützung des Masts. Sie sorgt für die Aufnahme von Druckkräften, welche entstehen, wenn der Mast gegen die Strebe drückt. Diese Kräfte wollen die Holzstrebe zusammendrücken und sorgen somit für den Namen der Druckkraft. Im Gegensatz zum Seil zieht der Mast nicht an der Strebe, sondern er drückt dagegen. Die Trasse beschreibt eine Freileitung, welche durch die Landschaft verläuft und kann unterschiedlich aussehen, deshalb ist es wichtig die Trassenart zu notieren, um wichtige Informationen über die Anordnung der Seile zur Verfügung zu haben. Anschließend wird der Zustand des Masten geprüft, indem mit einem Hammer dagegen geklopft wird. So kann je nach Geräusch ermittelt werden, ob der jeweilige Mast morsch oder noch in Ordnung ist. Ein Mast kann

morsch werden durch Verwitterung oder Tierbefall. Bei entsprechender Beschädigung muss der Mast ausgetauscht werden. Hierzu wird der Abschnitt, indem der Mast getauscht werden soll entschert. Dies bedeutet, dass auf einem Stück zwischen zwei KVS die Sicherungen entfernt werden, sodass kein Strom mehr fließt und gefahrenfrei an der Freileitung gearbeitet werden kann. Anschließend ist es möglich den beschädigten Mast auszutauschen und den Abschnitt wieder in Betrieb zu nehmen.

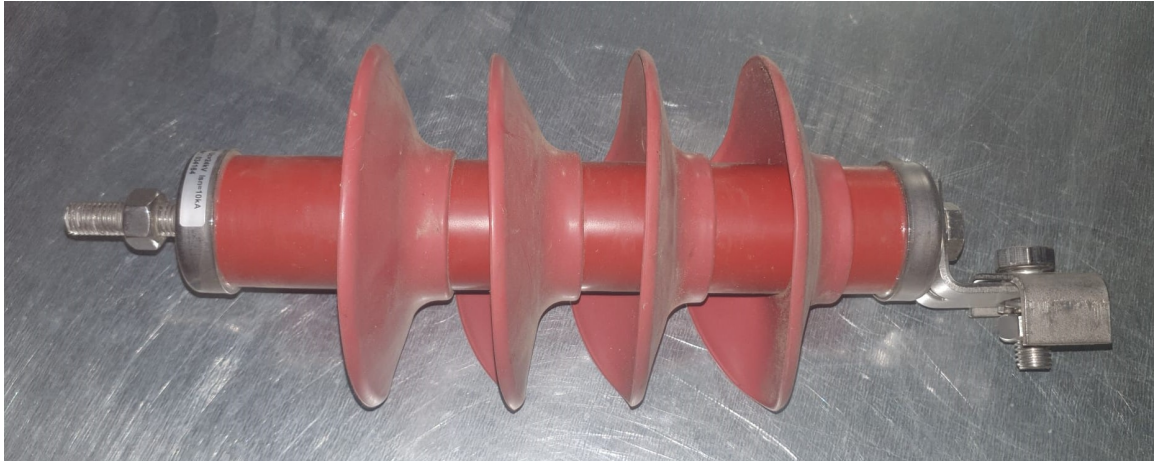


Abbildung 2.2: Freileitungsisolator (eigene Darstellung)

Unter der Prüfung der Isolatoren versteht man die Sichtkontrolle auf Beschädigungen und die Notierung des Materials, da es entweder Keramik oder Kunststoff Isolatoren sein können. Diese haben den Nutzen, die unter Spannung stehenden Freileitungsseile vom Masten zu isolieren, sodass dieser nicht unter Spannung steht. Wie im Bild zu sehen, haben Isolatoren einen speziellen Aufbau, sodass der Strom den längst möglichen Weg überwinden muss, um an das andere Ende zu gelangen. Die tellerförmigen Ringe dienen zur Verlängerung des zurückzulegenden Wegs. Die Beschriftung eines Masten beinhaltet die Nummer, den Typ und die Höhe, welches wichtige Informationen zur Widererkennung darstellen. Eine Kabelführung beschreibt, wenn an einem solchen Mast ein Niederspannungskabel aus der Erde nach oben geführt wird und in eine Freileitung übergeht. Der Überspannungsableiter und die Erdung sind ein optionales Bauteil an einem Masten und sorgen bei Blitzeinschlag oder anderen Störungen in der Leitung für eine Ableitung der Spannung in die Erde.

Im Mittelspannungsnetz werden häufiger Stahlmasten verwendet, welche ebenfalls einer solchen Kontrolle unterliegen. Dieses Netz besteht entweder aus Kabeln, welche im Erdreich verlegt werden oder aus den typischeren Freileitungen. Das Mittelspannungsnetz in Deutschland führt eine Spannung von 20.000 Volt (20 kV) und die Kabel haben nur die drei Adern L1, L2 und L3. Im Gegensatz zum Niederspannungsnetz, also bis 400 Volt, besitzen diese Leitungen keinen PEN Leiter, da es immer symmetrisch betrieben wird und kein direkter Verbraucher auf Ihnen hängt. Dies bedeutet, dass sich die Spannungen und Ströme gegenseitig aufheben, weil diese gleich groß und lediglich Phasenverschoben sind. Die Verschiebung

der Phase kommt von der Erzeugung des Stromes, da sich im inneren eines Generators ein Magnet dreht, welcher zu unterschiedlichen Zeiten bei den drei Spulen vorbeikommt. Diese Spulen bestehen aus ringförmig aufgewickeltem Kupferdraht, welche auf das Magnetfeld des drehenden Magneten reagieren und die Elektronen in Bewegung bringen. Durch die Bewegung der Elektronen, also der kleinsten negativ geladenen Teilchen im Kupferdraht, entsteht eine Differenz in der Anzahl der Elektronen, welche sich im Draht befinden. Durch diese Differenz, auch Potentialdifferenz genannt, definiert sich eine messbare Spannung zwischen den zwei Enden des Drahtes. Diese Spannung wird nun im deutschen Stromnetz genutzt und über Kabel oder Freileitungen verteilt. Das eine allzeitige Versorgungssicherheit herrscht, müssen diese regelmäßig überprüft und im System aufgenommen werden, um eine schnelle Informationsbereitstellung bei Störungen zu gewährleisten. Hierzu wird jeder Mast im Freileitungsnetz auf Beschädigungen geprüft und es werden wichtige Informationen zur Höhe, Befestigungs-, Isolator- und Trassenart dokumentiert. Dies erfolgt nach dem oben genannten Mastprotokoll und wird in regelmäßigen Abständen durchgeführt. Außerdem ist wichtiger Bestandteil dieser Kontrolle, dass überprüft wird, ob Äste in die blanken Seile hineinhängen, da diese bei Berührung oder Annäherung zu einem Kurzschluss oder Brand führen können. Um dies zu vermeiden, werden bekannte Stellen frühzeitig von Ästen befreit und neu gemeldete Orte kontrolliert und ggf. freigeschnitten. Dieses Freischneiden mit Hilfe von Forstwerkzeugen, wie Kettensägen oder Handsägen, wird ausasten genannt.

