

# **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:	20. September 2023
Bearbeitungszeitraum:	01.07.2023 - 31.09.2023
Matrikelnummer:	5642939
Kurs:	TFE22-1/TEU22
Ausbildungsfirma:	TWS Netz GmbH
Betreuer der Ausbildungsfirma:	Patricia Schmitz

# 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 in der Fassung vom 10.07.2023:

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 20. 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 in der Fassung vom 10.07.2023.

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 20. 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 Hausanschluss- und Schützschaltungen im Bereich Wechselstrom.

Im zweiten Teil der Praxisphase ging es darum die alltäglichen Tätigkeiten des Betrieb Stromnetzes näher kennen zu lernen. Dazu gehören Tätigkeiten, welche kundenbezogen oder firmenbezogen sind. Unter den kundenbezogenen Tätigkeiten zählen die Installation von Hausanschlüssen und Baustromanschlüsse, wie auch die Zähler oder Wandler Montage. Des Weiteren sind auch Tätigkeiten, wie die Bearbeitung von Störungen im Netz oder beim Kunden, die Bereitstellung von Informationen zu Kabeln oder die Verständigung von Netzunterbrechung alltäglich. Zu den firmenbezogenen Tätigkeiten zählen arbeiten, welche im Netz 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 Schmutz 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.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>Verzeichnis verwendeter Formelzeichen und Abkürzungen</b>	<b>v</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>vii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>viii</b>
<b>1 Verfahren zur Metallbearbeitung und Grundlagen der Elektrotechnik</b>	<b>1</b>
1.1 Aufgabenstellung . . . . .	1
1.2 Praktischer Lösungsansatz . . . . .	1
1.3 Reflexion und Bewertung . . . . .	8
<b>2 Stromnetzkontrolle und Pflege</b>	<b>9</b>
2.1 Aufgabenstellung . . . . .	9
2.2 Praktischer Lösungsweg . . . . .	9
2.3 Reflexion und Bewertung . . . . .	14
<b>3 Kabelmuffen im Nieder- und Mittelspannungsnetz</b>	<b>15</b>
3.1 Aufgabenstellung . . . . .	15
3.2 Praktische Lösung . . . . .	15
3.3 Reflexion und Bewertung . . . . .	20
<b>4 Schaltfelder im Stromnetz</b>	<b>22</b>
4.1 Aufgabenstellung . . . . .	22
4.2 Praktische Lösung . . . . .	22
4.3 Reflexion und Bewertung . . . . .	26
<b>5 Zusammenfassung</b>	<b>27</b>
<b>Literatur</b>	<b>28</b>

# Verzeichnis verwendeter Formelzeichen und Abkürzungen

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 <sub>6</sub> ....	Schwefelhexafluorid
SW ....	Schaltwerk
Trafo ....	Transformator
Ust. ....	Umspannstation
z. B. ....	zum Beispiel

## Verzeichnis verwendeter Formelzeichen und Abkürzungen

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

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Gemischte Schaltung . . . . .	5
2.1	Lichtbogen . . . . .	10



# Tabellenverzeichnis

3.1	Materialkonstanten . . . . .	17
-----	------------------------------	----

# **1 Verfahren zur Metallbearbeitung und Grundlagen der Elektrotechnik**

## **1.1 Aufgabenstellung**

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 Zerspaltung, 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 der Aufgabenstellung ist es selbstständig eine Problemstellung unter Zuhilfenahme der erlernten Bearbeitungsverfahren durchzuführen.

Anschließend sollen grundlegende Kenntnisse im Bereich der Elektrotechnik erlernt werden. Dazu sollen Problemstellungen zunächst theoretisch erarbeitet werden, um diese dann Anhand kleinerer Versuchsaufbaue zu erläutern. Dies findet zunächst im Bereich Gleichstrom statt und soll dann zu Problemen und Verfahren im Dreiphasenwechselstrom übergehen. 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.

## **1.2 Praktischer Lösungsansatz**

In der Metallverarbeitung gibt es verschiedene Verfahren zur Herstellung eines Werkstückes. Diese Verfahren werden in Hauptgruppen zusammengefasst und unterscheiden sich in ihrer Eigenschaft, wie sie Rohmaterialien bearbeiten oder verändern. Eines dieser Verfahren ist das Trennen. Hierbei handelt es sich um ein spanendes Fertigungsverfahren.

