

Universität Bielefeld
Technische Fakultät
AG Rechnernetze und Verteilte Systeme

Masterarbeit
im Studiengang Intelligente Systeme

Abschätzung der vorhandenen
Haus-Elektroinstallation am Beispiel einer
Kleinstadt als Voruntersuchung der quantitativen
Risiken beim Anschluss von Elektrofahrzeugen
zum Zwecke der Aufladung auf Basis einer
Abschätzung der vorhandene
Haus-Elektroinstallationen (INS 1254)

Christoph Goeker

27. Januar 2014

Betreuer
Prof. Peter B. Ladkin, Phd

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Ziel der Arbeit	2
1.3	Vorgehensweise	3
2	Grundlagen und Gegebenheiten	5
2.1	Örtliche Einordnung	5
2.2	Stromnetz	6
2.3	Technische Grundlagen	11
2.3.1	Sicherungstypen	11
2.3.2	Stromzählertypen	20
3	Analyse	29
3.1	Aufbau der Analyse	29
3.1.1	Fragebogen 1. Version	30
3.1.2	Fragebogen 2. Version	32
3.2	Durchführung der Analyse	35
3.3	Ergebnisse	36
3.3.1	Stadtteile	36
3.3.2	Alter der Gebäude/Wohnungen	37
3.3.3	Modernisierungen	37
3.3.4	Sicherungstypen	42
3.3.5	Stromzählertypen	44
3.4	Diskussion	44

4	Schlussbetrachtung	49
4.1	Zusammenfassung	49
4.2	Fazit	49
4.3	Ausblick	50
A	Literaturverzeichnis	53
B	Abbildungsverzeichnis	60
C	Tabellenverzeichnis	61
D	Daten	63

1

Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Bundesregierung sieht vor, dass bis zum Jahr 2020 mehr als eine Millionen Elektrostraßenfahrzeuge auf deutschen Straßen unterwegs sind [4]. Es ist daher zu erwarten dass ein Großteil dieser Fahrzeuge regelmäßig, z.B. über Nacht, am Hausstromnetz geladen werden. Dies bedeutet eine wesentlich höhere Belastung der Installationen als bisher und auch eine wesentlich höhere Belastung, als bei der ursprünglichen Einrichtung vorgesehen. Der ZVEI schätzt, dass 70 % der vorhandenen Hausinstallationen ihre vorgesehene Lebensdauer überschritten haben und dass bei deren Installation derartige Lasten nicht vorgesehen waren [36].

In den 60er Jahren gab es noch nicht so viele Elektrogeräte in den einzelnen Haushalten. Dadurch reichten drei Stromkreise aus. Einer für den Elektroherd, einer für die Beleuchtung und einer für die Steckdosen. An Mikrowellen und Wäschetrockner war zum Beispiel noch nicht zu denken. Das hat sich jedoch stark geändert. Hatte man früher nur 6-8 Elektrogeräte im Einsatz, so sind es heute über 70. Zwar verbrauchen die einzelnen Geräte immer weniger, aber ihre Anzahl wächst dagegen stetig. Das führt dazu, dass die alten Leitungen immer mehr verkraften müssen.

Besondere Risiken entstehen dabei auch durch den Ladestrom über längere Zeit und täglichem Betrieb. Mögliche schwere Auswirkungen hier sind Brandgefahr (durch lan-

ganhaltende Überlastung möglicher alter und nicht für diese Last geplanten Leitungen) und elektrischer Schlag [36]. Das Problem der Überlast tritt aber nicht nur beim Laden von Elektrofahrzeugen auf, sondern ist ein allgemeines Problem der veralteten Elektroinstallationen und den modernen und veränderten Gebrauchsgewohnheiten. Dabei werden oft nur weitere Steckdosen hinzugefügt, ohne die Leitungen in der Wand mit zu modernisieren [7].

Obwohl es Daten über das Alter der Gebäude in Deutschland gibt, liegt eine hinreichende quantitative Erfassung des Zustandes der Haus-Elektroinstallationen nicht flächendeckend vor. Laut Statistischem Bundesamt sind in Deutschland über 10,23 Millionen Wohnungen älter als 65 Jahre und rund 32 Millionen älter als 27 Jahre [34]. „Dabei unterliegen Elektroinstallationen, wie alle technischen Systeme, einem gewissen Verschleiß. Nach etwa 30 bis 40 Jahren hat eine Elektroinstallation das Ende ihrer Lebensdauer erreicht“ [11]. Es ist daher davon auszugehen, dass in vielen Wohnungen noch veraltete Leitungen installiert sind und Sicherungssysteme wie Leitungsschutzschalter und/oder Fehlerstromschutzschalter fehlen.

1.2 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist die Zustandserhebung der Hauselektroinstallationen in privaten Gebäuden der nordrheinwestfälischen Kleinstadt Lübbecke inklusiv seiner Stadtteile. Nebenziel ist es Methoden und Verfahren zu erarbeiten, die bei der Durchführung einer späteren Erhebung in anderen Regionen bzw. flächendeckend in Deutschland hilfreich sind und die Durchführung praktikabel machen.

Das Ergebnis soll ein Bild des Zustandes der Hauselektroinstallationen und deren Eignung für die höhere Last bei der Ladung von Elektrofahrzeugen sein. Dabei soll diese Arbeit eine erste Grundlage schaffen um in einem späteren Schritt die quantitative Risiken zu untersuchen die beim Anschluss von Elektrofahrzeugen zum Zwecke der Aufladung entstehen. Dadurch kann die Notwendigkeit und der Umfang eventuell notwendiger Modernisierungen dieser Installationen besser abgeschätzt werden.

1.3 Vorgehensweise

In Kapitel 2 werden die Grundlagen und Gegebenheiten dargelegt. Dazu gehören die örtliche Einordnung, das Stromnetz sowie die Technischen Grundlagen zu Sicherungs- und Zählertypen.

Das anschließende Kapitel 3 beschäftigt sich mit der Analyse des Problems, d.h. dem Erfassen, Auswerten und Einordnen der gewonnenen Erkenntnisse.

Im abschließenden Kapitel 4 erfolgt eine Zusammenfassung der Arbeit. Des Weiteren wird ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf das was noch kommen kann gegeben.

Der Anhang enthält das Literatur-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis sowie die Rohdaten die der Analyse zugrunde liegen.

2

Grundlagen und Gegebenheiten

2.1 Örtliche Einordnung

Die zu untersuchende Stadt Lübbecke gehört mit ihren 25.647 Einwohner zum Typ Kleine Mittelstadt [14]. Sie liegt im Nordosten Nordrhein-Westfalens am Nordhang des Wiehengebirges und ist Teil des ostwestfälischen Kreis Minden-Lübbecke (Regierungsbezirk Detmold) (siehe Abbildung 2.1). Lübbecke wurde erstmals 775 als „hlidbeki“ schriftlich erwähnt und erhielt 1279 die Stadtrechte [18]. Sie erstreckt sich auf einer Fläche von 6.504 ha von der 1.505 ha Siedlungs- und Verkehrsfläche sind. Das entspricht 23,1 % und liegt damit über dem Kreis- und Landesdurchschnitt (19,7 % und 22,7 %)[14]. Zur Kernstadt Lübbecke gehören noch ihre 7 Ortschaften Alswede, Blasheim, Eilhausen, Gehlenbeck, Nettelstedt, Obermehnen und Stockhausen.

In Lübbecke kreuzen sich die gut ausgebauten Bundesstraßen 65 und 239. Die Anbindung an das Autobahnnetz erfolgt über die gut 15 km südlich gelegene A30 (Bad Oeynhausen-Osnabrück). Über den Bahnhof Lübbecke (Westf.) ist die Stadt an das Eisenbahnnetz angebunden. Aktuell wird die Strecke Rahden-Bielefeld bedient. Eine Reaktivierung der Strecke von Rahden weiter nach Bassum und Bremen ist im Gespräch (vgl. dazu [2]). Der Mittellandkanal als längste künstliche Wasserstraße Deutschlands bildet die nördliche Stadtgrenze. Mit zwei Häfen (Industrie- sowie Yachthafen) erfolgt hier eine Anbindung an Rhein, Weser und Elbe. Damit ist Lübbecke sehr gut auf dem



Abbildung 2.1: Positionskarte von Lübbecke in Deutschland inklusiv Gewässern¹

Straßen-, Schifffahrts- und Schienenweg erreichbar.

2.2 Stromnetz

Die Energie- und Wasserversorgung der Stadt werden von der Stadtwerke Lübbecke GmbH sichergestellt. Das örtliche Stromnetz wird dabei von ihrer Tochtergesellschaft der Netzgesellschaft Lübbecke mbH (NGL) unterhalten. Es wurde 2005 von der RWE Westfalen-Weser-Ems AG übernommen [30] und seitdem gemeinsam betrieben. Abbildung 2.2 zeigt das Versorgungsgebiet der NGL. Laut Frank Hegerding von der Netzgesellschaft Lübbecke wurde seit der Übernahme des Stromnetzes stark in den Netzausbau investiert [21]. Jährlich sind circa 650.000 Euro in die Sicherheit der Stromversorgung investiert worden (siehe Abbildung 2.3). Unter anderem wurden viele Freileitungen durch Kabelleitungen ersetzt [30]. Dadurch gibt es nur noch 6,4 km Mittelspannung und 0,4 km Niederspannung als Freileitung (vgl. Tabelle 2.1). Zusätzlich sind laut Siegfried

¹Bildquelle: [33]

Lang „auch mehr als ein Drittel aller Trafostationen in unserem Versorgungsgebiet erneuert worden. Veraltete, störanfällige Technik ist modernsten Anlagen gewichen“ [30].

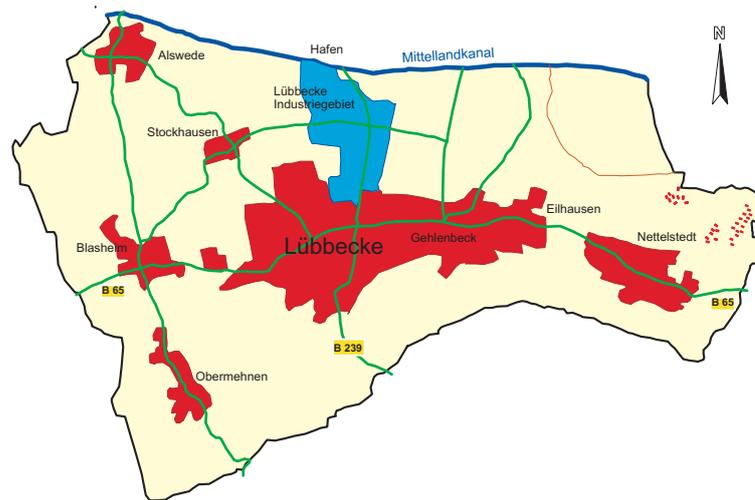


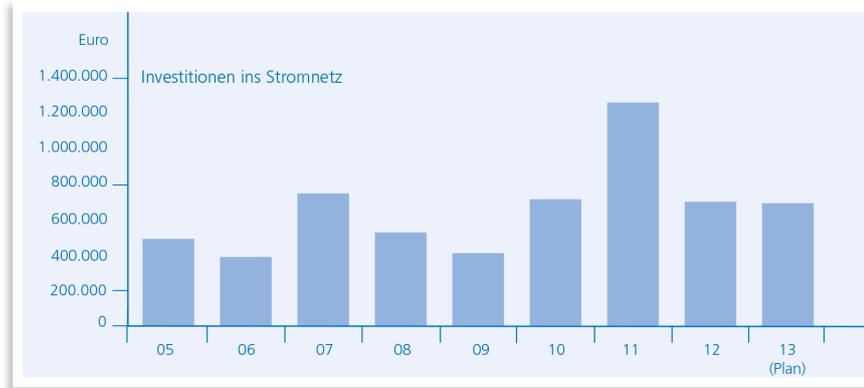
Abbildung 2.2: Das Versorgungsgebiet der Netzgesellschaft Lübbecke mbH²

In einem persönlichen Gespräch erläuterte Frank Hegerding von der NGL, dass die Hausanschlüsse in der Regel mit einem Leitungsdurchmesser von 35 oder 50 mm² ausgeführt und für einen Bezug von 30 kW ausgelegt seien. Wobei hier einzuschränken sei, dass rein rechtlich nicht festgehalten ist, dass Hausanschlüsse für 30 kW ausgelegt werden. In der Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) ist jedoch in § 11 angegeben, dass erst ab einer Leistungsanforderung $\gg 30$ kW ein Baukostenzuschuss (BKZ) erhoben werden darf [19]. Ebenso ist im EEG unter § 5 aufgeführt, dass EEG-Anlagen bis zu einer installierten Leistung von 30 kW über den bereits bestehenden Anschluss (also den Hausanschluss) angeschlossen werden müssen. Ist dies nicht möglich muss der Netzbetreiber auf seine Kosten den Anschluss dahingehend verstärken [6]. Als letztes kommt hinzu, dass für Haushaltkunden im Hausanschlusskasten in der Regel mit 63 A abgesichert wird. Aufgrund der Selektivität⁴ wird dann als nächste Sicherungs-

²Bildquelle: [20]

⁴„Unter Selektivität von Sicherungen versteht man, wenn mehrere Schutzorgane in Serie geschaltet sind, damit im Fehlerfall nicht die ganze Anlage abgeschaltet wird“ [37].

INVESTITIONEN INS STROMNETZ 2005 – 2012

Abbildung 2.3: Investitionen ins Stromnetz 2005-2012³

größe zum Beispiel 35 A gewählt. Dem Kunden stehen damit also ungefähr 25 kW zur Verfügung. Demgegenüber werden ab einem dauerhaften erhöhten Bedarf $\gg 30$ kW die Sicherungen auslösen. Die NGL „kontrollieren“ also quasi über die Sicherungen, ob der Kunde die Leistungsgrenze von 30 kW einhält, da er ja sonst einen BKZ bezahlen müsste. Zusammenfassend kann man sagen:

Der Anschluss wird auf 30 kW ausgelegt und abgesichert, da

- diese Leistung für den „normalen“ Haushaltskunden völlig ausreichend ist
- ab einer Leistung von 30 kW ein BKZ fällig wird (Kontrolle über Absicherung)
- der Hausanschluss im Falle eines Zubaus einer EEG-Anlage nicht von der NGL kostenpflichtig erweitert werden muss

Weiter führte Herr Hegerding aus, dass diese Leistungsdimensionierung früher schon für die großen Nachtspeichereinrichtungen ausreichend gewesen sei und er netzbetreiberseitig auch keine Probleme für die Zukunft bei einem großflächigen Anschluss von Elektrofahrzeugen sehe [21].

Dass sich die Stadtwerke dem Thema E-Mobilität nicht verschliessen zeigt sich auch dadurch, dass sie seit dem 31. Oktober 2012 eine öffentliche Ladesäule auf dem Parkplatz unterhalb der Stadtverwaltung betreiben. An dieser Säule können verschiedenen Elektrofahrzeuge angeschlossen und vorerst kostenlos geladen werden. Dazu gehören E-Mobile als auch E-Roller und E-Bikes. Geschäftsführer Rolf Hagelstange: „Wir wissen,

⁴Bildquelle: [30], Seite 25

dass wir nicht zu den Ersten gehören, die in der Region eine öffentliche Lademöglichkeit für E-Fahrzeuge anbieten. Im Interesse der Nutzer und unserer Kunden wollten wir jedoch sicher sein, dass die angebotene Technik tatsächlich zuverlässig funktioniert“ [31]. Des Weiteren erproben die Stadtwerke mehrere unterschiedliche elektrisch betriebene Verkehrsmittel. Seit Mitte 2011 gehört ein E-Roller zum Fuhrpark. Im Februar 2012 wurde dieser durch einen Renault Kangoo Z.E. ergänzt. Zusätzlich wurde im April 2013 ein smart electric drive angeschafft [32]. Alle Fahrzeuge können auch von Firmen und Privatpersonen gemietet werden, damit sich jeder selbst ein Bild von den neuen Möglichkeiten machen kann.