Nicht nur Freileitungen oder KVS müssen kontrolliert werden, sondern auch die Schnittstellen zwischen Nieder- und Mittelspannungsnetz. Diese Umspannstationen transferieren die Mittelspannung mit Hilfe von Transformatoren zu Niederspannung. Ein Trafo ist ein Bauteil im Stromnetz, welches dafür sorgt eine Eingangsspannung z. B. 20 kV umzuwandeln in eine Ausgangsspannung von 0,4 kV. Dazu besitzt dieser einen Eisenkern, der mit zwei verschiedenen Spulen umwickelt ist, an diese dann die Mittel- und Niederspannung angeschlossen werden kann. Durch die unterschiedliche Wicklungszahl der beiden Spulen ist es möglich die Spannung zu verringern. Mit folgender Formel kann berechnet werden, wie hoch die Wicklungszahl sein muss, wenn man z. B. eine Eingangsspannung U_1 auf eine Ausgangsspannung U_2 transferieren möchte.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (2.1)$$

Stellt man eine Rechnung zu einem alltäglichen Gebrauch der TWS Netz GmbH auf, in dem eine 20 kV Einspeisung in eine 0.4 kV Spannung umgewandelt werden soll, dann kommt man auf folgende Rechnung:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{20000\text{V}}{400\text{V}} = 50 \quad (2.2)$$

Diese sagt nun aus, dass ein Trafo ein 50-faches Verhältnis der Spulenwicklungen benötigt, um Mittelspannung in Niederspannung zu transferieren. Diese unterschiedlichen Spannungen müssen getrennt voneinander sein und dürfen lediglich über die Spulen magnetisch gekoppelt werden. Dazu muss es in den Umspannstationen trocken und sauber sein, da sonst die Gefahr herrscht, dass eine leitende Verbindung zwischen Mittel- und Niederspannung hergestellt wird. Dies hätte zur Folge, dass es zu einem Kurzschluss kommt und der Trafo zerstört wird. Um es gar nicht erst soweit kommen zu lassen, müssen Umspannstationen bei Besuch sauber gehalten werden und bei festgestelltem Feuchtigkeitseintritt so schnell wie möglich renoviert werden.

Zudem gibt es auch im Mittelspannungsnetz Abzweige zwischen verschiedenen Kabeln. Diese Abzweige werden in Schaltwerken realisiert. Sie funktionieren wie ein großer Bahnhof, in dem einzelne Mittelspannungskabel, von z. B. Umspannwerken oder anderen Mittelspannungskreisen hineinkommen und auf einer Sammelschiene, ähnlich wie im KVS zusammenlaufen. Von dieser Sammelschiene aus können Kabel abgehen und neue Stromkreise bilden. Diese sind deutlich aufwendiger zu schalten, da es in diesem Netz keine Sicherungen zum Umschalten verschiedener Kabel gibt, sondern nur die sogenannten Lasttrennschalter. Diese funktionieren wie Lichtschalter, in denen eine Metallstange zwischen die beiden Kontakte geschaltet wird, sobald man diesen einschalten möchte. Hierbei wird zwischen zwei Typen unterschieden, dem luft- und dem gasisolierten Trennschalter. Der luftisolierte Lasttrennschalter ist sehr pflegeleicht, da man ihn nur selten prüfen muss und dieser langlebig in seiner Funktion ist. Er muss lediglich ausgetauscht werden, wenn ein Defekt im Schaltvorgang vorliegt, z. B. der Metallschalter schließt nicht mehr mit den Kontakten. Bei den gasisolierten Schaltanlagen muss darauf geachtet werden, dass der Gasdruck immer ausreichend hoch ist, da diese auf wesentlich kleinerem Raum gebaut sind und somit nur durch das Gas isoliert werden. Diese Schalter funktionieren gleich, wie die luftisolierten, allerdings wird das Gas Schwefelhexafluorid (SF_6) angewandt um eine Isolierung zu schaffen. Dies hängt mit der engen Bauweise der Anlagen zusammen und hätte ohne Gasisolierung die Folge, dass der Strom von dem einen auf den anderen Schalter überspringt und einen Kurzschluss erzeugt. Ein Überspring ist eine Verbindung zwischen zwei Leitern über die Luft mit Entstehung eines Lichtbogens und ohne direkten Kontakt der Leiter. Fällt bei Kontrolle dieser SF_6 Zelle auf, dass der Druck zu gering ist, muss diese ausgetauscht werden durch eine neue Zelle. Eine Zelle definiert sich durch einen Block, indem sich drei Schalter für ein Mittelspannungskabel mit drei Adern befinden. SF_6 ist ein chemisch hergestelltes Gas, welches sehr gut isoliert und daher oft bei Schaltern für Mittel- und Hochspannungsanlagen eingesetzt wird. Dieses Gas hat den großen Nachteil, dass es schlecht für die Umwelt ist, weil es zur Erderwärmung beiträgt, wenn es freigesetzt wird. Daher sind die SF_6 Schalter luftdicht abgekapselt zur Zelle selbst, um jeglichen Austritt des Gases zu verhindern. Beim Austausch muss die alte Zelle zum Hersteller oder zu zertifizierten Recyclingunternehmen

zurückgebracht werden, um das noch vorhandene Gas rückzugewinnen und die Umwelt zu schützen.

2.3 Maßnahmen zur Erhaltung der Versorgungssicherheit

Die Kontrolle und Pflege des Nieder- und Mittelspannungsnetzes der TWS Netz GmbH hat eine große Bedeutung für die Versorgungssicherheit im gesamten Versorgungsgebiet. Wie vorherig erläutert, benötigt es eine strukturierte und regelmäßige Begehung der kritischen Punkte im Netz. Dazu zählen vor allem die Freileitungsmasten aus Holz, wie auch die Ust., da Sie die Knotenpunkte im gesamten Netz darstellen. Durch die Versorgung der Ust. mit Mittelspannung, ist es überhaupt möglich ein Niederspannungsnetz zu betreiben. Um dies zu vermeiden werden regelmäßige Inspektionen, Wartungen und Überprüfungen durchgeführt. Zudem ist es wichtig, dass Stromnetz fortschreitend zu erneuern, um Schwachstellen früh genug zu erkennen und zu beseitigen. Aber nicht nur die Betreuung der Mittelspannung ist von Relevanz, sondern auch die Pflege des Niederspannungsnetzes, da hier die Verbraucher direkt angeschlossen sind und am schnellsten von Ausfällen betroffen sind. Dies wird durch die gezielte Pflege, Kontrolle und Instandhaltung erreicht, um den Kunden immer eine funktionierende Stromversorgung zu gewährleisten. Diese ist wichtig, um ein positives Image und eine zukunftsfähige Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Andernfalls kommt es zu einem Kundenrückgang, welcher die Zukunft des Unternehmens gefährdet. Des Weiteren sind Kontrollen bei SF₆ Anlagen enorm wichtig, da es sich um umweltschädliche Substanzen handelt und diese Auflagenkonform betrieben werden müssen, um die daraus folgenden Umweltbelastungen zu minimieren. Grundlegend wurden Strukturen zu verschiedenen Betriebsaufgaben, welche zielführend für ein stabiles Stromnetz sind, erlernt. Dazu wurden die Vorgehensweisen unter realen Bedingungen angewandt und vertieft.

