

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: | 15. September 2023 |
| Bearbeitungszeitraum: | 01.07.2023 - 31.09.2023 |
| Matrikelnummer: | 5642939 |
| Kurs: | TFE22-1/TEU22 |
| Ausbildungsfirma: | TWS Netz GmbH |
| Betreuer der Ausbildungsfirma: | Patricia Schmitz |

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 15. 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

| | |
|---|------------|
| Sachwortverzeichnis | V |
| Verzeichnis verwendeter Formelzeichen und Abkürzungen | V |
| Abbildungsverzeichnis | VI |
| Tabellenverzeichnis | VII |
| 1 Verfahren zur Metallbearbeitung und Grundlagen der Elektrotechnik | 1 |
| 1.1 Aufgabenstellung | 1 |
| 1.2 Praktischer Lösungsansatz | 1 |
| 1.3 Reflexion und Bewertung | 8 |
| 2 Stromnetzkontrolle und Pflege | 9 |
| 2.1 Aufgabenstellung | 9 |
| 2.2 Praktischer Lösungsweg | 9 |
| 2.3 Reflexion und Bewertung | 14 |
| 3 Kabelmuffen im Nieder- und Mittelspannungsnetz | 15 |
| 3.1 Aufgabenstellung | 15 |
| 3.2 Praktische Lösung | 15 |
| 3.3 Reflexion und Bewertung | 17 |
| 4 Kabelverbindungen und Kabelabzweige im Nieder- und Mittelspannungsnetz | 18 |
| 4.1 Aufgabenstellung | 18 |
| 4.2 Praktische Lösung | 18 |
| 4.3 Reflexion und Bewertung | 18 |
| 5 Schaltfeldmanagement im Nieder- und Mittelspannungsnetz | 19 |
| 5.1 Aufgabenstellung | 19 |
| 5.2 Praktische Lösung | 19 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 5.3 Reflexion und Bewertung | 19 |
| 6 Zusammenfassung | 20 |
| Literatur | 21 |

Verzeichnis verwendeter Formelzeichen und Abkürzungen

| | |
|------------|------------------------------------|
| a | Beschleunigung |
| F | Kraft |
| m | Masse |
| P | Leistung |
| R | Widerstand |
| U | Spannung |
| Abb. | Abbildung |
| AuS | Arbeiten unter Spannung |
| bzw. | beziehungsweise |
| CNC | Computer Numerical Control |
| DHBW | Duale Hochschule Baden-Württemberg |
| etc. | et cetera |
| evtl. | eventuell |
| FI | Fehlerstromschutzschalter |
| ggf. | gegebenenfalls |
| MAG | Metall-Aktivgas |
| MIG | Metall-Inertgas |
| PSA | persönliche Schutzausrüstung |
| RCD | Fehlerstrom-Schutzeinrichtung |
| WIG | Wolfram-Inertgas |
| z. B. | zum Beispiel |

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 Ω Widerstände herausfinden, dass dadurch ein 50 Ω 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.

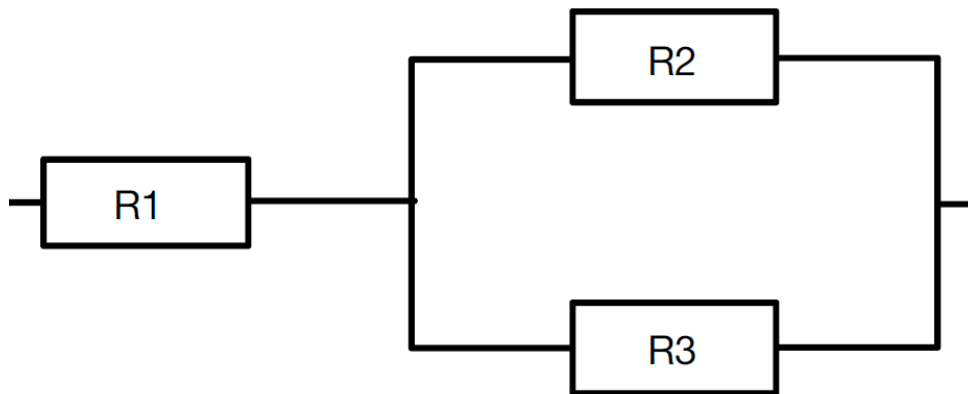


Abbildung 1.1: Gemischte Schaltung

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 der Fehlerschleifenimpedanz $I_{\Delta N}$, welche 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 (SF₆) 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 aufgewickelm 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. 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 (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 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 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 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 mm^2 ist. Dies ist völlig ausreichend, da ein Aderquerschnitt von 150 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.

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 |

3.3 Reflexion und Bewertung

Hier Text ...

4 Kabelverbindungen und Kabelabzweige im Nieder- und Mittelspannungsnetz

4.1 Aufgabenstellung

Hier Text ...

4.2 Praktische Lösung

Hier Text ...

4.3 Reflexion und Bewertung

Hier Text ...

5 Schaltfeldmanagement im Nieder- und Mittelspannungsnetz

5.1 Aufgabenstellung

Hier Text ...

5.2 Praktische Lösung

Hier Text ...

5.3 Reflexion und Bewertung

Hier Text ...

6 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.