Tabelle 2.1: Netzstrukturdaten der Netzgesellschaft Lübbecke mbH [23]

Netzstrukturdaten	
Stand der Veröffentlichungen:	31.12.2012
Netzbetreiber:	Netzgesellschaft Lübbecke mbH
Netzbetreibernummer:	7355
VDEW-Codenummer:	9907355000001
Stromkreislängen	
Freileitung	
Mittelspannung:	6,4 km
Niederspannung:	0,4 km
Kabelleitungen	
Mittelspannung:	130,8 km
Niederspannung:	311,2 km
Hausanschlüsse Niederspannung:	114,9 km
Straßenbeleuchtung:	188,7 km
Installierte Leistung der Umspannebenen	
Transformatorenleistung MS/NS (ohne Kundenanlagen):	49.400 kVA
Entnommene Jahresarbeit je Netz- und Umspannebene	
Mittelspannung:	72.080 MWh
Mittelspannung/Niederspannung:	9.143 MWh
Niederspannung:	64.519 MWh
Anzahl Entnahmestellen je Netz- und Umspannebenen	
Mittelspannung:	65
Mittelspannung/Niederspannung:	32
Niederspannung:	14.063
Einwohner im Versorgungsgebiet	
Einwohner Lübbecke gesamt (Stand: 31.12.2010):	26.887
Versorgungsgebiet Fläche	
Fläche Versorgungsgebiet:	65,04 km ²
versorgte Fläche:	24,13 km ²

2.3 Technische Grundlagen

2.3.1 Sicherungstypen

Bei den Sicherungen unterscheidet man zwischen drei Schutzarten:

- betriebsmäßige Überlastung (Schutz bei Überlast)
- Kurzschluss (Schutz bei Kurzschluss)
- Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Schutz bei indirektem Berühren)

Bei den ersten beiden Arten soll ein Auftreten zu hoher Temperaturen am Leiter verhindert werden. Gegen die erste Art hilft die Schmelzsicherung (siehe Abschnitt 2.3.1.1). Diese wurde vom Leitungsschutzschalter abgelöst, der zusätzlich zu dem strom-zeitabhängig verzögerten thermischen Überlastschutz auch noch unverzögerten, nur stromabhängigen Kurzschlusschutz bietet (siehe Abschnitt 2.3.1.2). Die dritte Art wird von den Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, bekannt unter „FI-Schutz“, abgedeckt (siehe Abschnitt 2.3.1.3). Zusätzlich gibt es dann noch einen vierten Sicherungstyp der einen bis dato ungeschützten Bereich abdeckt. Der Brandschutzschalter. Er kann serielle Lichtbögen erkennen und damit der Brandursache Nummer eins bei elektrisch gezündeten Bränden entgegenwirken (siehe Abschnitt 2.3.1.4).

2.3.1.1 Schmelzsicherung

Schmelzsicherungen dienen dem Schutz bei Überlast. Dies geschieht indem ein Schmelzdraht, der Schmelzleiter, bei Überstrom durchbrennt, das heißt abschmilzt und damit den Stromkreis unterbricht. Dieser Abschmelzprozess geschieht umso schneller desto höher der Überstrom ist.

Bei den Schmelzsicherungen gibt es zwei Sicherungssysteme. Das D-System (Diazed-Sicherungen) und das DO-System (Neozed-Sicherungen). Dabei unterscheiden sich die beiden Systeme in punkto Aufbau und Funktionsweise nicht. Das DO-System ist nur wesentlich kleiner und kompakter (siehe Abbildung 2.4).

Beide Systeme bestehen aus Schraubkappe, Schmelzeinsatz, Paßhülse/-schraube, Berührungsschutz und Sicherungssockel. Dabei haben die Paßhülsen/-schrauben unterschiedliche Durchmesser, je nach Nennstrom, und verhindern, dass Schmelzeinsätze für

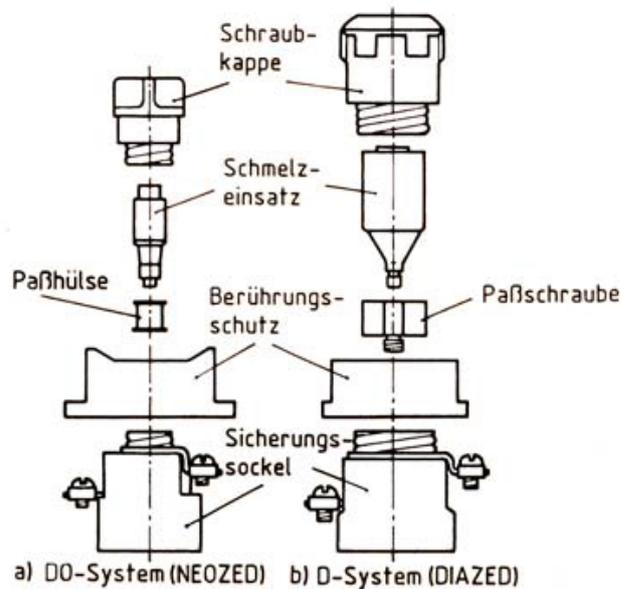


Abbildung 2.4: Aufbau Sicherungseinsätze⁵

zu hohe Ströme eingesetzt werden können.

Abbildung 2.5 zeigt den Aufbau des Schmelzeinsatzes. Dieser besteht aus einem mit Quarzsand gefüllten Porzellankörper mit Fuß- und Kopfkontakt, welche über den Schmelzleiter und den Haltedraht verbunden sind. Zusätzlich ist am Haltedraht über eine Feder noch der Unterbrechungsmelder (Kennmelder) angebracht, d.h. beim Durchschmelzen des Schmelzleiters schmilzt auch der Haltedraht und wirft den farbigen Unterbrechungsmelder ab. Dadurch ist für den Bewohner / Techniker ersichtlich, dass die Sicherung ausgelöst hat und ausgetauscht werden muss.

Durch diese Art des Aufbaus von Schmelzsicherungen ist es relativ einfach ausgelöste Sicherungen zu wechseln aber auch diese zu „flicken“ beziehungsweise zu überbrücken, wodurch die Schutzwirkung selbstverständlich aufgehoben wird und das Risiko und die Gefahr eines Brandes in Folge von Überlast stark steigt.

Damit Sicherungen nicht mehr gewechselt oder schlimmer noch geflickt und überbrückt werden müssen, wurden sie durch die Leitungsschutzschalter abgelöst, die zusätzlich auch noch Schutz bei Kurzschluss bieten. Dabei sind Schmelzsicherungen auch heute

⁵Bildquelle: [17], Seite 129

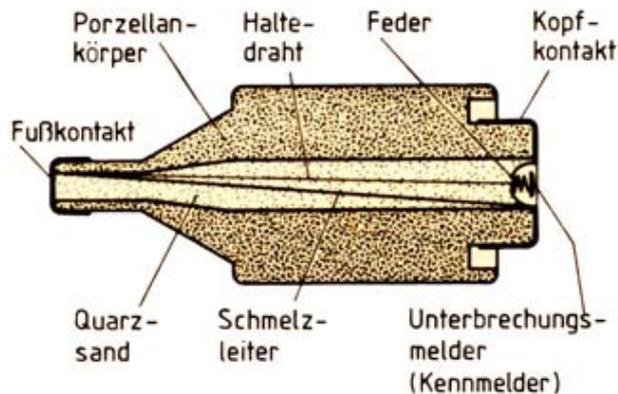


Abbildung 2.5: Aufbau Schmelzeinsatz⁶

noch im Einsatz um zum Beispiel festverbaute Elektrogeräte abzusichern oder aber als Absicherung einer Unterverteilung, die dann ihrerseits wiederum mit entsprechenden Sicherungssystemen ausgestattet ist.

2.3.1.2 Leitungsschutzschalter

Leitungsschutzschalter werden überwiegend in der Wohnungsinstallation als Überstrom-Schutzeinrichtung eingesetzt. Sie haben die früher eingesetzten Schmelzsicherungen weitestgehend abgelöst und dadurch die Sicherheit gesteigert, da Schmelzsicherungen nach dem Auslösen unbrauchbar wurden und ausgetauscht werden mussten und beim Fehlen von Ersatz häufig geflickt wurden, was Auslöser vieler Brände war.

Leitungsschutzschalter hingegen sind wiederverwendbar, quasi „Dauersicherungen“, die nach dem Auslösen und erfolgter Fehlerbeseitigung wieder eingeschaltet werden können. Darum werden sie nach *DIN 18015-1* „*Elektrische Anlagen in Wohngebäuden: Planungsgrundlagen*“ für neu zu errichtende Steckdosen- und Beleuchtungsstromkreise nachdrücklich empfohlen.

Der Leitungsschutzschalter wurde bereits 1924 von Hugo Stotz erfunden und vereint zwei Überstrom-Auslösesysteme. Den thermischen Überlastschutz, bekannt von der Schmelzsicherung, und den stromabhängigen Kurzschlusschutz.

⁶Bildquelle: [17], Seite 128

Abbildung 2.6 zeigt den Aufbau des Leitungsschutzschalter. Die beiden Auslöser, thermischer und magnetischer, liegen dabei in Reihe.

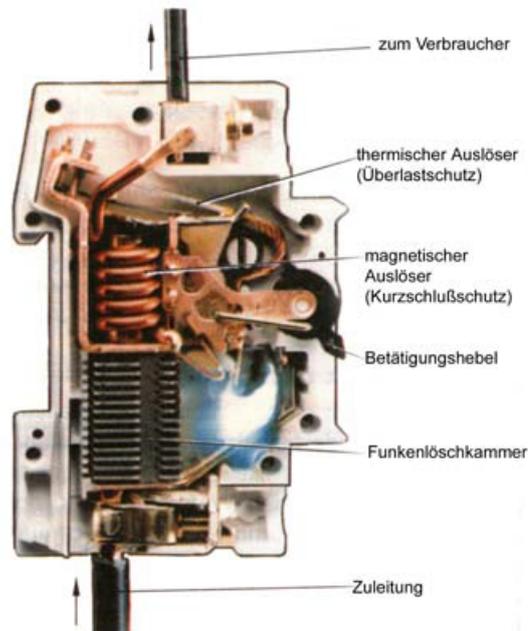


Abbildung 2.6: Aufbau Leitungsschutzschalter⁷

Bei Überlastströmen biegt sich in Folge der Stromwärme der Bimetallstreifen durch. Dieser löst bei entsprechender Krümmung das Schaltschloss aus, welches die Kontaktstücke und damit den Stromkreis trennt.

Der elektromagnetische Auslöser übernimmt den unverzögerten, stromabhängigen Kurzschlussschutz. Er besteht aus einer Spule durch die auch der Laststrom fließt. Wird eine bestimmte Stromstärke, der Ansprechstrom, erreicht, ist die magnetische Kraft der Spule so groß, dass der Schlaganker das Schaltschloss unverzüglich auslöst, wodurch wiederum der Stromkreis unterbrochen wird.

Zusätzlich ist der Leitungsschutzschalter mechanisch so aufgebaut, dass dieser selbst dann seine Schutzwirkung entfaltet und auslöst, wenn der Betätigungshebel per Hand oder zum Beispiel per Klebeband in der Ein-Stellung gehalten wird.

Des Weiteren kann über diesen Betätigungshebel ein Stromkreis per Hand von Netz getrennt oder verbunden werden. Ein Vorteil gegenüber den älteren Schmelzsicherungen

⁷Bildquelle: [17], Seite 133

ist auch noch, dass der Leitungsschutzschalter nicht „geflickt“ werden kann und ein einfacher Austausch gegen höhere Nennstromstärken nicht möglich ist.

Außerdem können Leitungsschutzschalter und Schmelzsicherungen zwar parallele Störlichtbögen erkennen, sofern die Strom-Zeit-Charakteristik des Fehlers oberhalb der Auslösekennlinie des Schutzschalters liegt, da dort bereits sehr hohe Fehlerströme auftreten, bevor ein paralleler Störlichtbogen erkannt werden kann. Anders sieht es aber bei Störlichtbögen aus, die in Reihe zum Verbraucher auftreten. Dort verläuft die Strom-Zeit-Kennlinie im Bereich von einer Sekunde bis 100ms und damit unter der Auslösegrenze von Leitungsschutzschaltern. Abbildung 2.7 zeigt dieses Verhalten. Abhilfe schaffen hier die noch relativ neuen Brandschutzschalter (siehe Abschnitt 2.3.1.4).

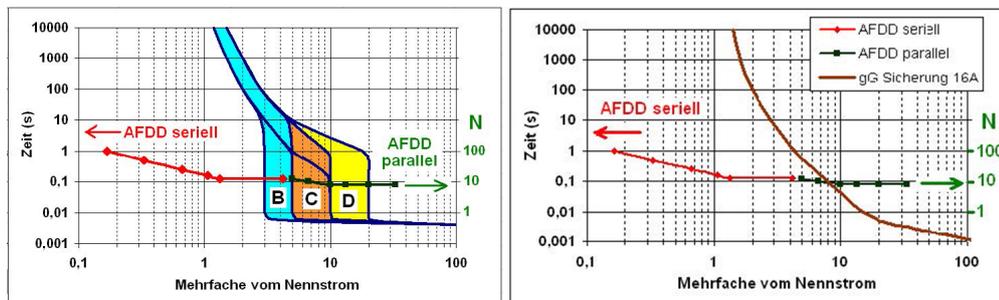


Abbildung 2.7: Vergleich der Schutzleistung von LS-Schaltern (li) und Schmelzsicherungen (re) mit Brandschutzschaltern (AFDD) bei Störlichtbögen⁸

2.3.1.3 Fehlerstromschutzschalter

Fehlerstromschutzschalter, auch allgemein bekannt als FI-Schutz oder FI-Schalter, sind Fehlerschutzeinrichtungen, die nach international harmonisierten Normen mit der Abkürzung RCD (residual current protective device) bezeichnet werden [5]. Sie trennen bei Überschreiten eines sehr kleinen Bemessungsstromes (meist 30mA) den überwachten Stromkreis extrem schnell (20 bis 40ms), welcher dadurch für den Menschen nicht schädlich ist.

Abbildung 2.8 zeigt den technischen Aufbau eines Fehlerstromschutzschalters. In ihm werden über einen Summenstromwandler die Höhe der hin- und zurückfließenden Ströme vorzeichenbehaftet addiert. Bei intakter Elektroinstallationsanlage ist diese

⁸Bildquelle: [38], Seite 40

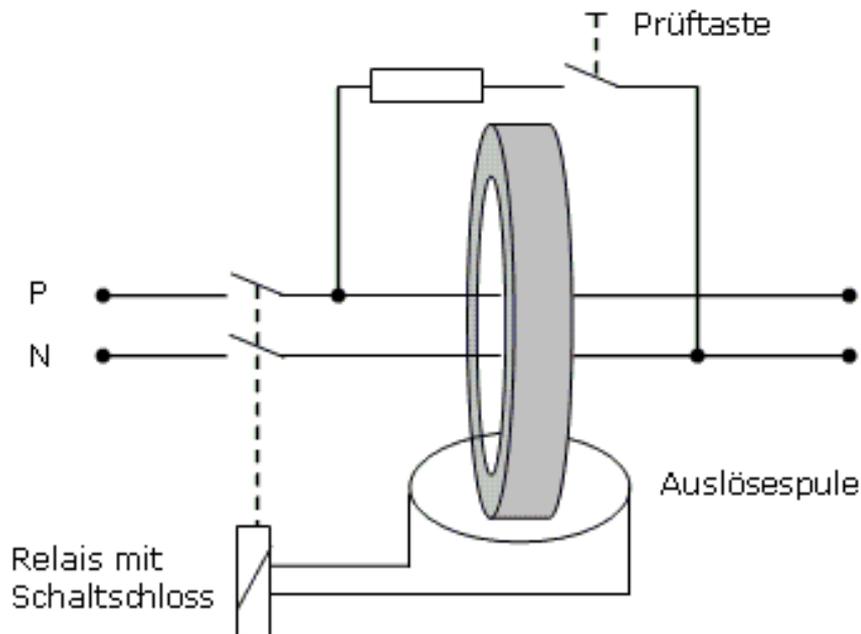


Abbildung 2.8: Technischer Aufbau eines Fehlerstromschutzschalters⁹

Summe Null, das heißt der Strom zum Verbraucher ist genauso groß wie der, der vom Verbraucher zurückfließt. Ist die Summe ungleich Null, induziert der Summenstromwandler eine Spannung in der Sekundärwicklung - der Auslösespule - welche mit einem Permanentmagnet-Auslöser verbunden ist, dem Schaltschloss. Diese schaltet daraufhin die Leitung allpolig ab, das heißt alle Leiter bis auf den Schutzleiter werden vom restlichen Netz getrennt.