2.4 Installation verschiedenster Kabelmuffentypen

Zu den Haupttätigkeitsbereichen des Betrieb Stromnetzes gehören die Kabelverbindungen, Kabelabzweige und Kabelenden, auch Muffen genannt. Diese bringen die Aufgaben der Installation mit sich und können je nach Anwendungsbereich verschiedene Arten der Installation aufweisen. Dazu zählen z. B. die Verbindungsmuffen, die Abzweigmuffen, aber auch spezielle Übergangsmuffen oder Kabelenden im Bereich der Nieder- und Mittelspannung. Zudem unterscheiden sich die Kabelverbindungen im Niederspannungsnetz, mit denen im

Mittelspannungsnetz, da dort viel höhere Anforderungen an die Verbindungen gestellt werden und eine höhere Sicherheit vonnöten ist. Um solch eine Qualität zu gewährleisten muss vorausgesetzt werden, dass jeder Mitarbeiter über die Vorgehensweise und den Umgang mit Material, sowie mit Gefahrstoffen informiert ist und dies bei seinem Problem anwenden kann. Diese Problemstellungen können sich unterscheiden von einem einfachen verbinden zweier Kabel, über den Übergang von verschiedenen Kabelquerschnitten, wie auch ein Abzweig von einem auf zwei neue Kabel. Bei Mittelspannungskabeln fällt der Abzweig weg, da dies technisch nicht möglich ist und somit in einem Schaltwerk oder in einer Ust. durch Lasttrennschalter erfolgt. Zudem fallen auch Kabelenden in den Bereich der Kabelmuffen. Hierbei wird zusätzlich unterschieden zwischen spannungsfesten und spannungsfreien Kabelenden.

Ziel ist das Installieren von Kabelmuffen verschiedenen Typs. Zudem soll erlernt werden, wie diese bei verschiedenen Kabeln anzuwenden sind und was dabei zu beachten ist.

2.5 Stromnetzerweiterungen und -erneuerungen durch die Kabelmuffentechnik

Die erste Art der Kabelmuffen, ist die Verbindungsmuffe. Diese dient zur unterbrechungsfreien Verbindung zweier Kabel und findet meist ihren Einsatzbereich in der Verlängerung oder Reparatur vorhandener Kabel. Zudem kann diese Art der Muffe flexibel eingesetzt werden und bietet zwei verschiedene Methoden zur Montage. Eine dieser Methoden ist die Warmschrumpftechnik, in der die zusammengefügte Stelle mit Hilfe von Schrumpfschläuchen isoliert wird. Der Begriff warmschrumpfen kommt vom Schrumpfen der Schläuche durch Hitze. Dieses sogenannte Schrumpfen beschreibt den Prozess, in dem sich der Kunststoffschlauch aufgrund seiner chemischen Eigenschaften als Thermoplaste zusammenzieht und nach abkühlen seine Form beibehält. Diese Eigenschaft der Umformbarkeit bei Wärmezufuhr beschreibt die thermoplastischen Kunststoffe. Um nun die beiden Kabel zu verbinden, werden sogenannte Schraubverbinder eingesetzt. Diese können auf ein abisoliertes Kabelende geschraubt werden und stellen eine Verbindung zwischen den Kabeln her. mm²

Der auf dem Bild zu sehende Schraubverbinder, wird ausschließlich im Bereich der Niederspannung eingesetzt, da dieser bis zu einem maximalen Aderquerschnitt von 150 mm² und 1 kV maximale Spannung einsetzbar ist. Dies ist ausreichend, da im Niederspannungsnetz der TWS Netz GmbH ein Aderquerschnitt von max. 150 mm² eingesetzt wird. Dieser Aderquerschnitt, auch als Nennquerschnitt eines Kabels bezeichnet, gibt die dicke einer einzelnen Ader an, mit Hilfe der sichtbaren Fläche beim durchtrennen einer Ader. Meist kommt vor diese Angabe noch eine andere Zahl, welche angibt, wie viele Adern ein Kabel hat. Eine sol-



Abbildung 2.3: Schraubverbinder Niederspannung

che Bezeichnung sieht wie im folgenden Beispiel aus: 4x150 mm². Zur Installation werden die Schraubverbinder auf alle vier Adern eines Erdkabels des Typs NAYY geschraubt und anschließend mit separaten Schrumpfschläuchen isoliert, um einen Kurzschluss zwischen den Leitern zu verhindern. Dieser Erdkabeltyp besteht aus vier Aluminiumleitern, welche einzeln isoliert sind und durch eine zusätzliche Füllung zwischen Außenmantel und Aderisolierung vor Verdrehung geschützt werden.

Um den Außenmantel zu ersetzen, wird bei einer Verbindungsmuffe ein großer Schrumpfschlauch über beide Kabel abgeschrumpft, um das gesamte Muffenpaket zu schützen, wenn es in der Erde liegt. Das Muffenpaket definiert sich aus dem Bündel der vier Schraubverbinder einer Verbindungsmuffe, den abgemantelten Adern der Kabel und dem darüber abgeschrumpften Mantelschlauch.

Die Verwendung von Aluminiumkabel sind im Stromnetz geläufiger, als die Verwendung von Kupferkabeln, da diese ein leichteres Gewicht aufweisen und Aluminium kosteneffizienter ist. Vergleicht man dieses Gewicht eines Aluminiumkabels des Typs NAYY mit einem Kupferkabel des Typs NYY, dann kommt man auf eine Reduzierung des Gewichts durch den Aluminiumleiter von ca. 3,5 Tonnen pro Kilometer Kabel. Der preisliche Unterschied des Kupferkabels in Verbindung mit dem geringfügigen kleineren Leitungswiderstand ist nicht wirtschaftlich genug, um dem im Vergleich stehende Aluminiumkabel stand zu halten.

Dieser Leitungswiderstand kann berechnet werden, mit Hilfe des spezifischen Widerstandes,

dem Querschnitt und der Länge des Kabels. Der spezifische Widerstand ist eine konstante Größe für unterschiedliche Materialien und kann in folgender Tabelle abgelesen werden.

Tabelle 2.1: Materialkonstanten [10]

Material	Symbol	spez. Widerstand in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	spez. Leitwert in $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$	Temperaturkoeffizient in $\frac{1}{^\circ\text{C}}$ oder $\frac{1}{\text{K}}$
Aluminium	Al	0,028	36	0,004
Silber	Ag	0,016	63	0,004
Kupfer	Cu	0,018	56	0,004
Gold	Au	0,023	44	0,004
Platin	Pt	0,11	9	0,002
Eisen	Fe	0,125	8	0,005
Manganin	Cu, Fe, Mn, Ni	0,4	2,5	0,00001
Chromnickel	Cr, Ni, Fe	1	1	0,00005

Anschließend kann mit Hilfe der folgenden Formel ein Leitungswiderstand für unterschiedliche Materialien, Querschnitte und Längen berechnet werden.

$$R_a = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\kappa \cdot A} \quad (2.3)$$

