15. Symposium Energieinnovation, 14. bis 16. Februar 2018, Technische Universität Graz, www.EnInnov.TUGraz.at
ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

„Einführung eines Diagnosemanagementsystems für Mittelspannungskabel bei der KNG-Kärnten Netz GmbH“

Hans-Jürgen Wernegger[1], Karl Schoaß[2], Rudolf Woschitz[3], Bernhard Heine[4]

[1)] KNG-Kärnten Netz GmbH, Abteilung Diagnose und Instandhaltung HS, Kirchengasse 104, A-9020 Klagenfurt am Wörthersee, +43 (0)50525 1245, hans-juergen.wernegger@kaerntennetz.at, http://www.kaerntennetz.at/

[2)] KNG-Kärnten Netz GmbH, Abteilung Instandhaltung NS/MS, Arnulfplatz 2, A-9020 Klagenfurt am Wörthersee, +43 (0)50525 2500, karl.schoass@kaerntennetz.at, http://www.kaerntennetz.at/

[3)] Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement, Inffeldgasse 18, A-8010 Graz, Tel.: +43 316 873 7410, woschitz@tugraz.at

[4)] Versuchsanstalt für Hochspannungstechnik Graz GmbH, Inffeldgasse 18, A-8010 Graz, Tel.: +43 316 873 7420, bernhard.heine@tugraz.at

Kurzfassung: Eine Häufung von fertigungsbedingten Qualitätsmängeln neuer Mittelspannungskabel, die bestehende Altersstruktur des Kabelmengengerüsts und die Forderung einer nachhaltigen Instandhaltungsstrategie (technisch / wirtschaftliches Optimum) waren die Auslöser einer, dem „Stand der Technik“ angepassten, Untersuchung des Themenkomplexes „Diagnosemanagementsystems für Mittelspannungskabel“ bei der KNG Kärnten Netz GmbH (in weiterer Folge kurz KNG). Die Untersuchung wurde in Form einer Studie mit der TU-Graz, Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement durchgeführt. Beginnend mit einem kurzen Abriss betreffend dem „Stand der Technik“ von Kabelanlagen und einem Überblick über die dzt. gültige Normenwelt auf diesem Gebiet folgte eine Gegenüberstellung unterschiedlicher Qualitätsmanagementsysteme und deren Eignung als Qualitätsmanagementsystem für Kabelanlagen bei der KNG. In diesem Zusammenhang wurde auch das seit 2015 bei der Kelag/KNG eingeführte Präqualifikationsverfahren von Kabelherstellerwerken evaluiert und Empfehlungen betreffend Wareneingangskontrolle mit Qualitätsprüfung bei neuen Mittelspannungskabeln abgegeben. Einen weiterer Schwerpunkt der Studie bildeten die möglichen Diagnosemethoden bei Mittelspannungskabelanlagen samt deren Anwendungsbereiche, Bewertungsparameter und deren Aussagekraft hinsichtlich Zustandsermittlung. Um eine nachhaltigen Instandhaltungsstrategie (technisch / wirtschaftliches Optimum) verfolgen zu können, ist neben der Wahl der optimalen Instandhaltungsstrategie eine umfangreiche Untersuchung des Mengengerüsts der Mittelspannungskabel wesentlich. Technologie, Alter, Zustand, Verlegungsart und Störungsgeschehen sind hierbei wesentliche Parameter, welche in einer leistungsstarken Kabeldatenbank archiviert werden sollen. Das Kernstück des Diagnosemanagementsystems bildet eine „Kabel–Prioritätenliste“, bei welcher allen Mittelspannungskabelstrecken (mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren) ein bestimmter

ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

Zustand und eine bestimmte Wichtigkeit zugeordnet werden kann. Abhängig von diesen beiden Parametern (Zustand und Wichtigkeit) wird dann die für die jeweilige Kabelstrecke optimal durchzuführende Instandhaltungsstrategie abgeleitet. Abgeschlossen wird die Studie mit einer Evaluierung des spezifischen Kabel-Messequipments und der Messtechnik bei der KNG, sowie zukünftige Prüf- und Diagnoseprogramme für die Inbetriebnahme neuer und Zustandsermittlung bestehender Kabelanlagen.