Differenzen in der Summe von hin- und zurückfließendem Strom können auftreten, sobald irgendwo im Stromkreis Strom auf unerlaubtem oder unerklärlichem Weg fließt, das heißt das ein Teilstrom gegen Erde abgeleitet wird.

Daraus resultieren auch gleich die Grenzen der Schutzwirkung von Fehlerstromschutzschaltern. Sie bieten nur in den Fällen Schutz, in denen Strom gegen Erde abfließt. Steht zum Beispiel eine Person auf isolierendem Untergrund und berührt beide Netzleitungen, ist kein Schutz gegeben, da kein Fehlerstrom fließt.

Fehlerstromschutzeinrichtungen sind zusätzlich noch mit einer von VDE 0664-10/-20

⁹Bildquelle: [3]

(IEC/EN 61008/9) geforderten Prüftaste ausgestattet. Mit dieser Taste lässt sich mechanisch die ordnungsgemäße Auslösung schnell und einfach überprüfen. Dabei wird über einen Widerstand (siehe Abbildung 2.8) ein Fehlerstrom simuliert der das Relais mit Schaltschloss auslöst und den FI-Schalter abschaltet.

Viele Firmen (unter anderem ABB Stotz-Kontakt GmbH) empfehlen die Prüftaste mindestens jedes halbe Jahr zu betätigen. ABB weist in den Technischen Daten zu ihrem Fehlerstrom-Schutzschalter Baureihe F 200 A darauf hin, dass häufigeres Testen eine höhere Gewährleistung des Schutzes darstellt [1] und belegt dies mit Abbildung 2.9.

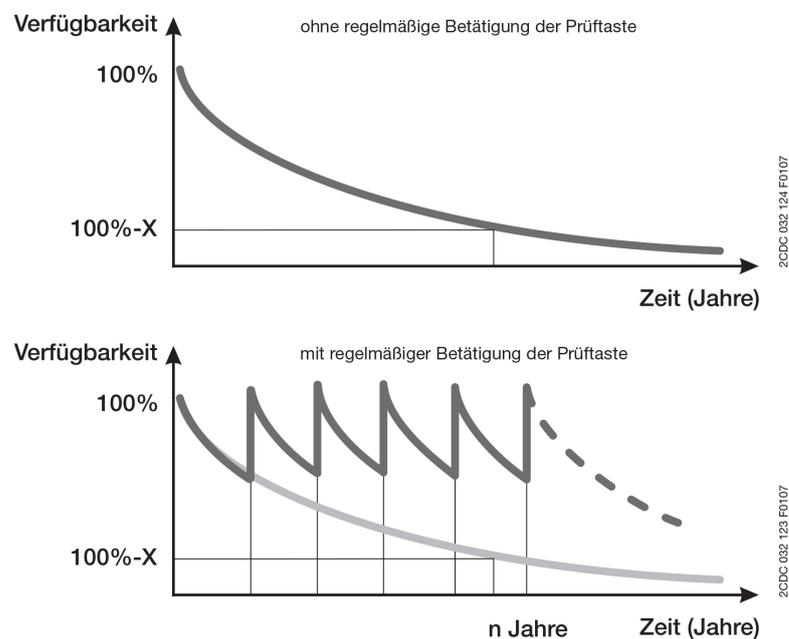


Abbildung 2.9: Verfügbarkeit von Fehlerstromschutzschaltern mit und ohne Betätigung der Prüftaste¹⁰

Des Weiteren werden Fehlerstromschutzschalter anhand von 3 wesentlichen Parametern unterschieden:

- **Schaltvermögen** (angegeben in Kiloampere [kA])
 „oder auch Kurzschlussfestigkeit gibt die max. Amperezahl an, bei der ein ausgeschalteter oder ausgelöster Fehlerstromschutzschalter dem Stromkreis noch unterbrechen kann. Ab einer bestimmten Amperezahl kann ein Lichtbogen zwischen

¹⁰Bildquelle: [1], Seite 23

den geöffneten Kontakten entstehen und so eine entsprechenden Hitzeentwicklung entstehen. Gute Fehlerstromschutzschalter für private Haushalte haben ein Schaltvermögen von 10 kA“ [3].

- **Betriebsstrom** (angegeben in Ampere [A])
„ist die Stromstärke die ein Fehlerstromschutzschalter dauerhaft führen kann. In privaten Haushalten werden in der Regel 20 A Fehlerstromschutzschalter eingesetzt“ [3].
- **Fehlerstrom** (angegeben in Milliampere [mA])
„gibt die Fehlerstromstärke an, aber der ein Fehlerstromschutzschalter auslöst. Um einen Personenschutz zu gewährleisten, muss ein Fehlerstromschutzschalter spätestens ab einem Fehlerstrom von 30 mA auslösen und den Stromkreis unterbrechen. Für Brandschutz ist nur ein Fehlerstrom von 300 mA vorgeschrieben. Das ist für den Haushalt kein ausreichender Schutz. Zu beachten ist weiterhin, dass ein Fehlerstromschutzschalter nicht die Höhe des Fehlerstroms begrenzt. Die Schutzwirkung beruht ausschließlich auf der schnellen Abschaltung der Stromzufuhr“ [3].

Zusätzlich unterscheidet man nach VDE 0664-10/-20 (IEC/EN 61008/9) 2 Arten von Fehlerstromschutzschalter. Die Unterteilung erfolgt dabei anhand der Verzögerungszeit die beim Auftreten von Fehlerströmen zugelassen ist.

- **Standardtyp**: FI-Schutzschalter ohne Zeitverzögerung
- **selektiver Typ**: FI-Schutzschalter mit Zeitverzögerung

Der selektive Typ ist dabei so gebaut, dass er einen vordefinierten Grenzwert für die Nichtauslösung einhält. Die genauen Abschaltzeiten in Abhängigkeit von der Höhe und Art des Fehlerstroms sind in den jeweiligen Produktnormen definiert und soll hier nicht weiter beachtet werden. An dieser Stelle schauen wir uns deshalb beispielhaft die Strom-Zeit-Kurve eine allgemeinen unverzögerten FI-Schutzschalters mit 30mA und eines selektiven FI-Schutzschalters mit 100mA der Firma ABB Stotz-Kontakt GmbH an.

Abbildung 2.10 zeigt dabei dass sich die Kurven mit der höchstzulässigen Abschaltzeit des unverzögerten FI-Schutzschalters (30mA) und der kürzesten Nichtauslösezeit des selektiven FI-Schutzschalters (100mA) nicht überschneiden oder berühren und dass dieses laut ABB auch nicht erlaubt ist [1].

stabiler Störlichtbogen entsteht und im schlimmsten Fall über einen Kabelbrand das gesamte Haus in Brand gerät.

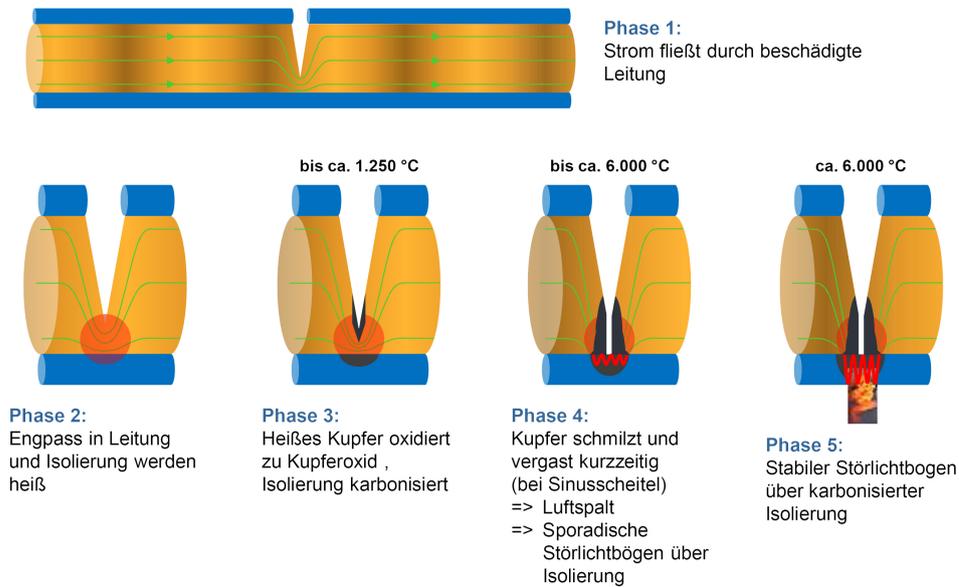


Abbildung 2.11: Die 5 Phasen zur Entstehung eines stabilen Störlichtbogens¹²

Brandschutzschalter wirken dem entgegen, indem sie permanent die Intensität und Dauer des Hochfrequenzrauschens von Spannung und Strom über die Zeit sowie den dazwischen liegenden Lücken messen und über integrierte Filter auswerten. Charakteristische, hochfrequente Komponenten treten dabei insbesondere beim Stromverlauf auf. Die Schwierigkeit bei der Auswertung besteht darin, gefährliche Lichtbögen von harmlosen Störquellen die im normalen Betrieb entstehen, zum Beispiel Staubsauger oder Bohrmaschinen, zu unterscheiden, um eine fehlerhafte Auslösung zu vermeiden. Ein „normaler“ Lichtbogen entsteht zum Beispiel auch bei Betätigung von Lichtschaltern, im Elektromotor oder beim Einstecken von Gerätesteckern in die Steckdose.

2.3.2 Stromzählertypen

Zur verbrauchsgerechten Abrechnung der elektrischen Leistung im Haushalt werden dem Verbraucher in der Regel Messgeräte zur Erfassung des Verbrauchs durch den Ver-

¹²Bildquelle: [38], Seite 50

sorger bereitgestellt und installiert. Die Messgeräte bleiben dabei in der Regel Eigentum des Versorgers und die Bereitstellungs- und Installationskosten werden über den Grundpreis des Stromtarifs abgerechnet.

Dabei werden in Deutschland überwiegend noch die in Abschnitt 2.3.2.1 vorgestellten elektromechanischen Ferraris-Zähler eingesetzt. Mittlerweile werden aber auch immer mehr die in Abschnitt 2.3.2.2 vorgestellten elektronischen Stromzähler betrieben und der Einbau von intelligenten Energiezählern ist nach § 21d und § 21e EnWG, soweit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar, inzwischen Pflicht [10].

Wobei der Begriff Stromzähler nicht ganz richtig ist, da mit dem Messgerät kein elektrischer Strom sondern die elektrische Wirkleistung über die Zeit nach der Gleichung

$$W = P * t = U * I * t \quad (2.1)$$

erfasst wird. Das heißt die Energiezähler müssen die Spannung, den Strom und die Zeit messen um den Verbrauch der elektrischen Leistung zu erfassen, auf dessen Basis die Stromrechnung erstellt wird.

2.3.2.1 Ferraris-Zähler

Üblich sind heutzutage Energiezähler, die nach dem Ferraris-Prinzip arbeiten. Abbildung 2.12 zeigt den Aufbau eines mechanischen Wechselstromzählers. In ihnen wird die Wirkleistung mittels Magnetfeldüberlagerung aus Stromspule und Spannungsspule und daraus folgender Wirbelstrominduktion in ein Drehmoment auf eine Aluminiumscheibe übertragen. Dabei wird die Aluminiumscheibe gleichzeitig durch eine Wirbelstrombremse gebremst, um nicht immer mehr zu beschleunigen. Dadurch ist die Drehzahl der Scheibe proportional zur Wirkleistung. Das hat zur Folge, dass sich die Aluminiumscheibe umso schneller dreht, desto höher die durchfließende Wirkleistung ist.

Die Aluminiumscheibe ist dabei mechanisch mit dem Zählwerk verbunden, welches die Umdrehungen der Aluminiumscheibe zählt und damit proportional zur tatsächlich bezogenen elektrischen Energie ist. Das Zählwerk gibt dabei die seit Inbetriebnahme des Zählers bezogene Energie in Kilowattstunden an. Zur Beeinflussung der Magnetfelder und damit der Eichung des Zählers sind zusätzlich eine weitere kleine Spule, die Eichspule, sowie ein Strombügel mit Klemme an der Stromspule oder der Spannungsspule angebracht. Des Weiteren besitzt auch die Wirbelstrombremse eine Stellschraube, mit

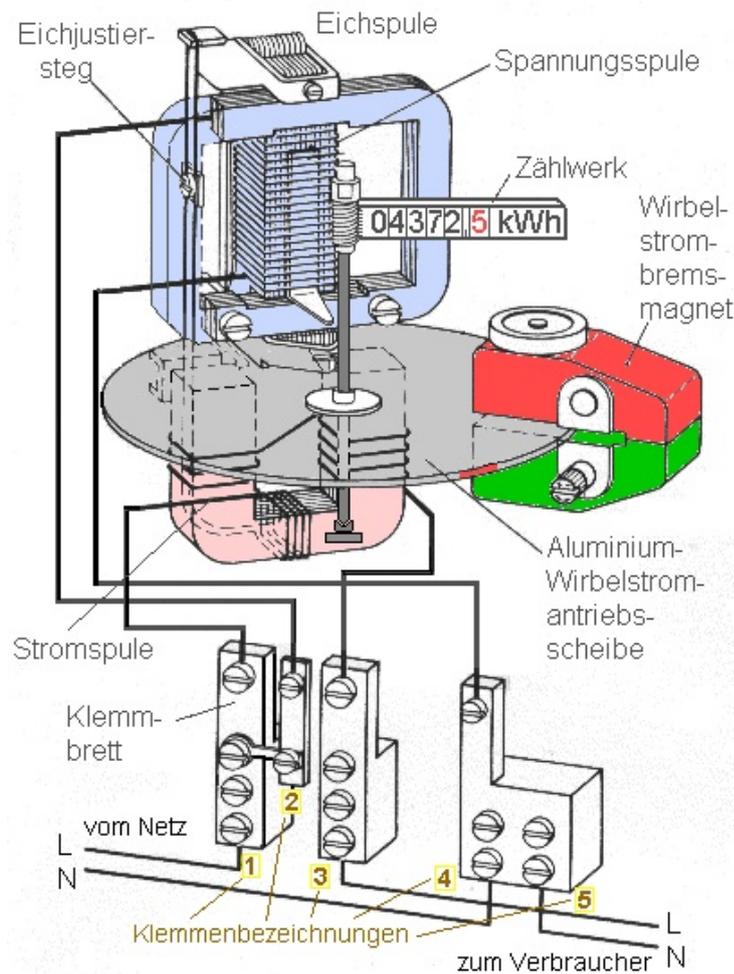


Abbildung 2.12: Aufbau eines mechanischen Wechselstromzählers¹³

der sich ihre Leistung beeinflussen lässt. Um Manipulationen am Energiezähler vorzubeugen, wird dieser samt Klemmbrett nach der Installation verschlossen und vom Energieversorger verplombt.

Neben den Einfachstromzählern, die unabhängig von der Tageszeit, die bezogenen Energiemenge messen, können Doppel- und Mehrtarifstromzähler den Verbrauch in zwei oder mehr Tarifen unterteilt erfassen (siehe Abbildung 2.13). Dies ist zum Beispiel notwendig wenn ein Haushalt über eine Elektro-Nachtspeicherheizung verfügt, welche ihre benötigte Energiemenge zu den günstigeren Niedertarifzeiten (Nachts) bezieht.