Dieser Muffentyp wird auch im Bereich der Mittelspannung verwendet, da es die beste Variante zur Verbindung zweier Kabel darstellt. Hier ist die Installation allerdings deutlich komplizierter, da die Verbindung höheren Spannungen standhalten und zudem auch noch besser isoliert werden muss, um Kurz- und Erdschlüsse zu vermeiden. Ein Erdschluss ist eine elektrische Verbindung zwischen stromführendem Leiter und der umliegenden Erde. Je nach Kabel Typ unterscheidet sich der Aufwand, um die Verbindungsmuffe zu installieren. Meist wird diese jedoch bei Kunststoffkabeln angewandt, welche drei einzelne Leiter eines bestimmten Querschnitts aufweisen. Ein solches Kabelbündel hat die Bezeichnung 3x1x300 mm² und sagt aus, dass es drei einzeln isolierte Leiter des Nennquerschnitts 300 mm² sind. Jedes einzelne Kabel benötigt somit eine eigene Muffe, welche nach Einhaltung der Anleitung installiert werden muss. Dies ist von enormer Wichtigkeit, da jede Produktionsreihe andere Vorgehensweisen zur Installation aufweisen kann und somit Fehler und Sicherheitsrelevante Probleme entstehen können. Dies betrifft vor allem die exakte Länge der abzumantelnden Bereiche und Schichten der Isolierung, da Mittelspannungskabel verschiedene Isolierungsschichten besitzen, um den Leiter zu schützen. Ein Kabel des Typs NA2XS(F)2Y hat z. B. sieben Schichten um den Leiter herum. Dazu zählen drei leitfähige Schichten, welche dafür sorgen, dass die Spannung an die Isolierung geleitet wird und

zwei Kunststoffisolierungsschichten. Die innere der beiden stellt eine Isolierung zwischen dem Leiter und Kupferdrahtschirm her und die äußere stellt den Mantel dar, welcher das Kabel hauptsächlich vor äußeren Einflüssen schützt. Der sogenannte Kupferdrahtschirm ist bei Mittelspannungskabeln eine zusätzliche Erde und dient zudem auch noch zur Abschirmung elektrischer Magnetfelder. Diese Magnetfelder entstehen bei jedem stromdurchflossenen Leiter und müssen vor allem bei Mittelspannung eingedämmt werden. Um bei einer Verbindung zweier Leiter sicherzustellen, dass die Verbindung des Kupferdrahtschirmes besteht, muss dieser ebenfalls verbunden werden. Dies erfolgt meist durch einen kleinen Schraubverbinder. Der Aluminiumleiter selbst, wird durch einen großen Schraubverbinder, mit Hilfe von vier Schrauben verbunden. Diese Schrauben brechen an einem bestimmten Punkt von selbst ab, um immer ein ähnliches Drehmoment zu erreichen. Ein Drehmoment beschreibt die aufzuwendende Kraft bei einer Drehung einer Schraube. Nach installieren des Schraubverbinders, ist es wichtig jeglichen Freiraum mit beiliegendem Füllmaterial zu füllen, um jegliche Lufteinschlüsse zu vermeiden. Diese Lufteinschlüsse in einer Mittelspannungsverbindung würden zu Geräuschen im Isolator des nächstliegenden Schaltwerks führen und sind zu vermeiden. Anschließend wird ein Schrumpfschlauch, welcher für 20 kV geeignet ist über der Verbindung abgeschrumpft, um diese vor Kurzschlüssen zu schützen. Zuletzt ist es noch wichtig einen Mantelschrumpfschlauch über dem Paket aus Schraubverbinder und Kupferschirm abzuschrumpfen, um die gesamte Muffe vor äußeren Einflüssen zu schützen. Da Mittelspannungskabel drei dieser Kabel für die Phasen L1, L2 und L3 besitzen, muss dieser Prozess dreimal wiederholt werden um eine Verbindung herzustellen. Eine weitere Methode stellt die Gießharzmethode dar, in der als Isolator ein Harz verwendet wird, welches in eine Form gegossen und anschließend ausgehärtet wird. Dieses Harz besteht aus einer zwei teiligen chemischen Mischung, welche nach vermischen miteinander reagiert und zu einer aushärtenden Kunststoffmasse wird. Diese Masse ist letztendlich isolierend und schützt nach Aushärtung die Muffe vor äußeren Einflüssen. Diese Methode wird nur noch bei Abzweigmuffen verwendet, da das Schrumpfverfahren deutlich schneller und einfacher anzuwenden ist.

Im Mittel- sowie Niederspannungsbereich haben die Kabel eine Lebensdauer laut Hersteller von xx (glaube 30 Jahren). Im Erneuerungsprogramm der TWS Netz GmbH werden diese Kabelstrecken ersetzt. Dabei müssen Kabel mit verschiedenen Eigenschaften und Querschnitten verbunden werden. Die Kabelauftrennung findet ihre Anwendung bei Kabeln des Typs N(A)KBA, welche alle drei Adern in einem Kabel besitzen und für den Übergang auf einen aktuell verwendeten Kabeltypen, welcher im dreier Bündel vorhanden ist, erst aufgetrennt werden muss. Da ein Kabel des Typs N(A)KBA mit ölgetränktem Papier, einem Bleischirm und einem Jutemantel, heißt einem aus Pflanzen hergestelltem Stoff, isoliert ist, muss vor allem auf umweltgerechte Entsorgung und fachgerechtes Arbeiten unter der Benutzung

von PSA geachtet werden. Zudem wird nach entfernen der Isolierung und auftrennen der einzelnen Adern eine abschrumpfbare Ölstoppkappe installiert, um austretendes Öl zu verhindern und weitere Schädigung der Umwelt einzudämmen. Da dieser Kabeltyp meist einen im Verhältnis sehr kleinen Nennquerschnitt hat, muss zudem eine Übergangsmuffe zum Erhöhen des Kabelquerschnitts installiert werden. Diese Art der Muffe wird äquivalent zu einer Verbindungsmuffe installiert. Allerdings hat diese den entscheidenden Unterschied, dass der Schraubverbinder einschraubbare Plastikeinsätze hat, um auch kleinere Kabelquerschnitte zentriert einzuführen und festzuschrauben. Durch die Zentrierung ist gewährleistet, dass das Kabel immer mittig im Schraubverbinder liegt und nicht bei der Installation verrutscht. Diese Übergangsmuffen gibt es für verschiedene Kabeltypen und sind je nach Problemstellung auch mehrfach, z. B. um einen Zwischenübergang von 95 mm^2 auf 185 mm^2 zu schaffen, um dann auf 300 mm^2 zu verbinden. Kabelverbindungsmuffen und Übergangsmuffen tragen im Mittelspannungsnetz einen wichtigen Anteil in der Versorgungssicherheit, da Sie für die Versorgung von Ust. verantwortlich sind und zur Erneuerung und Instandhaltung des Bestandsnetzes beitragen.

Ein weiterer Muffentyp ist die Abzweigmuffe, welche ausschließlich im Niederspannungsnetz verwendet wird und nur in der Gießharzmethode verbaut wird. Diese Muffenart dient dazu eine Abzweigung des Stromkabels zu schaffen um beispielsweise einen Haushalt anzuschließen. Für die Montage einer Abzweigmuffe wird beim Bestandskabel lediglich der Mantel, heißt die äußere Isolierschicht entfernt, um die einzelnen Adern freizulegen. Um nun einen Abzweig zu schaffen, wird mit Hilfe einer Kabelabzweigklemme ein Kontakt zum Bestandskabel hergestellt. Diese Abzweigklemme hat spitzen, welche sich bei der Montage, also dem Festschrauben der Klemme um die Adern, durch die Isolierung drücken und sich in den Aluminiumleiter hineintreiben. Durch diese Kontaktpunkte kann nun der Strom fließen und somit können auch die einzelnen Adern in der richtigen Zuordnung an diese Klemme angeschlossen werden. Zuletzt muss noch die entfernte Isolierung wiederhergestellt werden. Dies erfolgt durch eine Plastikform, welche um das Abzweigungsbündel montiert und abgedichtet wird, sodass in diese das Gießharz eingefüllt werden kann. Nach Aushärtung stellt dieser Schutz aus Gießharz die neue Isolierung dar und sorgt für einen Schutz der betroffenen Stelle. Diese Art der Muffe hat eine wichtige Bedeutung im Stromnetz, da man es mit ihr flexibel erweitern kann und somit wenig Aufwand betreiben muss, um z. B. neue Häuser an das Netz anzuschließen.