**Spanende Fertigung** 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.

Das Feilen wird meist von Hand ausgeführt, mit sogenannten Werkstattfeilen und dient zur präzisen Bearbeitung von Werkstücken. 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. Zudem unterscheiden sich Feilen in ihrer Bezeichnung, auch Hieb genannt. 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 ungeeignet für weiche Werkstoffe, da die Späne in den Zwischenräumen stecken bleiben, dafür erzeugen diese meist eine glatte Oberfläche mit einer höheren Güte.

Das Fräsen ist neben dem Drehen eines der wichtigsten Verarbeitungsverfahren zur Bearbeitung von Werkstoffen. Beide Verfahren unterscheiden sich in den Anwendungsbereichen und wie sie die Werkstücke bearbeiten. Hierbei sind Werkstücke, die gedreht werden immer symmetrisch, da ausschließlich Runde Werkstoffe verarbeitet werden können. Dies liegt daran, dass beim Drehen sich das Werkstück um die eigene Achse dreht und beim Fräsen das Werkzeug. Durch diesen Unterschied hat jedes der beiden Fertigungsverfahren seinen eigenen Anwendungsbereich. 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 und die Qualität darunter nicht in Mitleidenschaft gezogen wird. Durch die CNC Technologie ist das Fertigen gleichaussehender Teile automatisiert und für den Fließbandbetrieb ideal. 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. Um diese thermische Belastung einzuschränken, werden oftmals Kühlflüssigkeiten verwendet, welche bei Kontakt eine Belastung für die Umwelt und Gesundheit darstellen.

Ein weiteres Verfahren zur Bearbeitung von Werkstoffen, ist die Umformung. Der große Unterschied zu spanenden Fertigungsverfahren ist hierbei, dass kein Material entfernt wird. Es wird lediglich die Geometrie verändert, um die gewünschte Form zu erreichen. 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. Beispielsweise könnte mit einem Stück Flachstahl ein Winkel erzeugt werden, um etwas zu befestigen. Ein klarer Vorteil kristallisiert sich dabei schnell heraus und zeigt, dass dieses Verfahren sehr einfach in der Anwendung und flexibel einsetzbar ist. 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 ist beim Biegen, dass man einen Mindestbiegeradius einhalten sollte, da sich das Material sonst verjüngt oder gar bricht.

**verjüngen** Begriff in der Technik für die Verringerung von Querschnitten im Material

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 des Metalls genommen werden.

Das letzte wichtige Verfahren ist das Fügen. Hierbei werden zwei oder mehrere Werkstücke so verbunden, dass sie miteinander eine dauerhafte Verbindung erzeugen. 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. 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. Dieses sogenannte Schmelzbad muss durch Zufuhr von einem geeigneten Schutzgas, meist Argon umhüllt sein, um eine Oxidation mit dem Umgebungssauerstoff zu verhindern. 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.

Diese drei Methoden 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. 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 bei Problemstellungen im Außenbereich angewandt. Der größte Nachteil ist hierbei die hohe Rauchentwicklung, wie auch der entstehende Aufwand und Dreck bei entfernen der Schlacke. Hierzu sollte in geschlossenen Räumen immer eine Absaugung gewährleistet sein, da die Dämpfe gesundheitliche Folgen haben und nicht in großen Mengen eingeatmet werden dürfen. 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.

Im Folgenden geht es um die Lösung von Problemen im Bereich der Elektrotechnik. Hierzu wird sich der erste Teil auf die Lösung von Gleichstromproblemen und der zweite Teil auf die Lösung von Wechsel- bzw. Dreiphasenwechselstromproblemen beziehen. Um einfache Gleichstromkreise zu berechnen, ist es von entscheidender Relevanz, die richtigen Formeln anzuwenden. Dazu gibt es z. B. Formeln für Parallel oder in Reihe geschaltete Widerstände, die Kirchhoffschen Gesetze oder das ohmsche Gesetz. Alle diese Formeln dienen dazu, das Verhalten von Widerständen zu beschreiben, um daraus praktische Schlüsse in der Anwendung ziehen zu können. Ein Widerstand hat unter anderem den Nutzen, die Spannung oder den Strom zu verringern, um den Verbraucher zu schützen. Je nachdem, welches Problem zu lösen ist, muss der Widerstand parallel, in Reihe oder beides in Kombination verwendet werden. Da es allerdings nur festgelegte Widerstandswerte zu kaufen gibt und meist auch nicht alle im Unternehmen vorhanden sind, müssen verschiedene Größen miteinander kombiniert werden. Durch die Verwendung der Formel für parallelgeschaltete Widerstände, kann man z. B. durch die Verwendung zweier  $100\ \Omega$  Widerstände herausfinden, dass dadurch ein  $50\ \Omega$  Widerstand entsteht. Dies kann beliebig oft angewandt werden, wobei die Formel 1.1 zur Berechnung von parallelen Widerständen nur für eine maximale Anzahl von zwei Widerständen und die Formel 1.2 für eine unbegrenzte Anzahl von Widerständen zählt.