¹³Bildquelle: [28]



Abbildung 2.13: Mehrtarif-Stromzähler, Messung nach dem Ferrarisprinzip¹⁴

Tagsüber bezieht der Haushalt seinen Strom dann in der sogenannten Hochtarifzeit. Die Umschaltzeiten zwischen Hochtarif (HT) und Niedertarif (NT) werden jeweils von den Netzbetreibern festgelegt. Für das untersuchte Stadtgebiet von Lübbecke gelten folgende Zeiten [22]:

- HT: restliche Zeit
- NT: 22:00 Uhr bis 06:30 Uhr - immer 6 Stunden

Für den Kunden bringen diese Tarifumschaltungen den Vorteil, dass energieintensive Verbraucher zu Zeiten betrieben und abgerechnet werden können in denen eine gerin-

¹⁴Bildquelle: [25]

gere Stromnachfrage und damit ein geringerer Preis herrscht. Für den Netzversorger bedeutet dies, dass er einen Ausgleich in der Netzbelastung erreichen kann.

Die Umschaltung zwischen Hochtarif- und Niedertarifzeit erfolgt dabei entweder durch eine im Zähler integrierte Zeitschaltuhr oder aber durch einen eingebauten Rundsteuerempfänger, der seine Anweisungen vom Versorger bekommt. Diese Steuersignale werden entweder über das Stromnetz geschickt oder aber, wenn ein Funkrundsteuerempfänger verbaut ist, über einen Langwellenfunkkanal. Anders als bei Rundsteuerempfängern müssen bei der Funk-Variante nicht notwendigerweise alle Schaltbefehle vom Energieversorger aus ausgesendet werden. Hier kommen oft integrierte Zeitschaltuhren zum Einsatz, die nur von Zeit zu Zeit über Funk synchronisiert werden müssen. Eine Einschränkung dieser Signalübertragung ist, dass sie nur in eine Richtung, das heißt vom Versorger zum Verbraucher erfolgen kann. In der Industrie erfolgt eine Rückmeldung über den tatsächlichen, zur Zeit verbrauchten Strom, meist über eine Telefonverbindung vom Betrieb zum Versorger. Mit den sogenannten Smart Metern / den „intelligenten“ Stromzählern sollen diese Rückmeldungen nun auch flächendeckend von Privathaushalten erfolgen.

2.3.2.2 elektronische Energiezähler / Smart Meter / intelligenter Stromzähler

Anders als bei Energiezählern, die nach dem Ferraris-Prinzip arbeiten, kommen bei Smart Metern / elektronischen Zählern keine mechanischen Bauteile mehr zum Einsatz. Hier wird der Stromfluss mittels Stromwandlern, Strommesssystemen (zum Beispiel mit Rogowskispulen¹⁵) oder Hall-Sensoren¹⁶ erfasst. Dabei wird zum Beispiel „durch Integration des Produkts von Spannung und Stromstärke über eine Schwingungsperiode, und dann zeitlich integriert“, die Wirkleistung ermittelt [9].

Elektrische Energiezähler dürfen nach Auffassung der European Smart Metering Alliance (ESMA) nur dann als smart (intelligent) bezeichnet werden, wenn sie einen oder

¹⁵„Bei dem Messprinzip nach Rogowski handelt es sich um eine spezielle Form der transformatorischen Strommessung von sinus- und nicht sinusförmigen Wechselströmen. Die als Rogowski-Spule bezeichnete eisenfreie Induktionsspule (Luftspule) misst die magnetische Spannung längs eines geschlossenen Umlaufes um einen stromführenden Leiter. Das Ausgangssignal der Rogowski-Spule wird danach so aufbereitet, dass ein exaktes Abbild des Primärstromes entsteht.“ [24], Seite 23

¹⁶Ein Hall-Sensor nutzt den Hall-Effekt zur Messung von Magnetfeldern. Der Hall-Effekt besagt, „dass sich längs eines stromdurchflossenen Leiters bei Vorhandensein eines senkrecht darauf wirkenden Magnetfelds eine Spannung aufbaut.“ [15]

mehrere Mikroprozessoren enthalten [12]. Abbildung 2.14 zeigt beispielhaft einen intelligenten elektronischen Stromzähler nach EEC Standard mit interner Leistungsbegrenzung, Abschaltvorrichtung und Informationsdisplay.



Abbildung 2.14: Intelligenter elektronischer Stromzähler nach EEC Standard mit interner Leistungsbegrenzung, Abschaltvorrichtung und Informationsdisplay¹⁷

Elektronische Energiezähler, die ihre Verbrauchsdaten an den Versorger übermitteln, werden schon seit längerer Zeit in der Industrie und bei Großkunden von Energieversorgern eingesetzt. Dort dienen sie zum Beispiel, anders als im Privathaushalt, wo

¹⁷Bildquelle: [13]

monatliche Abschläge und eine jährliche Ausgleichszahlung fällig sind, der genauen monatlichem Energieverbrauchsabrechnung.

Durch die Smart Meter bieten sich viele neue Möglichkeiten, sowohl für den Kunden als auch für den Versorger. Der Kunde kann sich beispielsweise über den Energieverbrauch hinausgehende Informationen, wie den zeitlichen Verlauf oder Spitzenleistungen beim Leistungsbezug, anzeigen lassen. Für den Netzversorger bieten sich durch die Fernablesung Möglichkeiten das Stromnetz, insbesondere beim Aufbau eines intelligenten Netztes im Bereich Smart Grid, besser zu verstehen und zu strukturieren beziehungsweise auf Anforderungen der Verbraucher reagieren zu können.

Die Fernablesung der Verbrauchsdaten kann dabei auf unterschiedlichstem Wege erfolgen. Dazu gehören die Übertragung der Signale direkt über das Stromnetz selbst (PLC¹⁸), über Telefonleitungen, per Internet oder via Mobilfunk (GSM¹⁹/GPRS²⁰).

Außerdem wird darüber diskutiert, neuartige Stromtarife einzuführen, die sich nicht nur an der Uhrzeit orientieren, sondern zusätzlich die momentane Netzbelastung mit zur Berechnung des Strompreises herangezogen wird ([26], Seite 11). Eine weitere Möglichkeit die erforscht wird ist, dass man zusätzliche Verbraucher im Haushalt (zum Beispiel Waschmaschine oder Geschirrspüler) mit in das Stromnetz einbindet, sodass diese Geräte sich zu der Zeit einschalten, in denen Strom günstiger angeboten wird [8]. Bei all dem Enthusiasmus über diese neuen Möglichkeiten darf man die Risiken und Gefahren nicht außer acht lassen. Dazu zählt unter anderem der Datenschutz des Verbrauchers. Weitere im Zusammenhang mit der flächendeckenden Einführung von Smart Metern auftretenden Gefahren werden kurz in [27] aufgezeigt. Dazu gehört unter anderem, dass Kriminelle die Daten der Smart Meter dazu nutzen können, auf den sonst privaten Lebensstil von anderen zu schließen. Wenn sie sich Zugang zu Smart Metern verschaffen und Steuerbefehle an Smart Meter senden können, haben sie die gleichen Fähigkeiten wie das Versorgungsunternehmen, das heißt sie können je nach Fähigkeit des Gerätes die Stromversorgung unterbrechen, den Smart Meter zurücksetzen oder eine andere als die tatsächliche Nutzung vorspiegeln. Dazu gehört auch die interne Uhr zu manipulieren, um zum Beispiel in Niedertarifzeiten zu gelangen und die Stromrechnung zu senken. Eine weitere Gefahr ist, dass noch nicht festgelegt ist was passiert wenn

¹⁸PLC: Powerline Communication

¹⁹GSM: Global System for Mobile Communications (früher Groupe Spécial Mobile)

²⁰GPRS: General Packet Radio Service

eine große Menge an Smart Metern oder ganze Smart Grids ausfallen. Wie wird dann die Energieversorgung sichergestellt? Dies sind alles noch Probleme die geklärt werden müssen.

3

Analyse

3.1 Aufbau der Analyse

Die Analyse zur Abschätzung der vorhandenen Hauselektroinstallationen erfolgt mittels eines Fragebogens, welcher sich in 3 Abschnitte unterteilt und auf 8 Fragen beschränkt ist. Dabei wurden zwei Versionen des Fragebogens zur Datenerfassung eingesetzt. Die erste Version des Fragebogens wird in Abschnitt 3.1.1 vorgestellt und die Unterschiede der beiden Versionen werden in Abschnitt 3.1.2 erläutert und dargestellt.

Im ersten Teil des Fragebogens geht es um die räumliche Einordnung des Teilnehmers, das heißt in welchem Versorgungsgebiet / Stadtteil wohnt Er / Sie und um das Alter des Hauses / der Wohnung in dem Er / Sie lebt.

Der zweite Teil behandelt das Alter des Stromkreises / der Stromleitungen sowie des Sicherungssystems / dem Schaltkasten, das heißt wurden seit dem Bau des Hauses / Wohnung Modernisierungen an diesen Einrichtungen vorgenommen oder befinden sie sich noch im Originalzustand.

Im abschließenden dritten Teil werden die Art der Sicherungen und Stromzähler abgefragt, das heißt welche Sicherungen (Schmelzsicherung, LS-Schalter¹, FI-Schalter²) und welche Stromzähler (einfacher / doppelter Drehstromzähler, Smart Meter / intelligenter Stromzähler) sind verbaut.

¹Leitungsschutzschalter

²Fehlerstromschutzschalter

3.1.1 Fragebogen 1. Version

Fragebogen: Hauselektroinstallationen

Im Rahmen meiner Masterarbeit an der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld untersuche ich den aktuellen Stand der Hauselektroinstallation der Stadt Lübbecke und seiner Stadtteile, um in einem späteren Schritt die quantitativen Risiken zu ermitteln, die sich durch den Anschluss von Elektrofahrzeugen an diesen Installationen ergeben. Insbesondere Risiken die durch den Ladestrom über längere Zeit und täglichem Betrieb entstehen.

Mit der Beantwortung dieses Fragebogens würden Sie mir sehr helfen diesem Ziel einen Schritt näher zu kommen.

1. In welchem Stadtteil/Versorgungsgebiet wohnen Sie?

- Alswede
- Blasheim
- Eilhausen
- Gehlenbeck
- Kernstadt
- Nettelstedt
- Obermehnen
- Stockhausen
- weiß nicht / keine Angabe

2. Wann wurde ihr Haus / Ihre Wohnung gebaut?

- _____ Jahr (xxx)

3. Wurden seit dem Bau Modernisierungen am Stromkreis / den Leitungen vorgenommen?

- ja
- nein
- weiß nicht / keine Angabe

4. Falls ja, wann wurden die letzten Modernisierungen durchgeführt?

- _____ Jahr (xxx)

5. Wurden seit dem Bau Modernisierungen am Sicherungssystem / dem Schaltkasten vorgenommen?

- ja
- nein
- weiß nicht / keine Angabe

6. Falls ja, wann wurden die letzten Modernisierungen durchgeführt?

- Jahr (xxx)

7. Welche Art Sicherungen sind bei Ihnen im Sicherungs-/Schaltkasten verbaut? (Mehrfachauswahl möglich)

- Schmelzsicherungen
- Leitungsschutzschalter (LS-Schalter)
- Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter)
- weiß nicht / keine Angabe
- Sonstiges

8. Welche Art Stromzähler sind bei Ihnen verbaut?

- einfacher Drehstromzähler
- doppelter Drehstromzähler
- Smart Meter / intelligenter Stromzähler
- weiß nicht / keine Angabe
- Sonstiges

Vielen Dank für ihre Teilnahme.

Am Seitenende folgten dann noch die Kontaktinformation. Diese lasse ich hier aus Platzgründen aus.

Auf eine explizite Nennung der Brandschutzsicherungen bei Frage 7 wurde, aufgrund der noch sehr neuen und teuren Sicherungen, verzichtet. Diese konnte, falls verbaut, von den Umfrageteilnehmer ja unter dem Punkt „Sonstiges“ angegeben werden.

3.1.2 Fragebogen 2. Verison

In der zweiten Version wurden Bilder für die Fragen 7 und 8 hinzugefügt, da sich bei den ersten Befragungen gezeigt hat, dass die Umfrageteilnehmer teilweise nicht wussten was mit den einzelnen Begriffen gemeint war. Es handelte sich dabei um die folgenden Bilder 3.1 bis 3.6.



Abbildung 3.1: Schmelzsicherung³



Abbildung 3.2: Leitungsschutzschalter

³Bildquelle: [16]

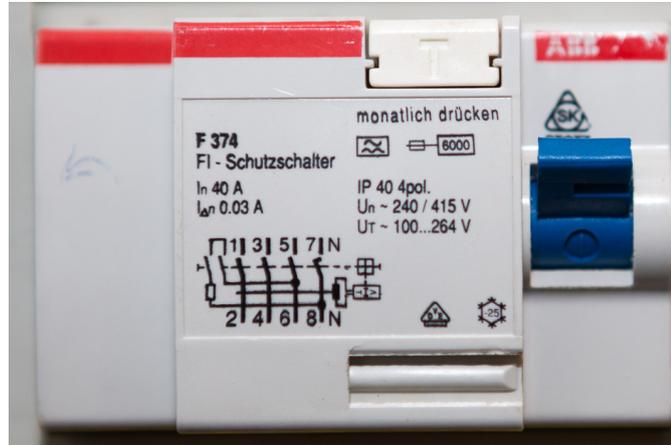


Abbildung 3.3: Fehlerstromschutzschalter



Abbildung 3.4: einfacher Drehstromzähler



Abbildung 3.5: doppelter Drehstromzähler (Bildquelle: [25])



Abbildung 3.6: Smart Meter / intelligenter Stromzähler (Bildquelle: [13])

3.2 Durchführung der Analyse

Die Erstellung des Fragebogens erfolgte mit Hilfe des Fragebogenprogramms GrafStat von Uwe W. Diener⁴. Das Programm bietet neben der Unterstützung beim Erstellen des Fragebogens noch viele weitere sehr nützliche Funktionen. So bietet es neben der herkömmlichen Befragung per ausgedrucktem Formular auch die Möglichkeit, Befragungen direkt am Computer durchzuführen. Außerdem generiert das Programm auf Wunsch automatisch HTML-Seiten, sodass die Befragung auch online stattfinden kann. Dabei übernehmen die sogenannten Datensammelpunkte die Aufgabe, die Daten, die bei der Onlinebefragung anfallen, zu sammeln und bei Bedarf an den Fragebogenersteller auszuliefern. Die Daten werden Dabei durch ein Serverkennwort und ein vom Ersteller festgelegtes Datenpasswort vor unbefugtem Zugriff abgesichert. Es stehen dabei mehrere Datensammelpunkte zur Auswahl, unter anderem der GrafStat-Server oder auch ein Server der Uni Münster. Des Weiteren können mit der Software die erfassten Daten ausgewertet und präsentiert werden.

Der im vorherigen Abschnitt 3.1 vorgestellte Fragebogen wurde Online über die universitätseigene Internetseite des Autors (<http://wwwhomes.uni-bielefeld.de/cgoeker/Umfrage/>) als Online-Fragebogen angeboten und zur Verfügung gestellt. Zur Einbindung der Bilder und Anpassung der Kontaktinformationen wurden die von GrafStat erstellten HTML-Seiten angepasst, da das Programm ein Einfügen von Bildern nicht vorsieht.

Um möglichst viele Menschen für eine Teilnahme an der Umfrage zu gewinnen, wurde neben der mehrfachen Verbreitung des Links zum Online-Fragebogen in diversen sozialen Netzwerken, zusätzlich noch die gedruckte Form verteilt. Die Verteilung erfolgte zum einen in der direkten Nachbarschaft des Autors, zum anderen in den Tanzkursen der ortsansässigen Tanzschule, um eine möglichst breite Bevölkerungsschicht anzusprechen.

Die Auswertung und Aufbereitung der Ergebnisse für Abschnitt 3.3 erfolgte im Rahmen dieser Masterarbeit aufgrund der nicht notwendigen Einarbeitungszeit jedoch mit Microsoft Excel und nicht mit den vom Fragebogen-Tool GrafStat bereitgestellten Mitteln. Dabei wurden aufgrund der möglichen Antworten teilweise nur Minimum, Maximum und Mittelwert untersucht.

⁴<http://grafstat.de/>, (Ausgabe 2013) in Version 4.276 aus 02/2013

Probleme die bei der Umfrage auftraten waren zum einen die bereits erwähnten Verständnisprobleme und zum anderen eine relativ geringe Teilnehmerzahl.