Ein letzter Typ der auch zu den Kabelmuffen zählt, ist das Kabelende. Dieses gibt es in zwei verschiedenen Ausführungen, dem spannungsfesten und spannungsfreien Kabelende. Das spannungsfeste Kabelende wird verwendet, um unter Spannung stehende Kabelenden zu isolieren gegen Kurzschluss und zusätzlich zu schützen vor Korrosion oder Beschädigung im Erdreich. Ein Kabel, bzw. der metallische Leiter kann durch eintretende Feuchtigkeit oder

dem Umgebungssauerstoff in der Erde korrodieren, heißt sich zersetzen oder verrosten. Dadurch kann dieser unbrauchbar werden und muss somit durch ein Kabelende geschützt werden. Ein Kabelende kann gezielt verlegt werden, wenn z. B. bekannt ist, dass in geraumer Zeit das Netzgebiet an dieser Stelle erweitert wird oder es kann entstehen durch die Erneuerung alter Kabel. Hierbei wird das alte Kabel meist nicht komplett aus dem Erdreich entfernt und wird nur versiegelt durch ein Kabelende. So ist gewährleistet, dass das Erdreich durch evtl. austretende Öle geschützt ist und das Kabel nicht korrodiert. Steht das Kabel unter Spannung muss darauf geachtet werden, dass ein spannungsfestes Kabelende montiert wird. Dieses unterscheidet sich zum normalen Kabelende darin, dass jede Ader einzeln mit einer schrumpfbaren Plastiktülle versiegelt wird und somit ein Kurzschluss zwischen den Adern vermieden wird. Eine Plastiktülle ist ein Plastikschauch, der an einem Ende verschlossen ist und wie eine Kappe über der Ader montiert wird. Um zusätzlich das austretende Öl von alten Kabeln zu stoppen und die offenen Adern bei z. B. spannungsfesten Kabelenden zu schützen, wird eine Endkappe über dem gesamten Kabel abgeschrumpft. Diese Endkappe ist bei spannungsfreien Kabelenden ausreichend und benötigt keine zusätzlichen Adertüllen.

Allerdings bringen diese Muffen auch Nachteile mit sich, denn sie stellen immer eine Schwachstelle im Netz dar. Kleinste Fehler in der Montage können dazu führen, dass die Isolierung nicht komplett wasserdicht ist und somit über die Zeit Wasser eintritt und die Muffe langsam kaputt geht. Dieses Wasser sorgt für kleinere Kurzschlüsse zwischen den Phasen, in denen zusätzlich Lichtbögen entstehen und den Leiter langsam schmelzen, bis dieser keinen Kontakt mehr hat. Deshalb muss die Anzahl der Muffen so gering wie möglich gehalten werden, um die Schwachstellen zu minimieren und somit eine Versorgungssicherheit herzustellen.

2.6 Die Bedeutung von Kabelmuffen im Stromnetz

Das Muffen von Kabeln im Nieder- und Mittelspannungsnetz stellt für Netzerweiterungen und -erneuerungen im Stromnetz der TWS Netz GmbH eine grundlegende Tätigkeit zur Erhaltung der Stromversorgung dar. Bei falscher Montage können diese zu Störquellen im Stromnetz führen und müssen ausgetauscht werden. Dies hat zur Konsequenz, dass die betroffenen Stromkunden für einen gewissen Zeitraum keinen Strom haben, was negative Auswirkungen auf das Image mit sich ziehen kann. Zudem möchte man den Kabelwiderstand so gering wie möglich halten, um Leistungsverluste durch Kabelwiderstände zu minimieren. Aber auch für den Umweltschutz sind z. B. Übergangsmuffen sehr wichtig, da andernfalls Öl aus alten Kabeln in das Erdreich sickern und dieses belasten würde. Zudem sind diese auch wichtig, wenn verschiedene Kabelquerschnitte verbunden werden, da nur sie für einen reibungslosen Übergang sorgen. Je nach Problemstellung gibt es verschiedene Techni-

ken zur Installation, zwischen denen man auswählen kann. Dazu zählen die Warmschrumpf- oder Gießharztechnik. Beide Techniken wurden individuell an praktischen Problemen, wie z. B. Verbindungs-, Übergangs- und Abzweigmuffen angewandt. Zudem wurden die wichtigsten zu beachtenden Regeln erlernt, um jegliche Art der Kabelmuffe anwenden zu können.

2.7 Inspektion von Schaltfeldern im Stromnetz der TWS Netz GmbH

Ein wichtiger Tätigkeitsbereich in der TWS Netz GmbH betrifft die Schaltfelder. Diese haben die Aufgabe, dass sie kleinere Gebiete im Stromnetz versorgen. Dabei hat jedes Schaltfeld einen eigenen Transformator, der für die Stromversorgung sorgt. Eine der Hauptaufgaben ist es, diese Schaltfelder zu inspizieren, um zu gewährleisten, dass jedes intakt ist und mit dem richtigen Transformator verschalten ist. Sollte dies nicht der Fall sein, muss das Schaltfeld geändert werden. Änderungen können aber auch baubedingt vorgenommen werden und müssen ebenfalls überwacht und nach den Baumaßnahmen zurückgeschaltet werden. Es kann allerdings auch eine neue Verschaltung vorgenommen werden, wenn es von Nöten ist. Diese Aufgabe der richtigen Aufteilung von einem in zwei Schaltfelder gehört auch zum Aufgabenbereich des Stromnetzmonteurs und wird oftmals in der Niederspannung durchgeführt. Zu diesen Aufgaben gehören z. B. die Auftrennung, die Dokumentierung und die Erneuerung der Informationsmedien. Schaltfeldänderungen im Mittelspannungsnetz werden nur durchgeführt, wenn ein Stück der Leitung durch Baumaßnahmen ausgeschaltet werden muss. Die Aufgabe besteht dann darin die Schaltung durchzuführen und ggf. noch ein Mittelspannungskabel zu schneiden. Grundlegend soll erlernt werden, wie sich die Schaltfelder untereinander Verhalten und welche Dinge wichtig zu beachten sind, um bei jeder Aufgabenstellung eine möglichst geringe Netzbeeinträchtigung zu haben.