$$R_{\text{ges}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.1)$$

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \quad (1.2)$$

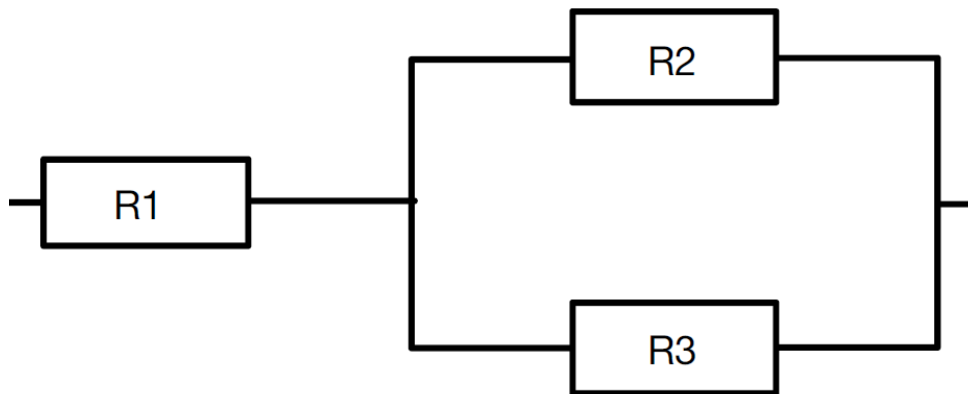
Zudem ist bei parallelgeschalteten Widerständen zu beachten, dass die Spannung, welche über den Widerständen abfällt immer gleich bleibt und diese Art der Verschaltung nur zu einer Reduktion des Stroms führt. Um den gesamten Strom über den Widerständen zu berechnen, kann folgende Formel angewandt werden.

$$I_{\text{ges}} = \frac{U}{R_{\text{ges}}} \quad (1.3)$$

Bei einer Reihenschaltung von Widerständen ist die Berechnung deutlich einfacher, da sich diese lediglich addieren. Somit können beliebig viele Widerstände in Reihe geschaltet werden, um den gesamten Widerstand zu erhöhen.

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots \quad (1.4)$$

Allerdings ist bei einer Reihenschaltung zu beachten, dass eine Reduktion der Spannung über den Widerständen stattfindet, weshalb dieser Typ Verschaltung angewandt wird bei Verbrauchern, die eine geringere Spannung benötigen, als die anliegende. Zudem ist es möglich beide Typen der Verschaltung zu kombinieren. Hierbei ist dann jeweils zu beachten, welche der Formeln angewandt werden muss, da beide Typen vorhanden sind. Wichtig dabei zu beachten ist, dass das Schaltbild in einzelnen Teilschritten berechnet wird und man die beiden Formeln für die Reihen- und Parallelschaltung nicht vermischt. Allgemein gilt immer, dass man von innen nach außen rechnet und versucht am Ende auf einen Widerstand zu kommen, über dem die Spannung oder der Strom abfällt. Im folgenden Beispiel wird eine solche Schaltung nochmals genauer erläutert.



**Abbildung 1.1:** Gemischte Schaltung

Hier ist es wichtig zuerst die Parallelschaltung zwischen  $R_2$  und  $R_3$  zu berechnen, um einen Gesamt Widerstand zu bekommen. Mit Hilfe dieses Gesamt widerstandes kann nun die Reihenschaltung zwischen  $R_{2,3}$  und  $R_1$  berechnet werden. Schließlich kommt ein Widerstand für die gesamte Schaltung heraus, über dem die angelegte Spannung abfällt.