3.3 Ergebnisse

Im folgenden werden die Ergebnisse des Fragebogens dargestellt. Insgesamt haben 50 Personen an der Befragung teilgenommen und Informationen zu ihrem Haus und dem Strom- und Sicherungssystem preisgegeben. Davon entfallen ungefähr 30 auf den Onlinfragebogen und ungefähr 20 auf die 50 gedruckten und verteilten Fragebögen.

3.3.1 Stadtteile

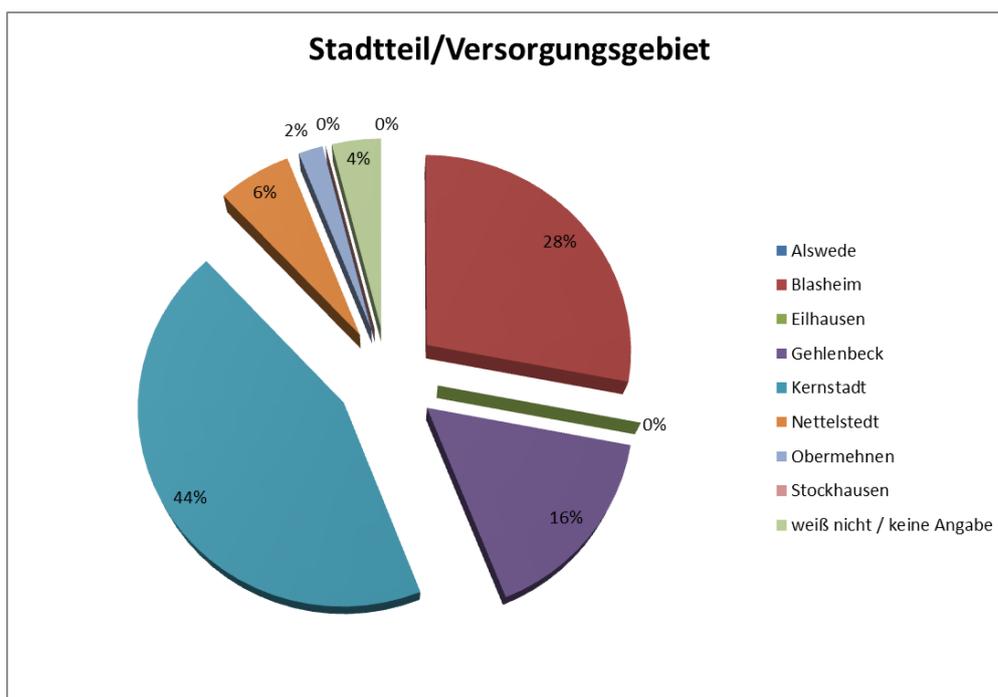


Abbildung 3.7: Verteilung der Umfrageteilnehmer auf die Stadtteile/Versorgungsgebiete

Wie in Abbildung 3.7 zu erkennen ist, kommt fast die Hälfte der Umfrageteilnehmer aus der Kernstadt. 28% entfallen auf den Ortsteil Blasheim und 16% wohnen in Gehlenbeck. 6% entfallen auf Nettelstedt und 2% auf Obermehnen. Aus den Ortsteilen Alswede,

Eilhausen und Stockhausen konnten keine Teilnehmer gewonnen werden. Ebenfalls 4% entfallen auf die Gruppe die keine Angaben zu ihrem Wohnort machen wollten oder nicht wissen wo sie wohnen.

3.3.2 Alter der Gebäude/Wohnungen

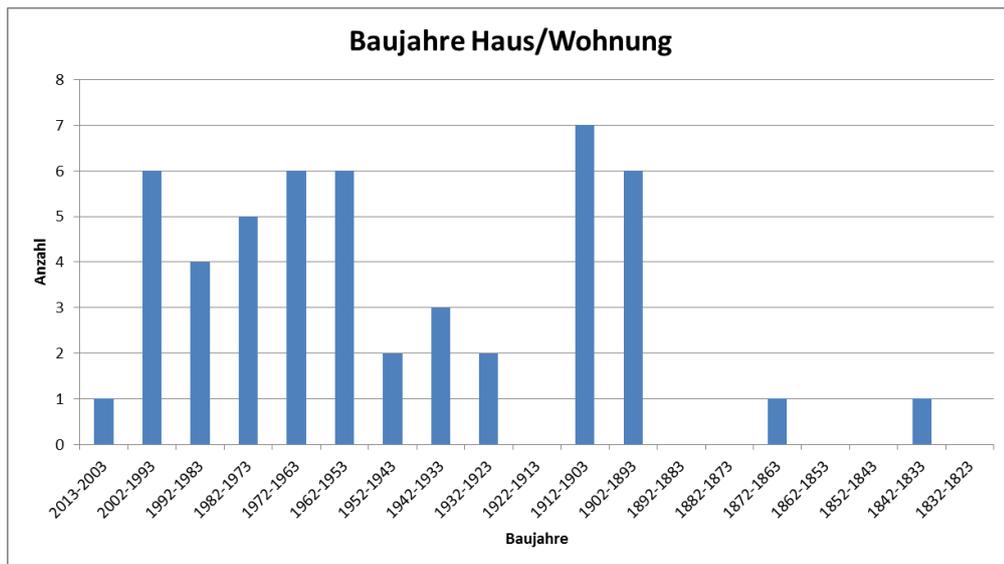


Abbildung 3.8: Baujahre der Häuser/Wohnungen (unterteilt in 10-Jahresschritte)

Aus Abbildung 3.8 geht hervor, dass ein Großteil der Häuser / Wohnungen vor 1983 gebaut wurden und damit älter als 30 Jahre sind. Das älteste Haus wurde 1840 gebaut und das jüngste Haus 2006. Der Mittelwert liegt beim Jahr 1948.

Die Altersstruktur der untersuchten Häuser / Wohnungen wird auch nochmal in Abbildung 3.9 deutlich. Dort zeigt sich, dass über ca. 80% der Häuser / Wohnungen älter als 30 Jahre sind und ganze 30% bereits über 100 Jahre alt sind.

3.3.3 Modernisierungen

3.3.3.1 Stromkreis- / Leitungsmodernisierungen

In Abbildung 3.10 wird deutlich dass nur bei 44% der Häuser / Wohnungen Modernisierungen am Stromkreis / den Leitungen vorgenommen wurden. Außerdem zeigt sich,

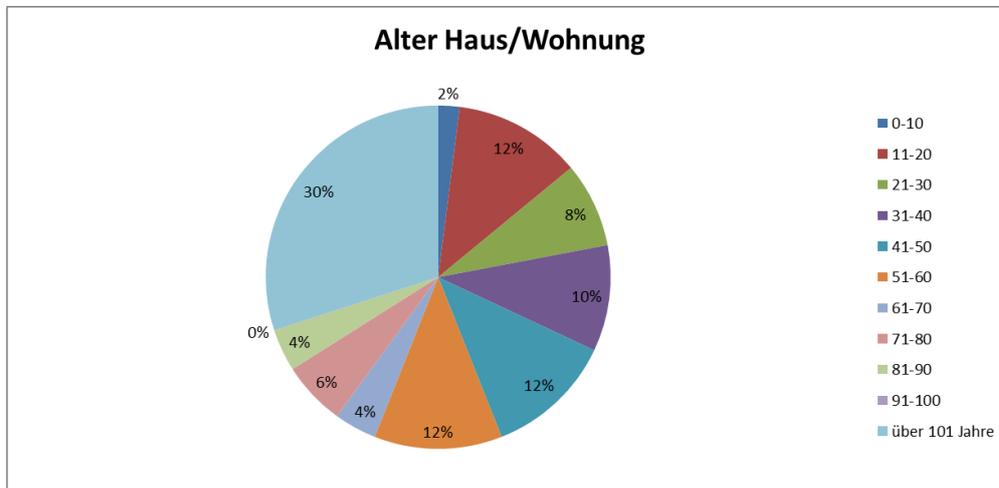


Abbildung 3.9: Alter der Häuser/Wohnungen (unterteilt in 10-Jahresschritte)

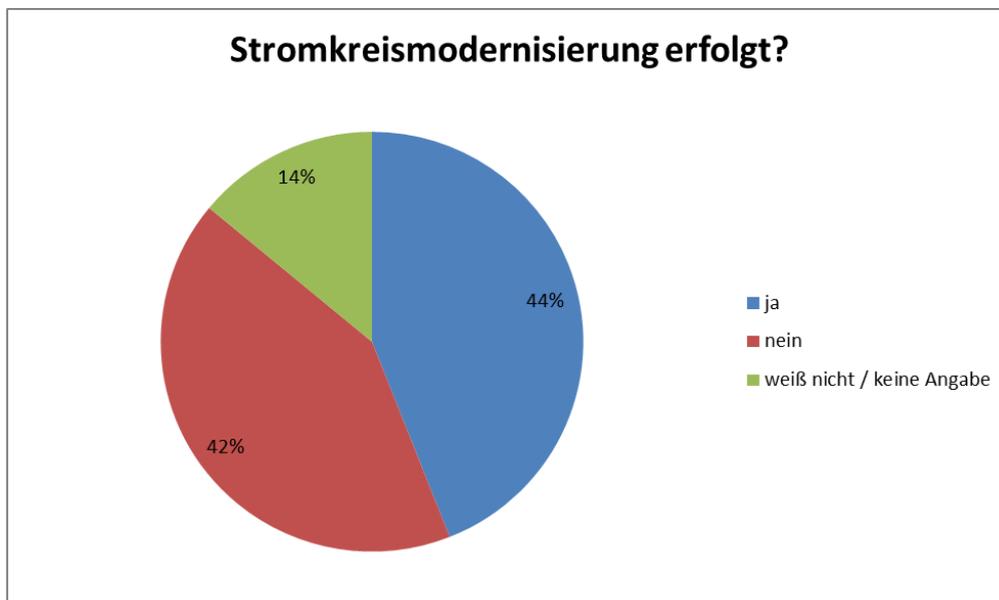


Abbildung 3.10: Übersicht über die erfolgte oder nicht erfolgte Modernisierung des Stromkreises

dass 14% der Teilnehmer nicht wissen ob überhaupt schon mal Modernisierungen vorgenommen wurden beziehungsweise machen darüber keine Angabe.

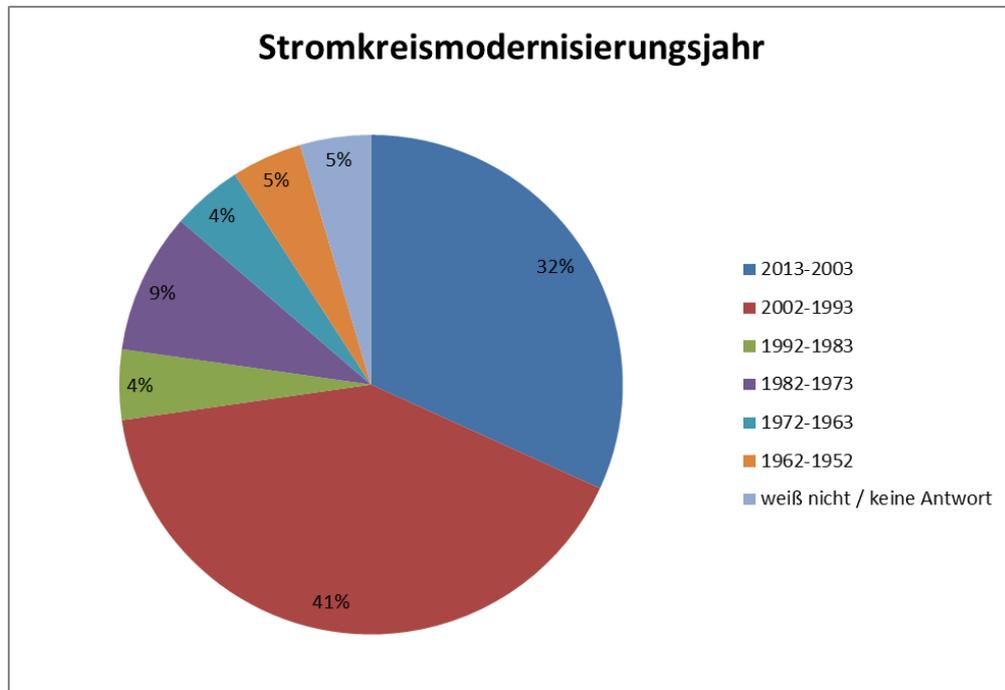


Abbildung 3.11: Zeitpunkt der erfolgten Stromkreismodernisierung

Abbildung 3.11 zeigt, dass ein Drittel der Stromkreismodernisierungen innerhalb der letzten 10 Jahren erfolgten und mehr als dreiviertel der Modernisierungen in den letzten 20 Jahren stattfanden. Es zeigt aber auch, dass 19% der Modernisierungen länger als 20 Jahre her ist. Die älteste Modernisierung erfolgte zuletzt 1962 und die jüngste im Jahre 2013. Im Schnitt wurden die Modernisierungen im Jahr 1997 ausgeführt, das heißt vor 16 Jahren.

Dies wird auch in Abbildung 3.12 deutlich. 61% der Stromkreise sind älter als 30 Jahre und nur ein Viertel ist jünger als 20 Jahre. Dabei wurde von der konservativen Annahme ausgegangen, dass bei Umfrageteilnehmern die keine Angabe machen konnten oder wollten, das Alter des Stromkreises dem Baujahr des Hauses / der Wohnung entspricht.

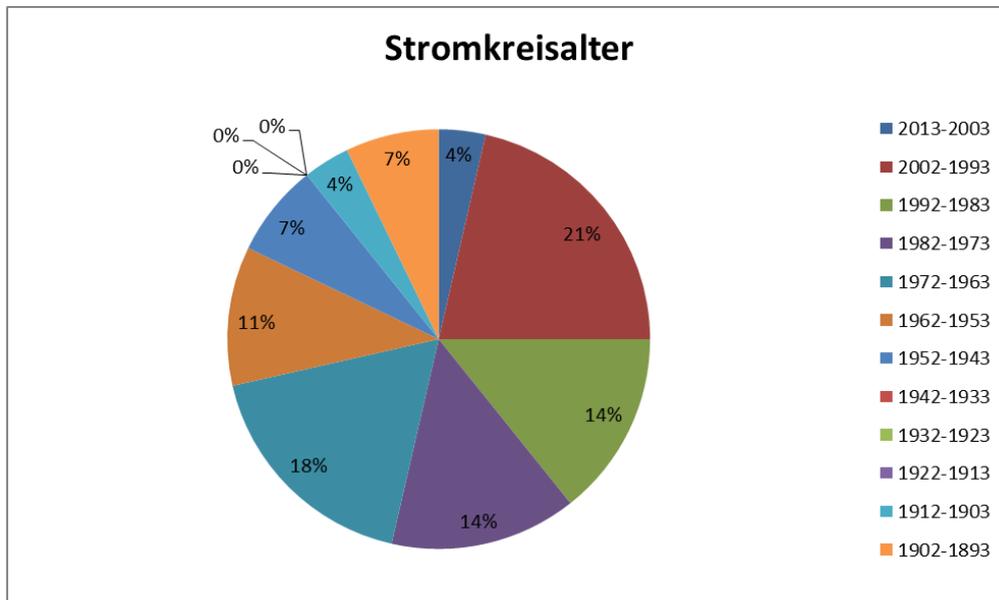


Abbildung 3.12: Alter des Stromkreises

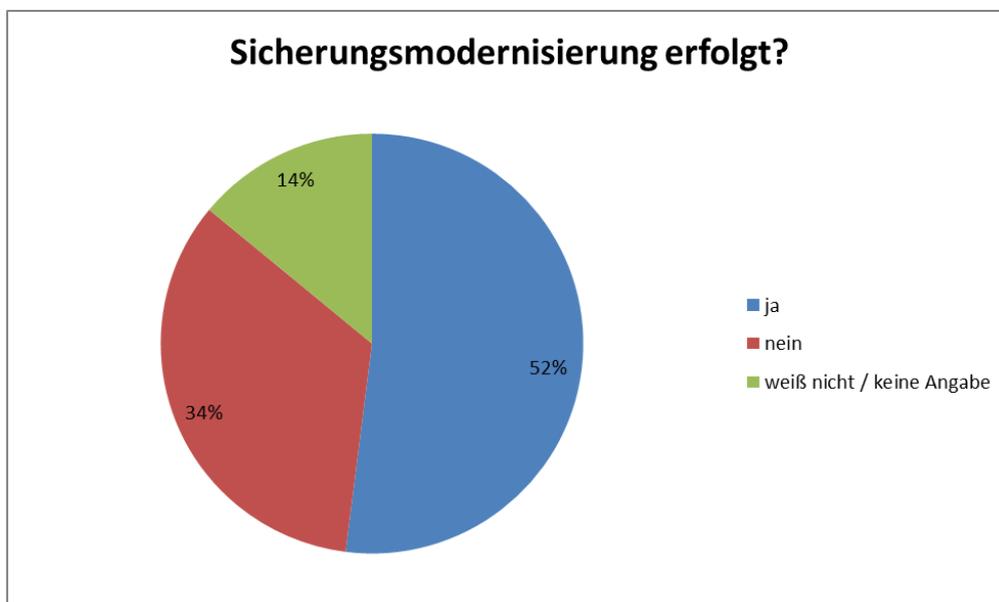


Abbildung 3.13: Übersicht über die Modernisierung des Sicherungssystems

3.3.3.2 Sicherungs- /Schaltkastenmodernisierungen

Ähnlich wie bei der Stromkreismodernisierung sieht es auch bei der Sicherungsmodernisierung aus. Abbildung 3.13 zeigt, dass bei 52% der Häuser / Wohnungen Modernisierungen am Sicherungssystem / dem Sicherungskasten vorgenommen wurden, aber auch wieder 14% nicht wissen, ob schon einmal Modernisierungen vorgenommen wurden beziehungsweise machen darüber keine Angabe.