2.8 Effiziente Schaltfeldverwaltung

Das Niederspannungsnetz der TWS Netz GmbH unterteilt sich in eine Vielzahl von Schaltfeldern. Jedes Schaltfeld hat die Aufgabe einen kleinen Bereich im Gebiet abzudecken. Dabei teilt sich das Netz in viele verschiedene Zweige, mit Hilfe von KVS und Umspannstationen auf. Da jeder KVS nur eine begrenzte Anzahl an Leisten hat, wie in Kapitel 2 erläutert und jeder Trafo nur eine begrenzte Leistung liefert, muss das Stromnetz unterteilt werden. Diese Unterteilung wird realisiert durch Schaltfelder, welche voneinander getrennt sind. Die

Trennung der Schaltfelder untereinander spielt eine wichtige Rolle, da es im Falle einer Störung nur ein bestimmtes Schaltfeld betrifft. Somit kann die Störquelle eingegrenzt werden und es sind nur wenige Haushalte betroffen. Diese Auftrennung wird meist in KVS vorgenommen, da diese an andere Schaltfelder angrenzen. In diesen KVS finden sich nicht nur die Kabel des zugehörigen Schaltfeldes, sondern meist auch noch ein Kabel des angrenzenden Schaltfeldes. Dies hat den Hintergrund, dass bei einem Störfall oder Bauarbeiten die Leistung des Schaltfeldes erhöht oder gar ersetzt werden kann, wenn z. B. arbeiten am Trafo stattfinden und dieser sein Schaltfeld nicht versorgen kann. Jeder Trafo hat eine vorgegebene Nennleistung, mit der er bemessen wird. Diese Nennleistung bringt zur Aussage, wie viel Leistung ein Trafo übertragen kann, ohne etwas zu verbrauchen. Diese Leistung wird als Scheinleistung bezeichnet und hat die Einheit kVA. Diese beinhaltet die Wirkleistung und die Blindleistung. Die Wirkleistung bezieht sich auf die Leistung, die ein Verbraucher im Betrieb benötigt und wird in Watt (W) angegeben. Diese Leistung bezieht sich auf einen realen Verbrauch, heißt auf einen rein ohmschen Widerstand. Die Blindleistung hingegen ist die verbrauchte Leistung durch Verschiebung der Phase und wird in var angegeben. Diese entsteht an der Ausgangsseite des Trafos durch unsymmetrische Verbraucher und kann variieren. Um einen Trafo richtig zu bemessen in der Leistung wird dieser in VA angegeben, um die Verluste durch Blindleistung mit einzubeziehen. Je nach Größe des Trafos hat dieser unterschiedlich hohe Bemessungen, welche in der Dimensionierung des Schaltfeldes beachtet werden müssen. Die Dimensionierung beschreibt die Festlegung bestimmter Größen eines technischen Produkts, um die geforderten Probleme zu erfüllen. Diese entscheidet letztendlich darüber, wie viele Verbraucher über das Stromnetz an den Trafo angeschlossen werden können, ohne diesen zu überlasten. Ein Trafo kann grundsätzlich in einer Notsituation überlastet werden, allerdings funktioniert dies nur über einen kurzen Zeitraum und in einem gewissen Maß. Eine zu lange Überlastung würde zu einer Überschreitung der Grenztemperatur führen und hätte zur Folge, dass die Isolierfähigkeit des isolierenden Öls im inneren des Trafos abnimmt. Daher ist es im alltäglichen Betrieb des Stromnetzes von hoher Relevanz die Umspannstationen so zu managen, dass jeder Trafo unter seiner Nennleistung arbeitet. Bei einem zu groß werdenden Schaltfeld, durch ein z. B. dazu kommendes Neubaugebiet, muss die vor Ort betroffene Umspannstation auf die maximale Nennleistung überprüft werden und entweder vergrößert, erweitert oder ergänzt werden durch eine neue Umspannstation. Eine Erweiterung dieser Art zieht eine Änderung des Schaltfeldes mit sich, um die Verbraucherleistung neu aufzuteilen. Diese Änderung muss zuerst im Schaltfeldplan angepasst werden, um jedem Mitarbeitenden des Stromnetzes eine aktuelle Auskunft zu bieten. In diesem Schaltfeldplan sind alle Schaltfelder des gesamten Stromnetzes eingezeichnet und farblich voneinander getrennt, um die einzelnen Stromkreise zu unterscheiden. Somit muss ein neues Schaltfeld eine neue farbliche Kennung bekommen und muss an den angrenzenden Stromkreisen aufgetrennt werden. Dieses sogenannte Auftrennen beschreibt den Prozess, in dem

die Sicherungen im KVS entfernt werden, an der Stelle wo das Kabel des neuen Schaltfeldes angeschlossen ist. Somit wird die Verbindung zur Sammelschiene unterbrochen und das Kabel wird nur noch von der neuen Ust. aus versorgt. Anschließend müssen an den geänderten KVS und Ust. die Stationskarten/KVS-Karten ausgetauscht werden, um auch dort ersichtlich zu machen, wie das neue Schaltfeld aufgebaut ist. Diese Information ist entscheidend, um bei Störungssituationen im Schaltfeld schnell einzugrenzen, wo sich der Fehler befinden könnte. Eine sogenannte Schaltzustandsstörung wäre ein Beispiel für eine solche Art der Störung. Hierbei wurde eine ausgelöste Sicherung festgestellt oder eine Störung der Stromversorgung vom Kunden gemeldet, in der allerdings unbekannt ist, wo sich der Fehler befindet. Um eine solche Art der Störung zu beheben ist es wichtig ein ersichtliches Schaltfeld vorzufinden, um die Ursache auf ein bestimmtes Schaltfeld zu reduzieren. Zudem hilft die Selektivität des Schaltfeldes den Fehler weiter einzudämmen, da in einem selektiven Netz die Sicherungen zum Verbraucher kleiner dimensioniert sind. Dies bedeutet, dass für ein Kabel, welches von einer Umspannstation weggeht zu einem KVS eine höhere Sicherung, heißt gegen einen höheren Strom z. B. 250 A abgesichert ist und ein Kabel, welches zu einem Hausanschluss geht nur mit z. B. 160 A eingesichert ist. Dieser Unterschied beschreibt die Selektivität und sorgt dafür, dass im Stromnetz möglichst nahe an der Fehlerstelle die Sicherung auslöst und somit umliegende Verbraucher geschützt sind. Zudem wird das Netz rund um eine Ust. im Maschennetz betrieben, was den Vorteil bringt, dass bei einem Kabelausfall durch Beschädigung oder Erneuerung der jeweilige KVS von mehreren Verbindungsseiten aus versorgt wird und jedes Kabel ebenfalls von beiden Seiten an die Versorgung der Ust. oder des nächsten KVS angeschlossen ist. Somit ist immer eine Versorgung von mehreren Anschlusseiten gewährleistet, welches die Störanfälligkeit zusätzlich senkt. Ein Maschennetz beschreibt eine Stromnetzart, in der jeder Knotenpunkt, hier als KVS oder Ust. bekannt, von mehreren Kabeln versorgt wird. Somit kann bei einem Kabelausfall jeder KVS weiterversorgt werden, da er von anderen Stromkreisen, den Maschen ebenfalls versorgt wird. Vereinzelt verwendet man das Prinzip des Strahlennetzes, welches nur von einem Knoten aus versorgt wird und wie ein Strahl verläuft. Kommt es bei einem solchen Netztyp zu einer Störung, fällt meist der Strom auf der gesamten Länge des Strahls aus, da diese Masche an keinem zweiten Knoten angebunden ist und somit auch nicht von dort versorgt werden kann.