Eine weitere wichtige Formel zur Berechnung von Gleichstromkreisen, ist die Knotenregel. Diese findet sich auch im 1. Kirchhoffschen Gesetz wieder und sagt aus, dass an jedem Knoten-

punkt in einem Stromnetz gleichviele Ströme hinein-, als auch wieder hinausfließen. So kann an jedem Knotenpunkt, welcher nicht die gleichen Ströme wie ein anderer Knoten hat, eine Knotengleichung aufgestellt werden. Mit Hilfe dieser Gleichungen lässt sich anschließend ein Gleichungssystem lösen, was zur Lösung des Problems führen kann.

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 \quad (1.5)$$

Gibt es allerdings noch eine unbekannte Variable, dann kann die Schaltung nicht alleinig mit der Knotenregel berechnet werden, sondern benötigt zusätzlich die Anwendung des 2. Kirchhoffschen Gesetzes, der Maschenregel. Diese Regel besagt, dass alle Spannungen in einer Masche, heißt in einem geschlossenen Stromkreis von Widerständen, Spannungsquellen, etc. in Summe Null ergeben. In Kombination mit der Knotenregel kann nun fast jedes einfachere Problem in einem Gleichstromkreis gelöst werden.

$$U_1 + U_2 + U_3 - U_4 - U_5 = 0 \quad (1.6)$$

Dieses Verhalten von Widerständen in Bezug auf Strom und Spannung kann durch einfache Versuche nachgewiesen werden. Einer dieser Versuche wäre z. B. , dass man einen einfachen Stromkreis aufbaut, der einen Widerstand und einen Verbraucher z. B. eine Glühbirne beinhaltet. Variiert man nun mit der Größe des Widerstandes, kann man bei gleichbleibender Spannung feststellen, dass die Glühbirne dunkler wird, je größer der Widerstand wird.

Ein weiterer Versuch kann durchgeführt werden, indem man zwei Glühbirnen beim ersten Durchgang in Reihe schaltet und beim zweiten Durchgang parallelschaltet. Man wird beobachten, dass die Glühbirnen bei der Parallelschaltung heller leuchten, als bei der Reihenschaltung. Dies liegt daran, dass in der Reihenschaltung Spannung über der ersten Glühbirne abfällt, da diese einen Widerstand im Stromnetz darstellt. Somit liegt an der zweiten Glühbirne eine geringere Spannung an und Folge dessen leuchtet diese weniger. Bei einer Parallelschaltung ist dies nicht der Fall, da dort an jeder Glühbirne gleichviel Spannung anliegt. Es sinkt lediglich der Strom an jeder Glühbirne.

Das nächste Thema im Bereich Elektrotechnik ist der Wechselstrom bzw. Drehstrom. Diese Art des Stroms hat einen großen Anwendungsbereich im deutschen Stromnetz, aber wird auch in jedem Haushalt oder Firma verwendet. Um nun mit diesem sicher umgehen zu können, sei es bei Reparaturen im Stromnetz oder bei der alltäglichen Verwendung von Haushaltgeräten, muss es Fachkräfte geben, die sich um die ordnungsgemäße Installation und den Bau kümmern. Dazu werden Sie immer zu den aktuellen Sicherheitsstandards informiert und werden gegebenenfalls nachgeschult, z. B. im Bereich Arbeiten unter Spannung (AuS) für Stromnetz Monteure.