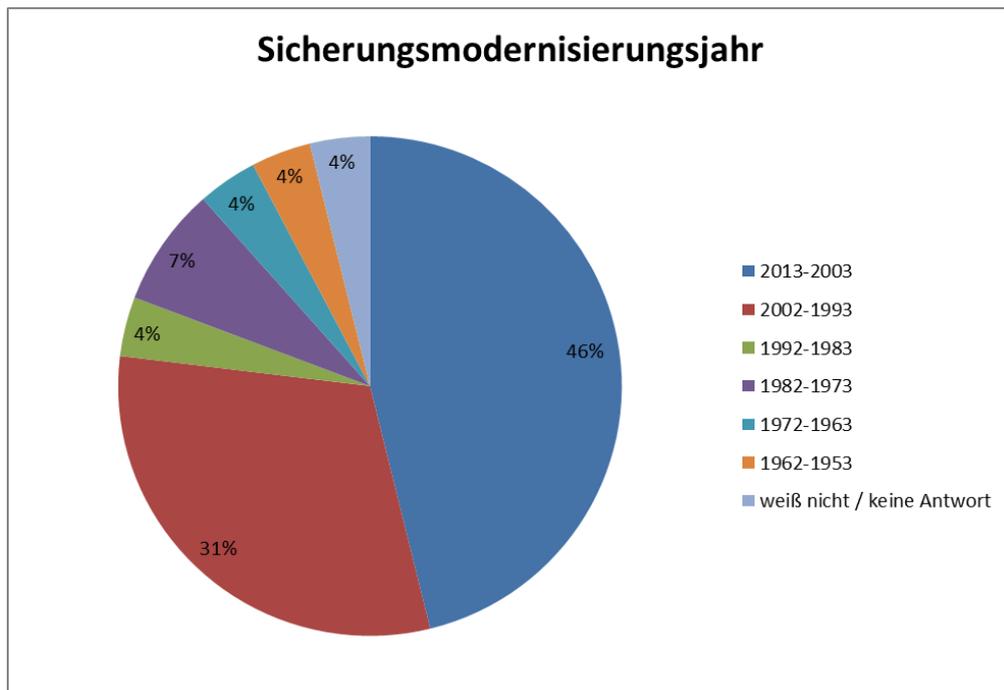


Abbildung 3.14: Zeitpunkt der erfolgten Sicherungsmodernisierung

Wie in Abbildung 3.14 zu erkennen ist, erfolgten 48% der Sicherungsmodernisierungen in den letzten 10 Jahren und 80% in den letzten 20 Jahren. Es zeigt aber auch dass 16% der Modernisierungen länger als 20 Jahre her sind. Die älteste Modernisierung erfolgte zuletzt 1962 und die jüngste im Jahre 2013. Im Schnitt wurden die Modernisierungen im Jahr 1999 ausgeführt.

Dies wird auch in Abbildung 3.15 deutlich. 63% der Stromkreise sind älter als 30 Jahre und wie beim Stromkreis ist nur ein Viertel jünger als 20 Jahre. Auch hier wurde von der konservativen Annahme ausgegangen, dass bei Umfrageteilnehmern die keine Angabe machen konnten oder wollten, das Alter des Stromkreises dem Baujahr des Hauses / der

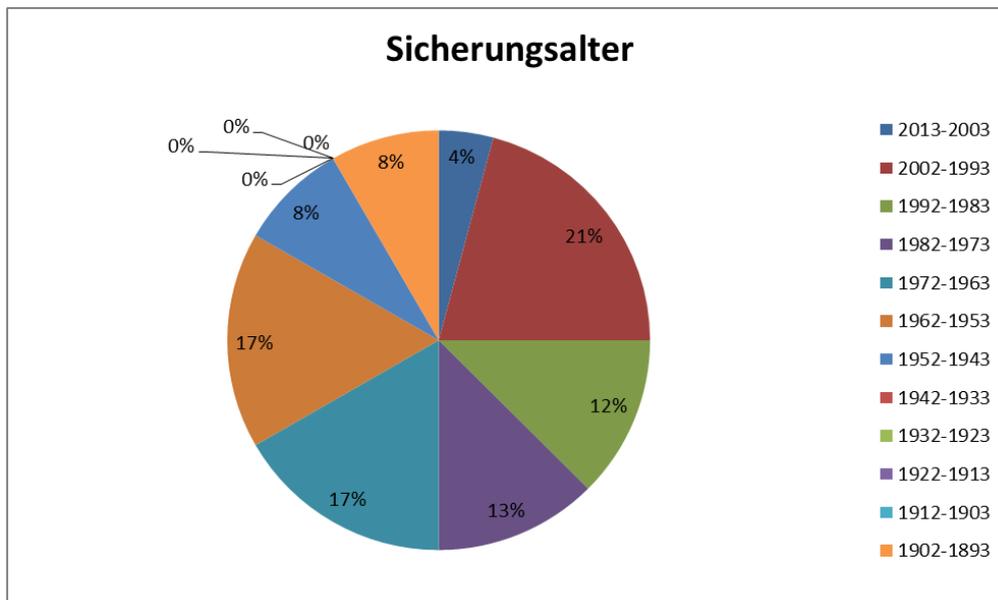


Abbildung 3.15: Alter des Sicherungssystems

Wohnung entspricht.

3.3.4 Sicherungstypen

Die Verteilung der Sicherungsarten wird in Abbildung 3.16 dargestellt. Es zeigt sich, dass noch bei 8% der Umfrageteilnehmer nur Schmelzsicherungen verbaut sind. Bei 18% sind nur Leitungsschutzschalter verbaut und 8% gaben an, dass nur Fehlerstromschutzschalter bei ihnen verbaut sind. Eine Kombination aus Schmelzsicherung und Leitungsschutzschalter ist bei 6% der Teilnehmern eingebaut und bei 2% ist eine Kombination aus Schmelzsicherung und Fehlerstromschutzschalter vorhanden. In 18% der Häusern / Wohnungen ist die Kombination aller drei Sicherungsarten (Schmelzsicherung + Leitungsschutzschalter + Fehlerstromschutzschalter) vorhanden und bei 38% ist die Kombination aus Leitungsschutzschalter und Fehlerstromschutzschalter installiert. 2% der Umfrageteilnehmer konnte oder wollte keine Angaben machen.

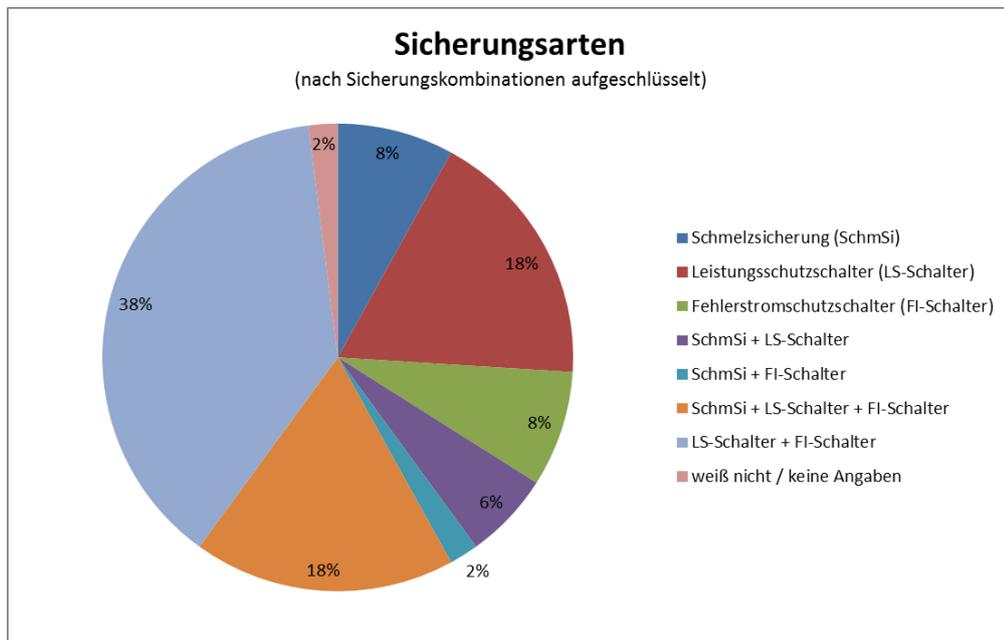


Abbildung 3.16: Aufschlüsselung der verbauten Sicherungsarten nach Sicherungskombination

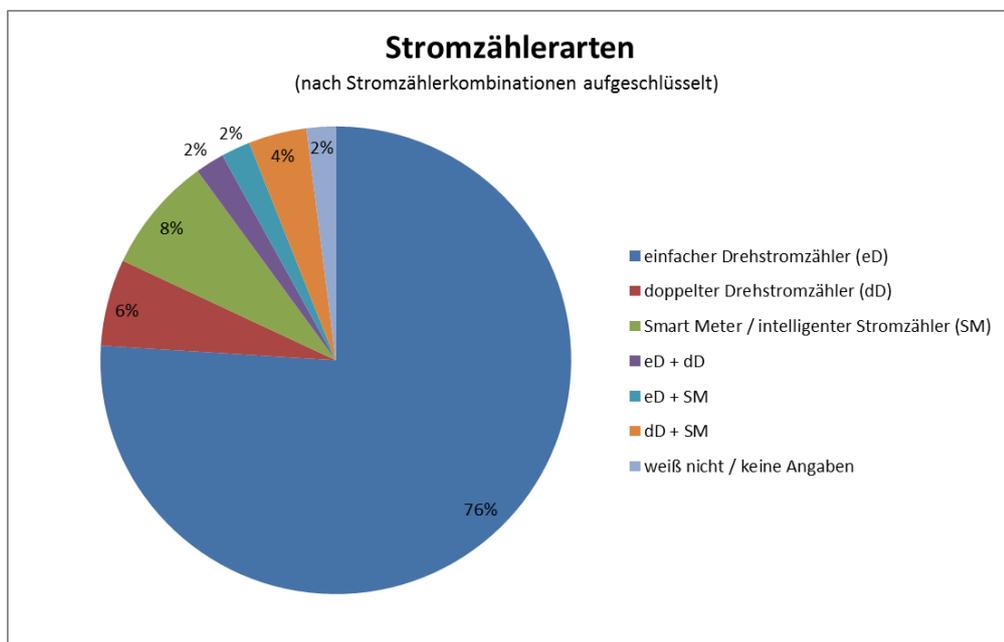


Abbildung 3.17: Aufschlüsselung der verbauten Zählerarten nach Stromzählerkombination

3.3.5 Stromzählertypen

Abbildung 3.17 zeigt, dass in 76% der Häuser / Wohnungen einfache Drehstromzähler verbaut sind und dass in 6% doppelte / Mehrtarif- Stromzähler zur Anwendung kommen. Bereits bei 8% der Umfrageteilnehmer sind Smart Meter / intelligente Stromzähler verbaut. Bei 8% sind Kombinationen der einzelnen Stromzähler installiert und 2% machten keine Angaben zur Art der verbauten Stromzähler beziehungsweise wussten es nicht.

3.4 Diskussion

Trotz der relativ geringen Stichprobe von nur 50 Teilnehmern hat sich gezeigt, dass sich die in dieser Umfrage gewonnenen Daten zum Gebäudealter mit denen des Statistischen Bundesamtes weitestgehend decken (vergleiche Abbildungen 3.8 & 3.18). Ein signifikanter Unterschied ist nur im Bereich von „35-64 Jahren“ beziehungsweise „41-70 Jahren“ und bei „älter als 94“ beziehungsweise „älter als 101 Jahren“ festzustellen. Laut Statistischem Bundesamt liegen 44% der Gebäude / Wohnungen im Bereich von 35-64 Jahren. In dieser Umfrage waren es im Bereich von 41-70 Jahren 28%. Im Bereich „älter als 94“ des Statistischen Bundesamtes befinden sich 10% der Gebäude / Wohnungen. Im Bereich „älter als 101“ der Umfrage jedoch ganze 30%. Dies zeigt, dass an der Umfrage mehr Besitzer sehr viel älterer Gebäude/Wohnungen teilgenommen haben, als diejenigen der mittleren Altersschicht. Dies muss kein Nachteil sein. Ermöglicht es doch einen Blick auf die wesentlich älteren, und damit vorraussichtlich einer erhöhten Gefährdung ausgesetzten, Gebäude.

Bis auf diese zwei zu berücksichtigenden Ausnahmen kann daher davon ausgegangen werden, dass auch die anderen Ergebnisse einen Rückschluss auf die Gesamtheit der Einwohner Lübbeckes zulassen.