Bei den Schaltkreisen im Mittelspannungsnetz ist das Management ein wenig komplizierter, da diese für die Hauptversorgung der Niederspannungsschaltfelder verantwortlich sind und eine der wichtigsten Knotenpunkte im Stromnetz darstellen. Aus diesem Grund ist es essentiell wichtig, diese im Ringnetz oder Maschennetz zu erbauen, um auch bei Störungen oder Bauarbeiten eine Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Bei einem Ringnetz hängt jede Masche auf zwei Knoten und kann somit ähnlich wie beim Maschennetz in abgewandelter Form von zwei Knoten aus versorgt werden. Änderungen in diesem Netz, z. B. durch

Baustellen müssen immer so geplant werden, dass nur ein Teilstück des Ringes ausgeschaltet wird, um eine Versorgung weiter zu garantieren. Zudem sollte man in den Schaltplänen überprüfen, ob es an einer Ust. oder einem Schaltwerk in der Nähe der Baustelle eine offene Verbindung zu einer anderen Masche gibt, um diese ggf. dazuzuschalten. Dadurch kommt eine zusätzliche Verbindung im Knoten hinzu, welche bei unerwarteten Störungen größere Stromausfälle vermeiden kann, da der Knoten von mehreren Maschen versorgt wird.

Grundsätzlich muss eine Schaltung im Mittelspannungsnetz beim Netzbetreiber beantragt werden. In diesem Fall betrifft dies den Antrag bei der Netze BW GmbH. Diese überprüfen anschließend ob eine Schaltung an den gewünschten Stellen möglich ist und geben diese dann frei. Dieser sogenannte Schaltantrag beinhaltet nicht nur die Genehmigung der Schaltung, sondern auch einen genauen Ablauf, wie diese stattzufinden hat. Darunter zählen die Tätigkeiten, des ein- oder ausschalten des Lasttrennschalters, wie auch das einlegen oder entfernen der Erde. Die Schaltung des Lasttrennschalters bringt mit sich, ob das angeschlossene Mittelspannungskabel mit der Sammelschiene verbunden ist und unter Spannung steht oder nicht. Bei einem ausgeschalteten Kabel, muss der Schalter für die Erde eingelegt werden. Dieser funktioniert gleich wie ein Lasttrennschalter, nur dass dieser dafür sorgt, dass das Kabel mit der Erde verbunden ist und somit sämtliche Fehlerströme in das Erdreich abgeleitet werden. Da dieses Netz im Ring- oder Maschennetz betrieben wird, reicht es nicht aus, den Lasttrennschalter von einer Seite auszuschalten. Dieser muss immer auf beiden Enden des Kabels ausgeschaltet werden, um eine Spannungsfreiheit herzustellen. Diese muss anschließend mit einem Mittelspannungsprüfer überprüft werden, um sicherzustellen, dass diese auch wirklich vorliegt. Ein Mittelspannungsprüfer ist ein Messgerät zur Feststellung der Spannung an Anlagen bis zu einer Nennspannung von 36 kV. Die Messspitze wird hierfür an die Phasen der Sammelschiene gehalten und zeigt anschließend an, ob eine Spannung anliegt. Nach feststellen der Spannungsfreiheit können nun arbeiten am Kabel oder in der Nähe des Kabels durchgeführt werden. Diese beziehen sich oftmals auf die Verlegung neuer Kabel, arbeiten von anderen Bauunternehmen in der Nähe des Kabels oder das Schneiden eines alten oder auszutauschenden Kabels.

Das Schneiden eines Mittelspannungskabels funktioniert mit Hilfe einer Sicherheitsschneidanlage. Diese Anlage besteht aus einem hydraulischen Schneidkopf und einer zugehörigen Pumpe. Dies bedeutet, dass die gesamte Anlage mit einem nichtleitenden Öl betrieben wird, welches durch erhöhen des Drucks dafür sorgt, dass sich der Schneidkopf schließt. Durch Schließen des Schneidkopfes wird das zu schneidende Kabel durchtrennt. Im Falle eines unter Spannung stehenden Kabels, sorgt das nichtleitende Öl dafür, dass keine Gefahr für Mitarbeitende entsteht und diese trotzdem das Kabel durchtrennen können. Vorausgesetzt wird, dass dieser Fall nicht eintritt. Dafür werden Maßnahmen getroffen, die die Überprü-

fung der Netzpläne beinhalten, um sicherzustellen, dass dieses Kabel inaktiv ist. Zudem muss vor jedem Kabelschnitt Rücksprache mit der zuständigen Leitstelle gehalten werden, welche zusätzlich die Spannungsfreiheit und die Zulassung zur Schneidung überprüft und freigibt. Die Leitstelle ist eine Zentrale, in der das komplette Stromnetz der Umgebung überwacht wird und über jegliche Störung informiert wird. Sie ist Informationsempfänger und Vermittler für sämtliche Anliegen rund um ihr Einsatzgebiet und ist der erste Ansprechpartner für Mittelspannungsanliegen.

2.9 Schaltfeldmanagement für eine zuverlässige Stromversorgung

Die Schaltfelder im Niederspannungsnetz haben einen großen Einfluss auf die Effektivität und Funktionalität des Stromnetzes. Um diese Eigenschaften jederzeit zu gewährleisten, ist es von Nöten diese Schaltfelder zu überwachen und zu managen. Zudem muss jedes Schaltfeld so zusammengestellt werden, dass selbst bei einem unerwarteten Ausfall eine Versorgungssicherheit hergestellt ist. Diese Sicherheit kommt vor allem aus den genannten Punkten der maximalen Nennleistung eines Trafos und den verschiedenen Netztypen. Die Nennleistung ist hinsichtlich einer Notsituation von enormer Relevanz, da diese entscheidend ist für ein stabiles Netz. Wie im Kapitel 4.2 erläutert, kann ein solcher Trafo auch über kürzere Zeit höhere Leistungen erbringen, welche meist nicht von Nöten sind, da die Schaltfelder so aufgeteilt wurden, dass genügend freie Leistung zur Verfügung steht. Sollte ein Trafo an seine Grenzen kommen, gibt es die Möglichkeit diesen durch einen größeren auszutauschen oder das Schaltfeld aufzuteilen und eine neue Ust. zu bauen. Nicht nur der Trafo sorgt für ein störungsfreies Netz, sondern auch die Selektivität. Diese hat die Aufgabe, dass nur kleine Stücke vom Netz herunterfliegen, wenn es zu einer Störung kommt. Zudem sorgt Sie dafür, dass man die Störung schnell eingrenzen kann, da durch ein selektives Netz die Sicherung, welche sich am nächsten zur Störung befindet auslöst. Dadurch ist es möglich Störungen schnell zu finden und zu bearbeiten, um dem Kunden lange Störungszeiten zu verhindern. Auch der Netztyp, welcher im Kapitel 4.2 vorkommt trägt zu einem stabilen Netz bei. Dies liegt vor allem an der Versorgung von zwei oder mehr Seiten, wie es im Ring- oder Maschennetz der Fall ist. Dadurch ist es zusätzlich möglich Baustellen zu realisieren, ohne dem Netzkunden eine Unterbrechung zuzumuten. Das Mittelspannungsnetz ist ein Hauptakteur, wenn es um die Versorgung des Niederspannungsnetzes geht und ist Grundvoraussetzung für eine funktionierende Stromversorgung. Dazu hat dies auch den Netztyp des Ring- oder Maschennetzes, um eine Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Diese Sicherheit kann durch ein Strahlennetz nicht erreicht werden, da es bei einer Störung zu einem Gesamtausfall auf

der Länge des Strahls kommen würde. Zudem kann in einem Ring- oder Maschennetz flexibel geschaltet werden, um sich den aktuellen Vorkommnissen anzupassen. Die Rücksprache und Beantragung von Vorkommnissen im Mittelspannungsnetz mit der Leitstelle tragen zu einer Sicherheit in der Versorgung, als auch beim Mitarbeitenden vor Ort bei, da dieser über die Situation informiert ist und sich ggf. schützen kann. Dies erfolgt z. B. durch zusätzliche Spannungsprüfungen oder speziellem Werkzeug zum schneiden von Kabeln unter Spannung. Dies dient vor allem dazu, vor dem Ernstfall geschützt zu sein, falls eine Fehlinformation durch das System übermittelt wurde.