## **Elektroinstallationsschaltungen und Elektrogeräte**

Unter dem Begriff Elektroinstallationsschaltungen werden die meisten Menschen nichts verstehen, da Sie mit der Materie wenig zu tun haben. Allerdings ist dieser Bereich in jedem normalen Haushalt zu finden, da Sie meist Steckdosen und Lichtschalter für Deckenlampen in Ihrem Haus haben. Diese Installation der Kabel, Lampen, Steckdosen und Lichtschalter werden in der Regel von einem ausgebildeten Elektriker durchgeführt. Hierbei wird meist eine Leitung mit drei oder fünf Adern des Typs NYM-J vom Sicherungskasten aus verlegt und durch Fehlerstromschutzschalter (FI) / Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) abgesichert. Diese haben die wichtige Aufgabe den Stromfluss zu unterbrechen, sobald ein Strom, z. B. bei einem defekten Haushaltsgerät aus Metall, über den Schutzleiter (PE) abfließt. Würde es keinen PE-Leiter oder FI geben, dann ist es sehr wahrscheinlich, dass der Strom über den Menschen fließt und dieser einen Stromschlag erleidet und gesundheitliche Probleme bekommt. Deshalb ist es auch von hoher Relevanz, dass Elektroinstallationsschaltungen von einem ausgebildeten Elektriker installiert werden, um zu gewährleisten, dass alle Kabel ordnungsgemäß angeschlossen wurden. Zusätzlich prüft dieser mit geeichten Messgeräten, ob die FIs und/oder RCDs an denen die Steckdosen angeschlossen sind bei den vorgeschriebenen Werten auslösen.

Beim Bau von Elektrogeräten oder Verlängerungsleitungen ist es ebenfalls wichtig diese vor Verkauf und Inbetriebnahme zu prüfen, da nie zu einhundert Prozent sicher ist, ob alle Bauteile nach der Produktion intakt sind. Hier muss zuerst eine Sichtkontrolle auf Beschädigung nach Protokoll durchgeführt werden, da Haushaltsgeräte keine FIs oder RCDs verbaut haben. Anschließend werden die Geräte an ihren Steckern mit Messgeräten gemessen, um festzustellen ob sie alle Grenzwerte einhalten. Hierbei wird vor allem auf den Isolationswiderstand, die Fehlerschleifenimpedanz und die Auslösezeit geachtet.

Ein weiterer Anwendungspunkt von RCD Messungen betrifft die Monteure des Stromnetzes, da diese an Standorten wo jährliche Volksfeste oder Märkte stattfinden Kabelverteilerschränke (KVS) haben, in denen Sie Steckdosen für Starkstromanschlüsse des Typs CEE haben. Diese Steckdosen sind durch RCDs abgesichert und müssen vor Benutzung auf Funktion und Grenzwerteinhaltung geprüft werden. Andernfalls darf dieser nicht verwendet werden, da er ein Sicherheitsrisiko darstellt. Hierzu wird jede CEE-Steckdose mit einem Messadapter verbunden und anschließend mit einem Installationstester gemessen. Wichtig sind bei solchen Steckdosen die Messung des Bemessungsdifferenzstroms  $I_{\Delta n}$ , welcher Aussage darüber trifft, wie hoch der tatsächliche Auslösestrom im Vergleich zum angegebenen Auslösestrom ist. Dies ist von Wichtigkeit, um Personen zu schützen, die mit eventuell defekten Geräten arbeiten und in Gefahr laufen einen Stromschlag zu bekommen. Anschließend wird noch die Auslösezeit gemessen, um zu prüfen, ob der RCD schnell genug bei einem möglichen Fehlerstrom auslöst. Dieser Wert liegt normalerweise im zweistelligen Millisekunden Bereich und kann je nach RCD und alter unterschiedlich sein. Hierbei ist nur wichtig, dass der Grenzwert von 200 ms nicht überschritten wird, da sonst akute Gefahr herrscht bei Nutzung defekter Geräte.



**KVS** Ein KVS ist ein Schrank, der wie eine Weiche im Stromnetz funktioniert. In diesem kommen mehrere Kabel des Stromkreises an und können beliebig miteinander verschalten werden. Zudem können freie Leisten genutzt werden, um z. B. an Volksfesten Fahrgeschäft anzuschließen und mit passenden Sicherungen an das Stromnetz anzubinden.

## 1.3 Reflexion und Bewertung

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 Hausanschlussschaltung 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.

## **2 Stromnetzkontrolle und Pflege**

### **2.1 Aufgabenstellung**

Die Stromnetzkontrolle und Pflege gehört in den Aufgabenbereich des Stromnetz Monteurs. Diese Tätigkeit ist von hoher Relevanz und muss regelmäßig durchgeführt werden. Betreffen tut sie die Bereiche des Nieder- und Mittelspannungsnetzes und sorgt für einen reibungslosen und störungsfreien Betrieb. Die Aufgaben im Niederspannungsnetz betreffen überwiegend die Kabelverteilerschränke und beziehen sich auf die Sichtkontrolle von intakten Sicherungen, angesammeltem Dreck 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<sub>6</sub>) Anlagen verbaut, um die Mittelspannungsanlagen zu isolieren. Diese müssen auf ausreichend Gasdruck geprüft werden, um die Isolation zu gewährleisten.