Das Alter der Gebäude und Wohnungen in Deutschland (siehe Abbildung 3.19), unterscheidet sich nur geringfügig von der Verteilung des Alters der Gebäude und Wohnungen in Lübbecke (siehe Abbildung 3.18). Damit ergeben sich für die Umfrageergebnisse die gleichen Unterschiede, wie schon beim Vergleich mit der Altersstruktur des Statistischen Bundesamtes für Lübbecke. Auf der anderen Seite heißt dies aber auch, dass Lübbecke von der Altersstruktur der Gebäude dem deutschen Mittel entspricht und als

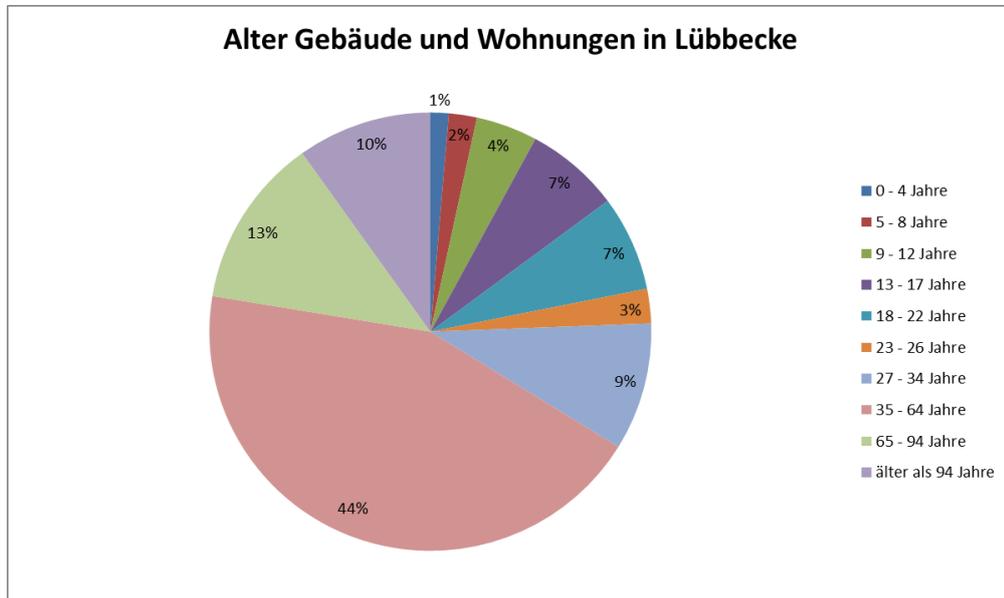


Abbildung 3.18: Gebäudealter der Stadt Lübbecke laut Statistischem Bundeamt [35]

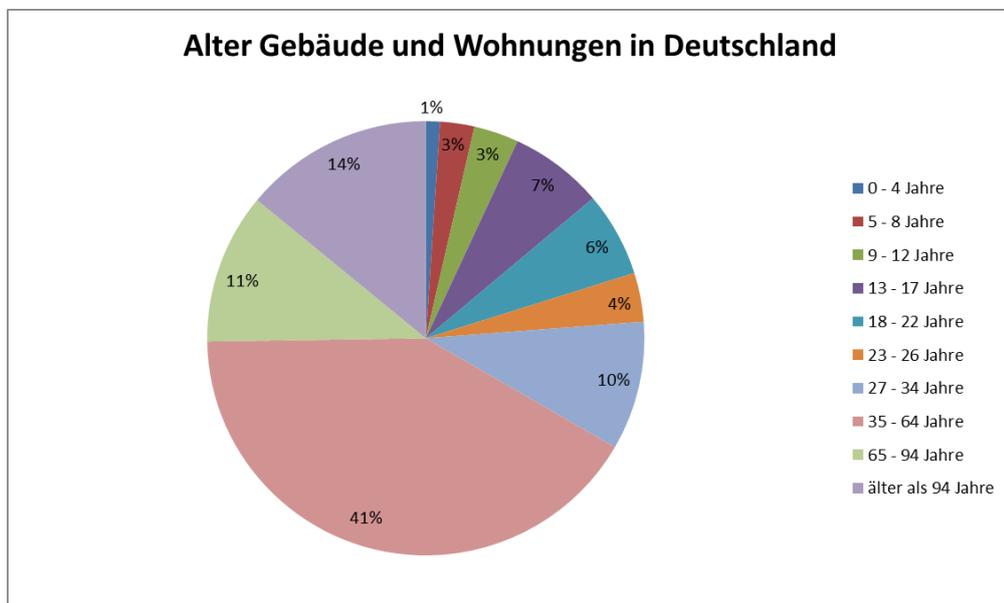


Abbildung 3.19: Gebäudealter Deutschlands laut Statistischem Bundeamt [34]

Modell für ganz Deutschland herangezogen werden könnte.

Bei den Baujahren in Abbildung 3.8 zeigt sich am besten, dass, aufgrund der doch relativ geringen Stichprobe, einzelne Ausreißer einen signifikanten Einfluss auf die statistischen Werte (Minimum, Maximum & Mittelwert) haben. Eine größere Stichprobe dürfte hier zu genaueren Ergebnissen kommen und den Einfluss von Ausreißern senken. Die Abbildungen 3.10 bis 3.15 zur Stromkreis- und Sicherungsmodernisierung zeigen, dass bei einem Großteil der Gebäude / Wohnungen noch keine Modernisierungen der Stromkreise und Sicherungssysteme vorgenommen wurden und diese in über 60% der Fälle älter als 30 Jahre sind. Dies kann zum einen daran liegen, dass bei regelmäßigen Renovierungen, wie Tapeten oder Bodenbelägen, an die Modernisierung der Elektroinstallation nicht gedacht wurde. Getreu dem Grundsatz: „Es funktioniert doch, warum soll ich was ändern und Geld ausgeben?“, oder aber auch, weil schlicht und ergreifend das nötige Wissen fehlt, dass auch Elektroinstallationen eine gewisse Lebensdauer von 30-40 Jahren haben und dann ersetzt werden sollten. Das heißt, den Umfrageteilnehmern sind die Gefahren alter Leitungen und Sicherungssysteme nicht bekannt. Außerdem scheint den Teilnehmern unbekannt zu sein, dass die damals verlegten Leitungen den heutigen Anforderungen nicht gerecht werden und modernisiert werden müssen. Dass zur überhaupt erfolgten Stromkreis- und Sicherungsmodernisierung in den Abbildungen 3.10 & 3.13 mit „weiß nicht / keine Angabe“ geantwortet wurde, kann daran liegen, dass diese Umfrageteilnehmer in Mietwohnungen wohnen, in denen der Vermieter, unter anderem, für die Instandhaltung verantwortlich ist, sodass es den Mieter, fälschlicherweise, nicht interessiert, ob die Elektroinstallation noch den aktuellen Gebrauchsgewohnheiten entspricht.

Das gezeigte Umfrageergebnis in Abbildung 3.16, dass bei 8% der Umfrageteilnehmer nur Fehlerstromschutzschalter verbaut seien, darf angezweifelt werden, da es doch sehr unwahrscheinlich ist, dass in einem Haus / einer Wohnung keine weiteren Sicherungstypen, wie zum Beispiel Schmelzsicherungen oder Leitungsschutzschalter, eingebaut sind. Dieses Ergebnis ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Umfrageteilnehmer die Möglichkeit zur Mehrfachauswahl nicht wahrgenommen oder überlesen haben, oder aber Sie mit den unterschiedlichen Sicherungstypen nichts anfangen können. Selbst wenn sie im Sicherungsschrank nachgeschaut haben, welche Sicherungen verbaut sind, so ist nur auf den Fehlerstromschutzschaltern die Typbezeichnung aufgedruckt. Auf den Leitungsschutzschaltern fehlt diese, beziehungsweise ist aufgrund der kleineren Bau-

größe kein Platz, für weitere Angaben, neben den notwendigen Kenngrößen (vergleiche dazu Abbildungen 3.2 & 3.3).

Die Umfrage hat aber auch gezeigt, dass erst in 52% der Gebäude / Wohnungen Fehlerstromschutzschalter installiert sind, das heißt, dass in 48% der Fälle diese wichtige Schutzeinrichtung zum Schutz der Bewohner fehlt. Dies ist steht in direktem Zusammenhang mit den ausgebliebenen Modernisierungen, da ausgereifte Fehlerstromschutzschalter erst Anfang der 1950er für den breiten Einsatz bei den Stromkunden präsentiert wurden [29].

Laut 3. EU-Binnenmarktpaket müssen in allen Mitgliedsstaaten bis 2020 80% der Verbraucher mit „intelligenten“ Messsystemen (Smart Metern) ausgestattet sein, sofern dies technisch machbar und finanziell vertretbar ist. Die Umfrage hat jedoch gezeigt dass, dieses Ziel noch in weiter Ferne liegt. Da Smart Meter zur Zeit nur für Neubauten und „größere Renovierungen“ vorgeschrieben sind (vergleiche EnWG §21b), besteht keine Pflicht zum Austausch vorhandener Zähler. Man kann daher davon ausgehen, dass gerade dieser Umstand und auch wieder die fehlenden Modernisierungen, der Grund dafür sind, dass bei fast 80% der Umfrageteilnehmern noch einfache / doppelte Drehstromzähler verbaut sind.

4

Schlussbetrachtung

4.1 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass viele Elektroinstallationen, wie vermutet, ihre Lebensdauer erreicht, beziehungsweise überschritten haben. Diese Arbeit hat des Weiteren gezeigt, dass sich anscheinend eine nicht zu unterschätzende Anzahl von Umfrageteilnehmern überhaupt nicht über die Gefahren einer veralteteten und mittlerweile überlasteten Elektroinstallation bewusst ist, oder diese billigend in Kauf nimmt.

Es konnte außerdem gezeigt werden, dass sich trotz einer relativ geringen Stichprobe, belastbare Ergebnisse gewinnen lassen.

Das Ziel der Zustandserhebung der Hauselektrouinstallationen in privaten Gebäuden in Lübbecke inklusiv seiner Stadtteile wurde damit erreicht. Des Weiteren hat diese Arbeit zwei Möglichkeiten zur Datenerfassung und -Auswertung aufgezeigt. Weitere Überlegungen zur weitergehenden Untersuchung und Analyse werden in Abschnitt 4.3 besprochen.

4.2 Fazit

Es hat sich gezeigt, dass viele Leitungen viel zu alt sind für die modernen Anforderungen. Die Elektroinstallationen sind auch heute schon ohne den zusätzlichen Anschluss

von Elektrofahrzeugen, zum Zwecke der Ladung, oftmals aufgrund der schon vorhandenen Elektrogeräte überlastet. Die Leitungen waren und sind dafür einfach nicht ausgelegt.

Es ist daher dringend erforderlich, dass diese Installationen modernisiert werden. Zum einen um die Brandgefahr, die durch die überlasteten und alten Leitungen vorhanden ist, zu beseitigen und zum anderen um die Gebäude / Wohnungen fit für die Zukunft zu machen. Der Energiebedarf wird aller Voraussicht nach nicht kleiner werden, beziehungsweise es werden immer mehr Verbraucher hinzukommen, die die Leitungen zusätzlich belasten. Auch im Hinblick auf E-Mobilität und Smart Grid, und die damit verbundenen Voraussetzungen an die Infrastruktur, sind Modernisierungen zwingend erforderlich.

4.3 Ausblick

Für die Zukunft und weitere Untersuchungen sind einige Punkte von besonderem Interesse.

Da sich bei der Durchführung gezeigt hat, dass es, wie bei vielen Umfragen, schwierig ist, Personen zur Teilnahme zu bewegen, bleibt zu überlegen, ob diese Befragung zum Alter und der verbauten Elektroinstallationen, zum Beispiel, Teil der Befragungen / Erhebungen des Statistischen Bundesamtes werden sollte. Auch um damit eine flächendeckende Erfassung dieser Daten zu ermöglichen und ein genaues Bild der in Deutschland vorhandenen Elektroinstallationen zu bekommen..

Eine andere Möglichkeit wären Haus zu Haus Klingelaktionen. Dies würde jedoch einen erheblichen Einsatz von Personal nach sich ziehen und nicht zu unterschätzende Kosten verursachen.

Zu überlegen wäre auch, ob man über die Elektromeisterbetriebe die Kunden dieser Betriebe befragt. Dabei wäre hier jedoch zu bedenken, dass dann nur die Gebäude / Wohnungen erfasst würden, bei denen auch etwas an der Elektroinstallation gemacht wurde. Das heißt, die Gebäude / Wohnungen, bei denen nichts gemacht wurde, bleiben außen vor und man erhält von diesen keine Daten.

Um dem entgegenzuwirken, wäre eine weitere Variante weitere Berufsgruppen wie zum Beispiel Brandsachverständige mit ins Boot zu holen. Diese könnten dann zumindest die Fälle, in denen es schon zu spät ist, mit in die Datenerhebung einbringen.

Interessant für weitere Befragungen sind dann auch nicht nur Privathaushalte, sondern auch öffentliche Gebäude und Einrichtungen, sowie Industriebetriebe, um das Bild der vorhandenen Elektroinstallationen auf alle Gebäude / Einrichtungen / Betriebe zu erweitern und einen allgemeinen Überblick zu erhalten.

Weiter zu bedenken ist auch eine Anpassung des Fragebogens selbst, da sich ja bereits während der Umfrage gezeigt hat, dass die Teilnehmer zunächst nichts mit den Sicherungen / Stromzählern anzufangen wussten. Bilder sollten / haben hier teilweise Abhilfe geschaffen, teilweise aber auch nicht. Dies zeigte die Diskussion über die verbauten Sicherungen in Abschnitt 3.4. Eine Möglichkeit wäre zum Beispiel erklärende Texte zu den Sicherungs- und Zählerarten einzufügen.

Zu überlegen bleibt auch, ob man die Art des Gebäudes / Wohnung (Einfamilienhaus, Doppelhaushälfte, Wohnung [gemietet, Eigentum], und weitere) mit in den Fragebogen aufnehmen sollte, um bei keinen Angaben vielleicht zuordnen zu können, dass Mieter nicht unbedingt wissen können, wann ein Haus gebaut / saniert wurde.

Für weitere Umfragen und Auswertungen bleibt auch noch zu klären, wie man mit den anderen „weiß nicht / keine Angabe“ verfährt. Ob zum Beispiel die konservative Annahme zum Alter der Stromkreise und Sicherungen so sinnvoll ist, oder ob diese Angaben beim Stromkreis- und Sicherungsalter überhaupt nicht berücksichtigt werden sollen, bleibt zu diskutieren.

Abschließend lässt sich aber auf jeden Fall sagen, dass eine weiterführende Untersuchung angesichts der in dieser Arbeit gezeigt gravierenden Mängel bei den Elektroinstallationen wünschenswert, wenn nicht sogar notwendig, ist. Auch um in einem weiteren Schritt die quantitativen Risiken zu ermitteln, die sich beim Anschluss von Elektrofahrzeugen zum Zwecke der Aufladung an diesen Elektroinstallationen ergeben.

Literaturverzeichnis

- [1] ABB, *Fehlerstrom-Schutzschalter (RCCB) Baureihe F 200 A - Technische Daten*, Druck Nr. 2CDC 420 009 D0101, ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, Heidelberg, Online verfügbar: [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/a8b249632b6416a2c12574b7003488ed/\\$file/2CDC420009D0101.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/a8b249632b6416a2c12574b7003488ed/$file/2CDC420009D0101.pdf), abgerufen zuletzt am 20.01.2014 um 16:17 Uhr
- [2] Aktionsbündnis Eisenbahnstrecke Bassum-Bünde e.V., Online verfügbar: <http://www.aebb.de/>, abgerufen zuletzt am 09.01.2014 um 10:52 Uhr
- [3] Schulz, Torsten, Dipl. Ing., *Fehlerstromschutzschalter*, Brieselang.NET e.K., Online verfügbar: <http://www.brieselang.net/fehlerstromschutzschalter.php>, abgerufen zuletzt am 20.01.2014 um 15:50 Uhr
- [4] Bundesregierung Deutschland, *Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung*, Bundesministerium für Verkehr und digital Infrastruktur, S.2, August 2009, Online verfügbar: http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/nationaler-entwicklungsplan-elektromobilitaet.pdf?__blob=publicationFile, abgerufen zuletzt am 09.01.2014 um 11:22 Uhr
- [5] DKE, *Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)*, Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Komitee K 221, 06. November 2008, Online verfügbar: <http://www.dke.de/de/Service/Installationstechnik/Seiten/Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen%20RCDs.aspx>, abgerufen zuletzt am 20.01.2014 um 15:36 Uhr
- [6] *Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG)*, Bundesgesetzblatt I S. 2074, 25. Oktober 2008, Online verfügbar: <http://www.>

gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eeg_2009/gesamt.pdf, abgerufen zuletzt am 15.01.2014 um 11:27 Uhr

- [7] Elektro+, Modernisierungsratgeber, GED Gesellschaft für Energiedienstleistung GmbH & Co. KG, Arbeitskreis Kommunikation der Initiative ELEKTRO+, Online verfügbar: <http://www.elektro-plus.com/pdf/broschuere-modernisierung.pdf>, abgerufen zuletzt am 24.01.2014 um 00:57 Uhr
- [8] *MeRegio - Intelligenz im Stromnetz*, EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Online verfügbar: <http://www.enbw.com/unternehmen/konzern/innovation-forschung/energiesystem/meregio/index.html>, abgerufen zuletzt am 23.01.2014 um 10:50 Uhr
- [9] Paschotta, Rüdiger, Dr., *Das RP-Energie-Lexikon - Stromzähler*, Online verfügbar: <http://www.energie-lexikon.info/stromzaehler.html>, abgerufen zuletzt am 22.01.2014 um 17:24
- [10] *Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG)*, Bundesgesetzblatt. I S. 3746, 07. Juli 2005, Online verfügbar: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/enwg_2005/gesamt.pdf, abgerufen zuletzt am 22.01.2014 um 10:32 Uhr
- [11] Zander, Hartmut, *Elektrische Anlage im Altbau: Sicherheit geht vor*, Initiative ELEKTRO+, Presseinformation, 15.10.2013, Online verfügbar: <http://www.elektro-plus.com/aktuelles/detail/elektrische-anlage-im-altbau-sicherheit-geht-vor>, abgerufen zuletzt am 09.01.2014 um 09:13 Uhr
- [12] European Smart Metering Alliance, *Final Report*, Seite 9, Januar 2010, Online verfügbar: http://www.eaci-projects.eu/iee/fileshow.jsp?att_id=13065&place=pa&url=ESMA_Publishable_Report.pdf&prid=1564, abgerufen zuletzt am 22.01.2014 um 16:56 Uhr
- [13] EVB Energie AG, *Intelligenter Zähler*, Wikimedia Commons, 12.08.2008, Online verfügbar: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Intelligenter_zaeehler-Smart_meter.jpg, abgerufen zuletzt am 22.01.2014 um 17:17 Uhr