3 Zusammenfassung

Die Praxisarbeit befasste sich mit den Betriebsaufgaben der Stromversorgung der TWS Netz GmbH. Dazu wurden verschiedenste Tätigkeitsschwerpunkte kennengelernt um die wichtigsten technischen und organisatorischen Prozesse in der Stromversorgung erlernt. Sie dienen nicht nur als Hilfsstellung für jegliche Probleme im Stromnetz, sondern besitzen zudem eine fördernde Wirkung für eine theoretische, als auch praktische Annahme und Lösung eines Problems. Dazu wurden Fertigkeiten im Bereich der Metallbearbeitung geschult, welche das Verständnis für die richtige Wahl des Werkzeuges und dem richtigen Verfahren fördern. Diese Entscheidung spielt eine wichtige Rolle in der Lösung von individuellen Problemstellungen, da die am Anfang eines Problems getroffen wurde und verantwortlich für eine nachhaltige und zielorientierte Lösung ist. Bei einer nicht idealen Entscheidung, kann es zu zeit-, kosten- oder umwelttechnischen Konsequenzen kommen, welche das Image des Unternehmens schädigen und zusätzlich ein Misstrauen beim Kunden verursachen. Um solche Entscheidungen genauer zu kalkulieren wurden Kenntnisse zur Berechnung mathematischer Theoreme im Bereich Elektrotechnik gefördert. Diese theoretischen Grundlagen wurden angewandt, um die praktischen Vorgehensweisen anhand mathematischer Theoreme zu belegen. Dazu zählen überwiegend die Berechnung von Stromkreisen, Leitungswiderständen und Transformatorleistungen. Diese Kennwerte tragen zu einem stabilen und zuverlässigen Stromnetzbetrieb bei und dienen zusätzlich als Grundlage zur Planung neuer Umspannstationen oder Schaltfelder. Somit wird nachhaltig für eine Versorgungssicherheit im Netzgebiet der TWS Netz GmbH gesorgt. Es reicht allerdings nicht aus, das Stromnetz auf Grundlage von theoretischen Kennwerten zu managen, da die Einflüsse der Umwelt ebenso große Anteile tragen und beseitigt werden müssen. Es ist zwar möglich eine ungefähre Lebensdauer z. B. eines Holzmastes zu berechnen, allerdings hat die Praxis bewiesen, dass durch äußere Einflüsse, diese auch stark abweichen kann. Daher ist es ebenso wichtig das Stromnetz regelmäßig zu kontrollieren, um Abweichungen frühestmöglich zu erkennen. Bei Freileitungen können Probleme dieser Art schnell identifiziert und behoben werden, ganz im Gegenteil zu Erdkabeln. Bei diesen müssen Strukturen zur ordnungsgemäßen Montage und zur Sauerhaltung der Anlagen eingehalten werden, um dem Kunden ein störungsfreies Stromnetzversorgung zu gewährleisten. Wichtig sind diese Strukturen vor allem bei Schwachpunkten im Stromnetz, wie z. B. den Kabelmuffen. Diese sind besonders anfällig für Netzstörungen,

3 Zusammenfassung

wenn bei der Montage nicht auf Genauigkeit geachtet wird. Zudem kann es in diesem Tätigkeitsbereich schnell zur Schädigung der Umwelt kommen, wenn das Erdreich durch austretendes Öl von alten Kabeln belastet wird. Des Weiteren ist es wichtig Richtlinien und Sicherheitsvorschriften, vor allem im Bereich der Mittelspannung einzuhalten, da es in diesem Bereich schnell zu Personenschäden kommt und die Umwelt stark belastet werden kann. Genannte Beispiele sind unter Spannung stehende Kabel oder SF₆ Schaltanlagen. Ziel ist stets ein stabiles und leistungsfähiges Stromnetz gegenüber dem Kunden zu garantieren. Hierzu trägt ein Ring- oder Maschennetz positiv bei und sorgt somit im Nieder-, als auch Mittelspannungsbereich für eine flexible und krisensichere Versorgung. All diese Tätigkeiten und Strukturen der TWS Netz GmbH sorgen für eine Verknüpfung der theoretischen Kenntnisse mit praktischen Problemstellungen und fördern eine eigenständige Lösung eines Problems unter Anwendung ingenieurstechnischer Vorgehensweisen.

Literatur

- [1] Dieter Arendes. *Einführung in die Umformtechnik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2023. ISBN: 978-3-658-42033-8. DOI: 10.1007/978-3-658-42034-5.
- [2] *Bild Elektrodenschweißen*. URL: <https://schweissen-stuttgart.de/images/Elektrode-Kurs-Esslingen.jpg> (besucht am 26.09.2023).
- [3] *Bild Lichtbogen*. URL: https://www.pv-magazine.de/wp-content/uploads/sites/4/2022/09/03030_Lichtbogen_Lichtbogen.jpg (besucht am 26.09.2023).
- [4] *Bild MAG-Schweißen*. URL: <https://hangar44.de/wp-content/uploads/2020/07/Bild4.jpg> (besucht am 26.09.2023).
- [5] *Bild Werkstattfeile*. URL: <https://www.qy1.de/img/werkstattfeile-flachstumpf-314056.jpg> (besucht am 26.09.2023).
- [6] Jochen Dietrich und Arndt Richter. *Praxis der Zerspantechnik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020. ISBN: 978-3-658-30966-4. DOI: 10.1007/978-3-658-30967-1.
- [7] Ralf Förster und Anna Förster. *Einführung in die Fertigungstechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018. ISBN: 978-3-662-54701-4. DOI: 10.1007/978-3-662-54702-1.
- [8] Adolf J. Schwab. *Elektroenergiesysteme*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. ISBN: 978-3-642-21957-3. DOI: 10.1007/978-3-642-21958-0.
- [9] Ralf Späth. *Betriebsfeste Konstruktion und Berechnung von Schweißverbindungen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2023. ISBN: 978-3-658-40788-9. DOI: 10.1007/978-3-658-40789-6.
- [10] Wilfried Weißgerber. *Elektrotechnik für Ingenieure I*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018. ISBN: 978-3-658-21820-1. DOI: 10.1007/978-3-658-21821-8.

- [11] Wilfried Weißgerber. *Elektrotechnik für Ingenieure 2*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013. ISBN: 978-3-8348-1031-1. DOI: 10.1007/978-3-8348-2072-3.