### **2.2 Praktischer Lösungsweg**

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 anschlie-

ßend 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 eingeschert 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 frühestmöglich 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 [1]

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. (Bild intakte / ausgelöste NH sicherung) 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 Dreiphasenwech-

selbststrom und die übriggebliebene Schiene ist für den Schutzleiter (PEN). Diese Schienen nennt man auch Sammelschienen, weil dort die Leisten montiert sind. (Bild KVS) 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. 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 unterschiedlich sind. Somit kommt es zu einer Spannung im PEN-Leiter, welche zum KVS zurück geht und anschließend in die Erde abgeleitet wird. Diese Spannung wird als Verlagerungsspannung bezeichnet und kann durch folgende Formel errechnet werden.

$$U_{N0} = \frac{\frac{U_{10}}{Z_1} + \frac{U_{20}}{Z_2} + \frac{U_{30}}{Z_3}}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_N}} \quad (2.1)$$

Um nun einen möglichen Kurzschluss, heißt die Verbindung zwischen zwei stromführenden Leitern zu verhindern, müssen die KVS regelmäßig kontrolliert und gesäubert werden, so dass diese gar nicht erst entstehen kann. Eine Maus könnte beispielsweise zu einem solchen Kurzschluss führen und hätte zur Folge, dass betroffene Sicherungen auslösen und es zu einem Stromausfall kommt.

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 auch schwereren 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 Mastnummer, die Aufhängungs-, Trassen- und Befestigungsart zu notieren, sowie die Feststellung, ob diese eine Kurzschlusserrdung, einen Stützpfeiler oder Anker hat. Der Anker und der Stützpfeiler wirken als zusätzliche Befestigung für den Masten und sind optional, je nachdem wo der Mast steht und wie viele Kräfte dieser aufnehmen muss, z. B. bei Stürmen. Die Trasse definiert sich durch eine Freileitung, welche durch die Landschaft verläuft und kann unterschiedlich aussehen, deshalb ist es wichtig dies zu notieren, um Mitarbeiter eine Informationsquelle darzustellen. Anschließend

wird der Mast auf Morschheit 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 eintretende Feuchtigkeit oder Tierbefall, aber auch die Zeit im Freien sorgt für Beschädigungen. In manchen Fällen kann auch ein Specht Loch zu einer Instabilität und zu einem daraus resultierenden Masttausch führen. 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 gefahrlos an der Freileitung gearbeitet werden kann. Anschließend ist es möglich den alten Mast auszutauschen und den Abschnitt wieder in Betrieb zu nehmen.

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 aufgewickelter 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. Da 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. Die Trassenart wird durch die Anordnung der Freileitungsseile definiert und die Isolatorart beschreibt das Material, welches verwendet wird, um die blanken Kabel von den Masten zu isolieren, meist Kunststoff oder Keramik. Die Befestigungsart sagt aus, auf welche Weise die Befestigung für die Seile angebracht wurde. 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. Um dies zu vermeiden, werden bekannte Stellen frühzeitig von Ästen befreit und neu gemeldete Orte besichtigt und ggf. auch freigeschnitten. Dieses Freischneiden mit Hilfe von Forstwerkzeugen, wie Kettensägen oder Handsägen, wird ausasten genannt und gehört auch zu den Tätigkeiten des Stromnetzmonteurs.

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.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (2.2)$$

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:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{20000\text{V}}{400\text{V}} = 50 \quad (2.3)$$

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 kaputt geht. Dadurch bricht die Stromversorgung zusammen, welche an diesem Trafo hängt und es würde zu größeren Stromausfällen kommen. 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. So ist garantiert, dass die Trafos einwandfrei funktionieren.