- [14] Information und Technik Nordrheinwestfalen, *Kommunalprofil Lübbecke, Stadt*, Geschäftsbereich Statistik, Landesdatenbank, Stand 18.11.2013, Online verfügbar: <http://www.it.nrw.de/kommunalprofil/105770020.pdf>, abgerufen zuletzt am 09.01.2014 um 09:16 Uhr
- [15] Janisch, Josef, *Kleiner Effekt – Große Wirkung* elektronik industrie, Nr. 07/2006, Online verfügbar: <http://www.all-electronics.de/media/file/4026>, abgerufen zuletzt am 22.01.2014 um 16:39 Uhr
- [16] Johanna83, *smeltveiligheid*, Wikimedia Commons, 13.05.2007, Online verfügbar: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Smeltveiligheid.jpg>, abgerufen zuletzt am 24.01.2014 um 01:05 Uhr
- [17] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, *Handbuch für die Ausbildung im Bereich „Elektrische Anlagen“ in den Berufen Fachkraft für Abwassertechnik und Fachkraft für Wasserversorgungstechnik*, Kapitel 5 - Überstromschutzeinrichtungen, Online verfügbar: http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/sondersam/hndbetec/09_k5_web.pdf, abgerufen zuletzt am 15.01.2014 um 10:38 Uhr
- [18] Stadt Lübbecke, Die Geschichte der Stadt Lübbecke, Online verfügbar: <http://www.luebbecke.de/showobject.phtml?La=1&object=tx|522.1864.1|522.1.1&NavID=522.28&kat=&kuo=1&sub=0>, abgerufen zuletzt am 09.01.2014 um 09:56 Uhr
- [19] *Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung - NAV)*, Bundesgesetzblatt I S. 2477, 1. November 2006, Online verfügbar: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/nav/gesamt.pdf>, abgerufen zuletzt am 15.01.2014 um 11:34 Uhr
- [20] Netzgesellschaft Lübbecke mbH, *Versorgungsgebiet*, Lübbecke, Online verfügbar: http://www.netzgesellschaft-luebbecke.de/fileadmin/files/Energielieferanten_Strom/Versorgungsgebiet.pdf, abgerufen zuletzt am 09.01.2014 um 14:36 Uhr
- [21] Hegerding, Frank, *Persönliches Gespräch*, Netzgesellschaft Lübbecke mbH, Netzvertrieb, persönliches Gespräch fand am 24.10.2013 statt

- [22] Netzgesellschaft Lübbecke mbH, *HT und NT Zeiten Netzgesellschaft Lübbecke mbH*, Lübbecke, Online verfügbar: http://www.netzgesellschaft-luebbecke.de/fileadmin/files/Energielieferanten_Strom/Schaltzeiten_Strom_Luebbecke.pdf, abgerufen zuletzt am 22.01.2014 um 13:37 Uhr
- [23] Netzgesellschaft Lübbecke mbH, *Netzstrukturdaten*, Lübbecke, Stand 31.12.2012, Online verfügbar: <http://www.netzgesellschaft-luebbecke.de/energielieferanten/strom/netzstrukturdaten.html>, abgerufen zuletzt am 09.01.2014 um 09:13 Uhr
- [24] Phoenix Contact, *Energie- und Strommesstechnik - Wandeln, messen und überwachen*, Phoenix Contact Deutschland GmbH, 2012, Online verfügbar: https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads_ed/global/web_dwl_promotion/52000777_BRO_DE_DE_ENERGIEMESSTECHNIK.pdf, abgerufen zuletzt am 22.01.2014 um 16:37 Uhr
- [25] Quistnix, *Kilowattuhrmeter met dubbel tarief*, Wikimedia Commons, 14.02.2005, Online verfügbar: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kilowattuhrmeter_dubbel_tarief.jpg, abgerufen zuletzt am 22.01.2014 um 14:24 Uhr
- [26] *Wir sagen, was dahintersteckt. Begriffe, die im Zusammenhang mit der Energieversorgung von morgen häufig fallen, und ihre Bedeutung*, RWE Rheinland Westfalen Netz AG, Online verfügbar: <http://www.rwe.com/web/cms/mediablob/de/496876/data/496884/1/factbook/Factbook.pdf>, abgerufen zuletzt am 23.01.2014 um 11:19 Uhr
- [27] Sanders, Jan, Dr. Ing., *Smart Meter Security Infrastructure: Some Observations*, AG RVS, Technische Fakultät, Universität Bielefeld, 14.05.2012, Online verfügbar: <http://rvs.uni-bielefeld.de/publications/WhitePapers/SmartMetersSanders.pdf>, abgerufen zuletzt am 22.01.2014 um 11:14 Uhr
- [28] Schaller, Helmut, Dipl.Ing., *Grundlagen der Elektrotechnik - Aufbau und Beschreibung eines mechanischen Wechselstromzählers*, didatronic, Online verfügbar: <http://www.didatronic.de/El-Grundlagen/arbeit2.htm>, abgerufen zuletzt am 22.01.2014 um 10:59 Uhr

- [29] Schwenkhagen H. F., *Die Fehlerstromschutzschaltung, eine neue Form der Schutzerdung*, Elektro-Anzeiger, Zeitschrift für die gesamte Elektro- und Rundfunkwirtschaft, Ausgabe 51/52, 29. Dezember 1951, (S. 488 ff.).
- [30] Stadtwerke Lübbecke GmbH, *Geschäftsbericht 2012*, Online verfügbar: https://www.stadtwerke-luebbecke.de/fileadmin/pdf/Geschaeftsbericht_SWL_2012.pdf, abgerufen zuletzt am 09.01.2014 um 13:44 Uhr
- [31] Stadtwerke Lübbecke GmbH, *Erste öffentliche Ladesäule in Lübbecke*, Lübbecke, 02.11.2012, Online verfügbar: [https://www.stadtwerke-luebbecke.de/aktuellespresse/detailansicht/?tx_ttnews\[tt_news\]=17](https://www.stadtwerke-luebbecke.de/aktuellespresse/detailansicht/?tx_ttnews[tt_news]=17), abgerufen zuletzt am 09.01.2014 um 14:43 Uhr
- [32] Stadtwerke Lübbecke GmbH, *Erfahrungen zur E-Mobilität*, Lübbecke, Online verfügbar: <https://www.stadtwerke-luebbecke.de/e-mobilitaet/erfahrungen/>, abgerufen zuletzt am 23.01.2014 um 23:06 Uhr
- [33] TUBS, *Positionskarte von Deutschland mit Gewässern*, Wikimedia Commons, 30.11.2011, Online verfügbar: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Relief_Map_of_Germany.svg, abgerufen zuletzt am 23.01.2014 um 22:32 Uhr
- [34] Statistisches Bundesamt, *Zensus 2011 - Gebäude und Wohnungen - Bundesrepublik Deutschland am 9. Mai 2011*, Statistische Bundesamt Wiesbaden, Mai, 2013, Online verfügbar: <https://ergebnisse.zensus2011.de/auswertungsdB/download?pdf=00&tableId=1&locale=DE&gmdblt=1>, abgerufen zuletzt am 09.01.2014 um 09:13 Uhr
- [35] Statistisches Bundesamt, *Zensus 2011 - Gebäude und Wohnungen - Gemeinde Lübbecke, Stadt am 9. Mai 2011*, Statistische Bundesamt Wiesbaden, Mai, 2013, Online verfügbar: <https://ergebnisse.zensus2011.de/auswertungsdB/download?pdf=057700020020&tableId=1&locale=DE&gmdblt=1>, abgerufen zuletzt am 27.01.2014 um 10:40 Uhr
- [36] ZVEI, *Sichere Elektroinfrastruktur - Teil der Energiewende*, ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Fachverband Installationsgeräte und -systeme

- [37] ZVEI, Selektivität, ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Online verfügbar; <http://www.sicherungen.de/de/?site=selektivitaet>, abgerufen zuletzt am 24.01.2014 um 10:04 Uhr
- [38] Zwerschke, Andreas, *Brandschutzschalter (AFDD) - Die Innovation in der europäischen Elektroinstallation*, Siemens, Fachtagung der Handwerkskammer Frankfurt (Oder) - Region Ostbrandenburg, des Landesinnungsverbandes der Elektrotechnischen Handwerke Berlin-Brandenburg, der Elektroinnungen Frankfurt (Oder), Märkisch Oderland und Oder-Spree am 09.04.2013, Online verfügbar: <http://www.kreishandwerkerschaft-oder-spree.de/downloads/afdd-fachvortrag-siemens-09042013.pdf>, abgerufen zuletzt am 21.01.2014 um 17:31 Uhr

Abbildungsverzeichnis

2.1	Positionskarte von Lübbecke in Deutschland inklusiv Gewässern	6
2.2	Das Versorgungsgebiet der Netzgesellschaft Lübbecke mbH . . .	7
2.3	Investitionen ins Stromnetz 2005-2012	8
2.4	Aufbau Sicherungseinsätze	12
2.5	Aufbau Schmelzeinsatz	13
2.6	Aufbau Leitungsschutzschalter	14
2.7	Vergleich der Schutzleistung von Leitungsschutzschaltern und Schmelzsicherungen mit Brandschutzschaltern bei Störlichbögen	15
2.8	Technischer Aufbau eines Fehlerstromschutzschalters	16
2.9	Verfügbarkeit von Fehlerstromschutzschaltern mit und ohne Betätigung der Prüftaste	17
2.10	Die Strom-Zeit-Kurve eines allgemeinen unverzögerten FI-Schutzschalters mit 30 mA und eines selektiven FI- Schutzschalters mit 100 mA	19
2.11	Die 5 Phasen zur Entstehung eines stabilen Störlichbogens . . .	20
2.12	Aufbau eines mechanischen Wechselstromzählers	22
2.13	Mehrtarif-Stromzähler, Messung nach dem Ferrarisprinzip	23
2.14	Intelligenter elektronischer Stromzähler nach EEC Standard mit interner Leistungsbegrenzung, Abschalt einrichtung und Informa- tionsdisplay	25
3.1	Schmelzsicherung	32
3.2	Leitungsschutzschalter	32
3.3	Fehlerstromschutzschalter	33
3.4	einfacher Drehstromzähler	33

3.5	doppelter Drehstromzähler	34
3.6	Smart Meter / intelligenter Stromzähler	34
3.7	Verteilung der Umfrageteilnehmer auf die Stadtteile/Versorgungsgebiete	36
3.8	Baujahre der Häuser/Wohnungen (unterteilt in 10-Jahresschritte)	37
3.9	Alter der Häuser/Wohnungen (unterteilt in 10-Jahresschritte) . .	38
3.10	Übersicht über die erfolgte oder nicht erfolgte Modernisierung des Stromkreises	38
3.11	Zeitpunkt der erfolgten Stromkreismodernisierung	39
3.12	Alter des Stromkreises	40
3.13	Übersicht über die Modernisierung des Sicherungssystems . . .	40
3.14	Zeitpunkt der erfolgten Sicherungsmodernisierung	41
3.15	Alter des Sicherungssystems	42
3.16	Aufschlüsselung der verbauten Sicherungsarten nach Sicherungskombination	43
3.17	Aufschlüsselung der verbauten Zählerarten nach Stromzählerkombination	43
3.18	Gebäudealter der Stadt Lübbecke laut Statistischem Bundeamt .	45
3.19	Gebäudealter Deutschlands laut Statistischem Bundeamt	45

Tabellenverzeichnis

2.1	Netzstrukturdaten der Netzgesellschaft Lübbecke mbH	10
D.1	Rohdaten der Umfrage zur Hauselektroinstallation	64

D

Daten

Die in Tabelle D aufgeführten Daten zeigen die Rohdaten aus dem Umfrage-Tool Graf-Stat mit Stand vom 23.01.2014 - 12:00 Uhr. Auf diesen Daten beruht die Auswertung in Abschnitt 3.3. Dabei entsprechen die Buchstaben in den einzelnen Spalten den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten.

Tabelle D.1: Rohdaten der Umfrage zur Hauselektroinstallation

Stadtteil	Baujahr	Stromkreis- modernisierung	Alter Stromkreis- modernisierung	Sicherungs- modernisierung	Alter Sicherungs- modernisierung	Sicherungs- arten	Strom- zähler- art
b	1840	a	2005	a	2005	ABC	A
e	2001	b		a	2011	BC	C
d	1982	b		b		A	A
e	1900	a	1999	a	1999	ABC	A
e	1980	b		a	2008	BC	A
e	1934	a	2000	a	2000	BC	A
e	1960	a	2012	b		A	A
d	1865	a	1975	a	1975	BC	C
e	1970	b		b		AB	A
d	1900	c		c		C	A
d	1900	c		c		C	A
e	1903	a	1999	a	1999	BC	AB
d	1982	b		b		AC	A
e	1970	b		b		B	A
e	1970	a	2001	a	2001	BC	C
e	1950	c		b		A	A
f	1994	b		b		C	A
d	1990	b		b		C	A

e	1996	c		c		B	A
e	1951	c		c		B	A
e	1936	a	2013	a	2013	BC	A
d	1961	b		a	1985	B	B
e	1958	a	2000	a	2012	BC	A
e	1992	b		c		B	B
i	1993	b		b		B	A
e	1964	c		c		B	A
i	1902	a	2012	a	2012	BC	A
f	1960	b		b		ABC	BC
b	1926	a	2012	a	2012	BC	C
e	1964	b		a	2004	B	A
e	1960	c		c		AB	A
b	1928	a	1971	a	1971	BC	A
b	2006	b		b		BC	A
b	1973	a	2008	a	2008	BC	A
b	1903	a		a		A	A
b	1985	b		a	2012	ABC	AC
b	1900	a	1977	a	1977	ABC	BC
b	1901	a	2007	a	2007	AB	A
g	1936	a	1997	a	1997	BC	A
b	1971	b		b		D	D
b	1909	a	1998	a	1998	ABC	A

b	1909	a	1998	a	1998	ABC	A
b	1909	a	1998	a	1998	BC	A
b	2001	b		b		BC	B
e	1954	a	1992	b		BC	A
e	1980	b		b		B	A
e	1910	b		a	2013	ABC	A
e	1992	b		b		BC	A
d	1995	b		b		BC	A
f	1905	a	1962	a	1962	ABC	A

Legende:

- Stadtteil: a=Alswede, b=Blasheim, c=Eilhausen, d=Gehlenbeck, e=Kernstadt, f=Nettelstedt, g=Obermehnen, h=Stockhausen, i=weiß nicht / keine Angabe
- Stromkreismodernisierung: a=ja, b=nein, c=weiß nicht / keine Angabe
- Sicherungsmodernisierung: a=ja, b=nein, c=weiß nicht / keine Angabe
- Sicherungsarten: A=Schmelzsicherung, B=Leitungsschutzschalter, C=Fehlerstromschutzschalter, D= weiß nicht / keine Angabe, E=Sonstiges
- Stromzähler: A=einfacher Drehstromzähler, B=doppelter Drehstromzähler, C=Smart Meter / intelligenter Stromzähler, D=weiß nicht / keine Angabe

Hiermit versichere ich, dass ich diese Masterarbeit selbständig bearbeitet habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und entsprechende Zitate kenntlich gemacht. Alle verwendeten Grafiken und Bilder wurden, sofern nicht anders angegeben, von mir selbst erstellt.

Bielefeld, den 27. Januar 2014

Christoph Goeker