Zudem gibt es auch im Mittelspannungsnetz Abzweige zwischen verschiedenen Kabeln. Diese sind deutlich aufwendiger, da es in diesem Netz keine Sicherungen zum umschalten verschiedener Kabel gibt, wie in einem KVS. Hier gibt es nur die sogenannten Lasttrennschalter, welche wie Lichtschalter funktionieren und eine Metallstange zwischen die beiden Kontakte schaltet, 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 ( $\text{SF}_6$ ) 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 überschlägt und einen Kurzschluss erzeugt. Ein Überschlag ist eine Verbindung zwischen zwei Leitern über die Luft mit Entstehung eines Lichtbogens und ohne direkten Kontakt der Leiter. Fällt bei Kontrolle dieser  $\text{SF}_6$  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.  $\text{SF}_6$  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  $\text{SF}_6$  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 Reflexion und Bewertung

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 und es wäre fatal, wenn dieses durch Banalitäten ausfällt. Um dies zu vermeiden werden regelmäßige Kontrollen und Maßnahmen ergriffen, um z. B. Feuchtigkeit, Tiere und Dreck fernzuhalten. Zudem ist es wichtig, dass Netz 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 mitbekommen. 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  $\text{SF}_6$  Anlagen enorm wichtig, da es sich um umweltschädliche Substanzen handelt und diese Auflagenkonform betrieben werden müssen, um die daraus folgenden Umweltbelastungen zu minimieren.

# **3 Kabelmuffen im Nieder- und Mittelspannungsnetz**

## **3.1 Aufgabenstellung**

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 einem dünnen auf ein dickeres Kabel, 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.

## **3.2 Praktische Lösung**

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 warschrumpfen 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. Der auf dem Bild zu sehende Schraubverbinder, wird ausschließlich im Bereich der Niederspannung eingesetzt, da er nur einsetzbar bis zu einem maximalen Aderquerschnitt von  $150 \text{ mm}^2$  ist. Dies ist völlig ausreichend, da ein Aderquerschnitt von  $150 \text{ mm}^2$  der größte im Niederspannungsnetz der TWS Netz GmbH darstellt und eine solche Muffe nur bis 1 kV betrieben werden darf. Diese Schraubverbinder werden 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 Aluminiumkabeln ist geläufiger, als die von Kupferkabeln, da es wesentlich günstiger und auch deutlich leichter im Gewicht ist. Die Dichte von Aluminium liegt bei  $2,71 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$  und Kupfer hat fast das 3,5 fache der Dichte, mit einem Wert von  $8,92 - 8,96 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$ . Rechnet man dies um auf ein 100 Meter langes Stück des Kabeltyps NAYY, dann ergibt sich eine Differenz des Gewichtes von ca. 350 Gramm. Dazu kommt noch das Gewicht der Isolation, welches allerdings ähnlich bei beiden Typen ist. Preislich ist das Kupferkabel um das 5 fache teurer und ist somit nicht wirtschaftlich genug im Bezug auf den einzigen Nachteil, dass der Leitungswiderstand geringfügig kleiner ist beim Aluminiumkabel. 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. Anschließend kann mit Hilfe der folgenden Formel ein Leitungswiderstand für unterschiedliche Materialien, Querschnitte und Längen berechnet werden.

$$R_a = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\kappa \cdot A} \quad (3.1)$$

Rechnet man nun den Unterschied zwischen einem Aluminium- und Kupferkabel aus, kommt man zu einem so geringfügigen Ergebnis, dass es nicht rentabel ist, Kupferkabel weiter zu verwenden und im Netz auszubauen.

Dieser Muffentyp wird auch im Bereich der Mittelspannung verwendet, da es die beste Variante

**Tabelle 3.1:** Materialkonstanten [1]

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

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  $3 \times 1 \times 300 \text{ mm}^2$  und sagt aus, dass es drei einzeln isolierte Leiter des Nennquerschnitts  $300 \text{ mm}^2$  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 dicker 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 alle Phasen, also L1, L2 und L3 besitzen, muss dieser Prozess dreimal wiederholt werden um eine Verbindung herzustellen. Verbindungsmuffen gibt es auch in der Gießharzmethode, in der als Isolator ein Harz verwendet wird, welches man in eine Form gießt und anschließend aushärtet. 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.

Da es im Bereich der Mittelspannung noch einen sehr hohen Anteil an alten Kabeln gibt, ist die Verwendung von Übergangsmuffen gang und gebe. Diese werden vor allem im Bereich der Kabelauftrennung und dem Kabelübergang von dünnen auf dicke Kabel verwendet. Die Kabelauftrennung findet ihre Anwendung bei alten Kabeln des Typs N(A)KBA, welche alle drei Adern in einem Kabel haben und für den Übergang auf ein neues Kabel, welches im dreier Bündel vorhanden ist, erst aufgetrennt werden muss. Da ein Kabel des Typs N(A)KBA noch 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 Kabel Typ meist einen im Verhältnis sehr kleinen Nennquerschnitt hat, muss zudem eine Übergangsmuffe zum erhöhen des Kabelquerschnitts installiert werden. Diese Art der Muffe wird gleich installiert wie eine Verbindungsmuffe und hat auch die gleiche Funktion. 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 Ka-

belstärken und Kabeltypen und sind je nach Problemstellung auch mehrfach, z. B. um einen Zwischenübergang von  $95 \text{ mm}^2$  auf  $185 \text{ mm}^2$  zu schaffen, um dann auf  $300 \text{ mm}^2$  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 im Netz zu schaffen, ohne dabei ein extra Kabel vom KVS aus zu verlegen, da dieser auch nur eine begrenzte Anzahl von Leisten hat. Somit ist es unrentabel für jeden Hausanschluss ein extra Kabel zu verlegen. Stattdessen wird ein Abzweig von einem Kabel, welches aus einem KVS kommt, erstellt, sodass dieser Abzweig dann in ein Haus verlegt werden kann. Die Verbindung eines Hauses mit einem Kabel wird Hausanschluss genannt und wird üblicherweise mit einer Abzweigmuffe erstellt. 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 Abzweigbündel 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 Plastikschlauch, 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.

Kabelmuffen finden ein großes Einsatzgebiet im Stromnetz und können zu fast jedem Problem angewandt werden. Dies macht Sie zu einem nützlichen Hilfsmittel im Alltag eines Stromnetz Monteurs. Allerdings bringen diese Muffen auch Nachteile mit sich, denn Sie stellen immer eine Schwachstelle im Netz dar. Deshalb muss die Anzahl der Muffen so gering wie möglich gehalten werden, um die Schwachstellen zu minimieren und somit eine Versorgungssicherheit herzustellen. 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 oder eine Sicherung auslöst. Daher ist jede Muffe im Stromnetz ein Schwachpunkt für Störungen und sollte nur wenn notwendig angewandt werden.

## 3.3 Reflexion und Bewertung

Der Tätigkeitsbereich rund um die Kabelmuffen bietet ein weites Feld der Anwendung. Daher können diese auch zu jedem Problem im Stromnetz angewandt werden und bringen je nach Einsatzgebiet eine schnelle und einfache Lösung. Ob man Sie nun zur Erweiterung, zur Reparatur oder zum Abzweig von Kabeln nutzt, spielt keine Rolle. Man sollte es nur nicht übertreiben, da Sie auch Nachteile mit sich bringen. Vor allem bei falscher Montage können diese schnell zu Störquellen im Netz werden 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 es darum geht dünne Kabel durch dickere zu erweitern, da nur Sie für einen reibungslosen Übergang sorgen. Je nach Problemstellung gibt es verschiedene Techniken zur Installation, zwi-

### *3 Kabelmuffen im Nieder- und Mittelspannungsnetz*

schen denen man auswählen kann. Dazu zählen die Warmshrumpf- oder Gießharztechnik.

# 4 Schaltfelder im Stromnetz

## 4.1 Aufgabenstellung

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 Trafo, der für die Stromversorgung sorgt. Eine der Hauptaufgaben ist es, diese Schaltfelder zu kontrollieren, um zu gewährleisten, dass jedes intakt ist und mit dem richtigen Trafo 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.

## 4.2 Praktische Lösung

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 Anschlussseiten 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 Überprüfung 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.

## 4.3 Reflexion und Bewertung

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.

## 5 Zusammenfassung

... Text Zusammenfassung und Ausblick: In der Zusammenfassung unbedingt klare Aussagen zum Ergebnis der Arbeit nennen, im Optimalfall quantitative Angaben. Die Inhalte müssen sich auf die Fragestellung aus der Einleitung beziehen. ...

# Literatur

- [1] Paul Allen Tipler u. a., Hrsg. *Physik: Für Studierende der Naturwissenschaften und Technik*. 8., korrigierte und erweiterte Auflage. Lehrbuch. Berlin: Springer Spektrum, 2019. ISBN: 9783662582800.