Keywords: Diagnosemanagement, Mittelspannungskabel, Instandhaltungsstrategie, Kabellebenszyklus, Qualitätssicherung, Analysedatenbank

1 Einleitung

Die KNG-Kärnten Netz GmbH ist eine 100 % Tochter der Kelag und für den Betrieb des Elektrizitäts- und Erdgasverteilernetzes in Kärnten mit den zugeordneten Tätigkeiten Planung, Bau, Inbetriebnahme, Wartung und Instandhaltung von Netzanlagen zuständig.

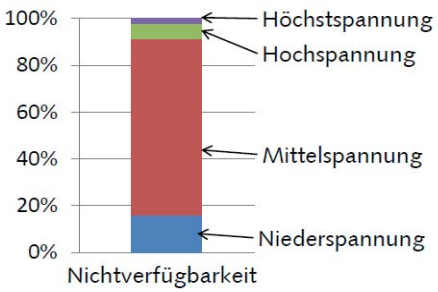


Abbildung 1) VDN – Nichtverfügbarkeitsstatistik

Eine qualitativ hochwertige, zuverlässige und verfügbare Netzinfrastruktur ist in der heutigen Zeit eine unverzichtbare Lebensader für Bevölkerung und Wirtschaft. Hinsichtlich dem Einfluss der Netzebenen auf die Qualität der Versorgung, speziell der DISQUAL Kenngröße „Nichtverfügbarkeit in [min/a]“, ist der Beitrag der Mittelspannungsnetzebene dominierend.

Ausgehend vom Jahr 1950 ist bei der KNG ein stetig steigender Beitrag des Übertragungsmediums „Kabel“ im ges. Mittelspannungsnetz zu erkennen.

Die Aufteilung auf die unterschiedlichen Kabeltechnologien für das Jahr 2016 schaut hierbei wie folgt aus:

- Massekabel, Gesamtlänge ca. 450 km, überwiegend in den 60er und 70er Jahren errichtet
- PE-Kabel, Gesamtlänge ca.550 km, überwiegend in den 70er und 80er Jahren errichtet
- VPE-Kabel, Gesamtlänge ca. 1850 km, seit den 90er Jahren im Einsatz – dzt. „Stand der Technik“ bei der KNG

Die Tatsache, dass Mittelspannungskabel die erwartete Lebensdauer teilweise unterschreiten und das Problem, dass unerwartete Ausfälle hohe Kosten verursachen, waren die Auslöser dieser umfangreichen Studie in Kooperation mit dem Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement der TU-Graz.

ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

2 Methodik

Zur Übersichtlichkeit und besseren Themenabgrenzung des umfangreichen Stoffgebietes wurde die Studie in 6 Arbeitspakete aufgegliedert.

3 Ergebnisse

3.1 Aufbau und Stand der Technik von Mittelspannungskabelanlagen

Der „Stand der Technik“ auf dem Gebiet der Mittelspannungskabeltechnik in der KNG ist das einadrige, längswasserdichte VPE-Energiekabel. Die Kabelquerschnitte bewegen sich i.A. zwischen 95 mm² für Stiche bis 240 mm² für UW-Ausleitungen. Die Kabel werden i.A. nicht in Sand gebettet verlegt, verfügen jedoch einen verstärkten Außenmantel.

3.2 Qualitätssicherungsstrategien bei Mittelspannungsanlagen

In diesem Kapitel sind mehrere Qualitätsmanagementsysteme (QM-System) hinsichtlich Umsetzbarkeit, Aufwand der Implementierung und anwendungsorientierte Ausrichtung als Kabel-QM-System verglichen worden. Es stellte sich heraus, dass das von KNG bereits implementierte Technische Sicherheitsmanagement (TSM) gegenüber allen anderen QM-Systemen (OHSAS 18001, ISO 14001, EMAS und ISO 9001) aufgrund folgender Punkte der Vorzug zu geben ist:

- International genormte Systeme erfordern formalen Aufwand, aufwendige Zertifizierung, externer Berater erforderlich (ISO, EMAS, OHSAS etc.)
- TSM-Leitfäden decken alle Bereiche ab und werden laufend angepasst, interne Überprüfungen erfolgen ohne fremde Hilfe
- Große Akzeptanz bei Stromnetzbetreibern durch praxisnahe Vorbereitung und Abwicklung (brancheninternes QM-System)

ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

- TSM umfasst Organisation, Qualifikation, Arbeitssicherheit, Umweltschutz, Ablauforganisation, Korrekturmaßnahmen
- TSM deckt 80 % der OHSAS-Anforderungen ab

Seit Herbst 2015 hat die KNG ein Prüfsystem nach dem Bundesvergabegesetz § 232 (BVerG) eingerichtet, mit dem Ziel auf Grundlage objektiver Prüfkriterien und Prüfregeln ein 2-stufiges Präqualifikationsverfahren für Herstellerwerke von Mittelspannungskabeln durchzuführen, das nachfolgend kurz dargestellt wird.

Stufe 1: Die Herstellerwerke erhalten einen Prüfkatalog, bestehend aus Eignungs- und Auswahlkriterien. Die Dokumentenvorprüfung der KNG erfolgt nach einem Punktebewertungssystem. Das Erreichen einer Mindestpunkteanzahl ist Voraussetzung für die nächste Stufe 2 des Präqualifikationsverfahrens.

Stufe 2: In der Stufe 2 erfolgt eine Bewertung der Herstellerwerke in Form eines Vor-Ort-Audits. Auch diese Bewertung erfolgt nach einem Punktevergabesystem, wobei ebenfalls eine Mindestpunkteanzahl für die Endbewertung gefordert ist.

In diesem Zusammenhang hat die TU-Graz eine Vereinfachung des Punkteschemas und ein Re-Audit bei „größeren“ Änderungen auf Werksebene empfohlen.

Die Qualitätssicherungsstrategie über den gesamten Lebenszyklus eines Mittelspannungskabels ist in Abbildung 2) dargestellt:

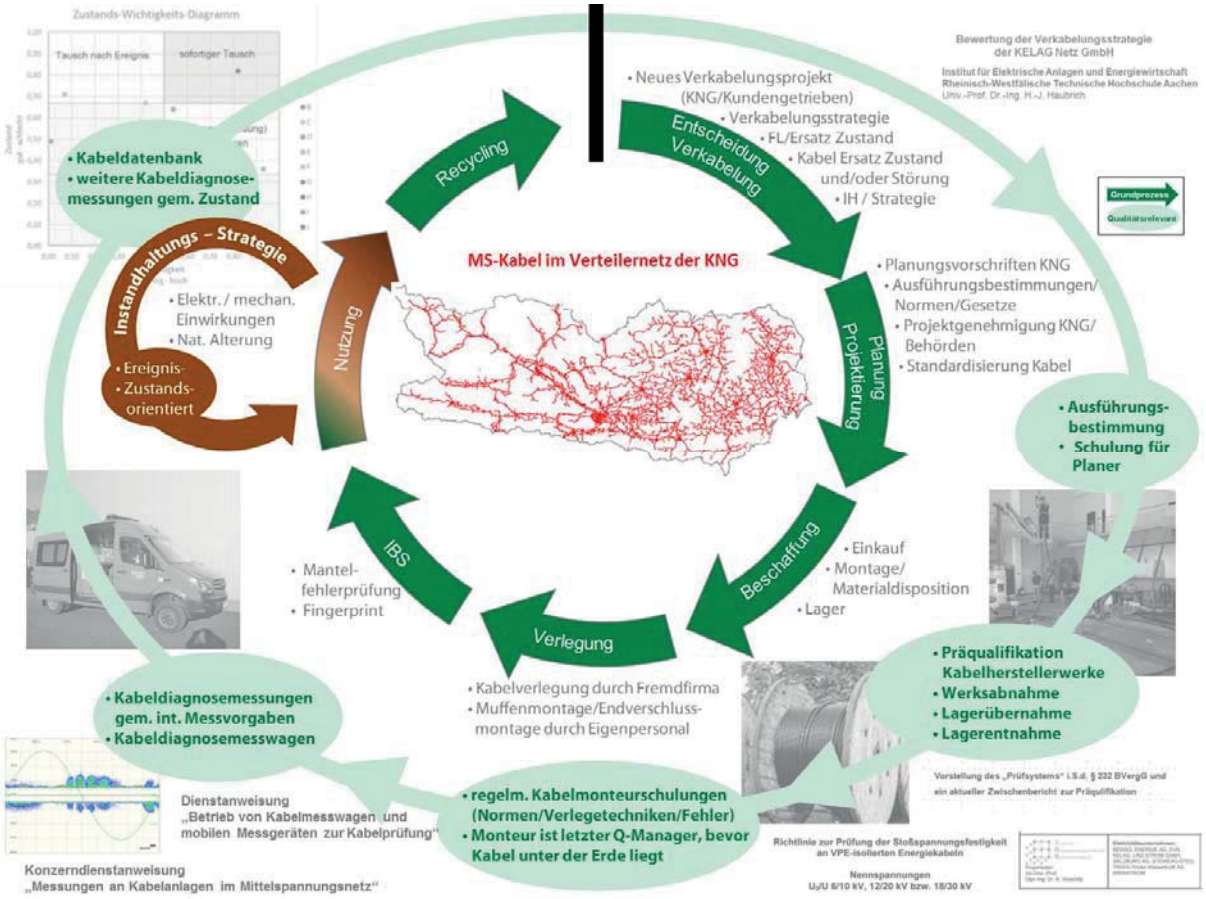


Abbildung 2) Lebenszyklus MS-Kabel

ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

In diesem Prozess wird ein gemeinsames Verständnis hinsichtlich Qualitätssicherungsmaßnahmen quer über alle Abteilungen des Kelag Konzerns erreicht.

Die Qualitätssicherungsmaßnahmen setzen sich bei der KNG im Detail aus folgenden Punkten zusammen:

- Qualitätskontrolle vor der Kabelübernahme
  - Stoßspannungsprüfungen gem. Richtlinie TU-Graz durch unabhängiges Prüflabor
  - Nichtelektrische Prüfungen – optische Kontrolle des CU-Schirmes, Bänderung und Quellvlies, äußere halbleitende Schicht
  - Kontrolle der Trommeln und der äußeren Kabellagen auf optisch erkennbare Beschädigungen durch KNG Lagermitarbeiter
  - Entnahme des Kabels aus dem Lager vor Ablauf der Gewährleistungsfrist
- Verlegung und Montage
  - Dokumentation von Muffen und Endverschlüssen
  - Regelmäßig durchzuführende Schulungen der Kabelmonteure
- Inbetriebnahme
  - Mantelprüfung
  - Prüfung der Hauptisolation „Finger Print“ und Archivierung der Messergebnisse in einer Kabeldatenbank
- Gem. IH-Strategie (Prioritätenliste) laufend durchgeführte Diagnosemessungen zur weiteren Zustandsermittlung

Eine zusätzliche Option zur Qualitätssicherung wurde mit einer Verträglichkeitsprüfung an Garnituren durch die TU-G aufgezeigt.

3.3 Diagnosemethoden bei Mittelspannungskabelanlagen

Das Ziel einer Diagnosemessung ist den Zustand eines Kabels zu ermitteln um damit die Restlebensdauer abschätzen zu können. Eine zustandsbasierten IH-Strategie kann ausschließlich mit Diagnosemessergebnissen erzielt werden. Die KNG hat sich mit der Anschaffung eines Diagnosemesswagens (Abbildung 3) im Jahr 2015 für eine zustandsbasierten IH-Strategie entschieden. Mit dem Messwagen sind folgende Diagnosemessungen durchführbar: 0,1-Hz-VLF, TE-, tan δ- und TDR-Messungen.

Abbildung 3) Kabel-Diagnosemesswagen der KNG

3.4 Evaluierung des Mengengerüsts von Mittelspannungsanlagen der KNG

Die Analyse der Mengenverteilung von Mittelspannungskabeln wurde mit Hilfe der Kabeldaten aus dem KNG Datenmaster GIS (graphisches Informationssystem) durchgeführt. Die eingebauten Kabellängen je Technologie und Einbaujahr sind aus der Abbildung 4 ersichtlich.

ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

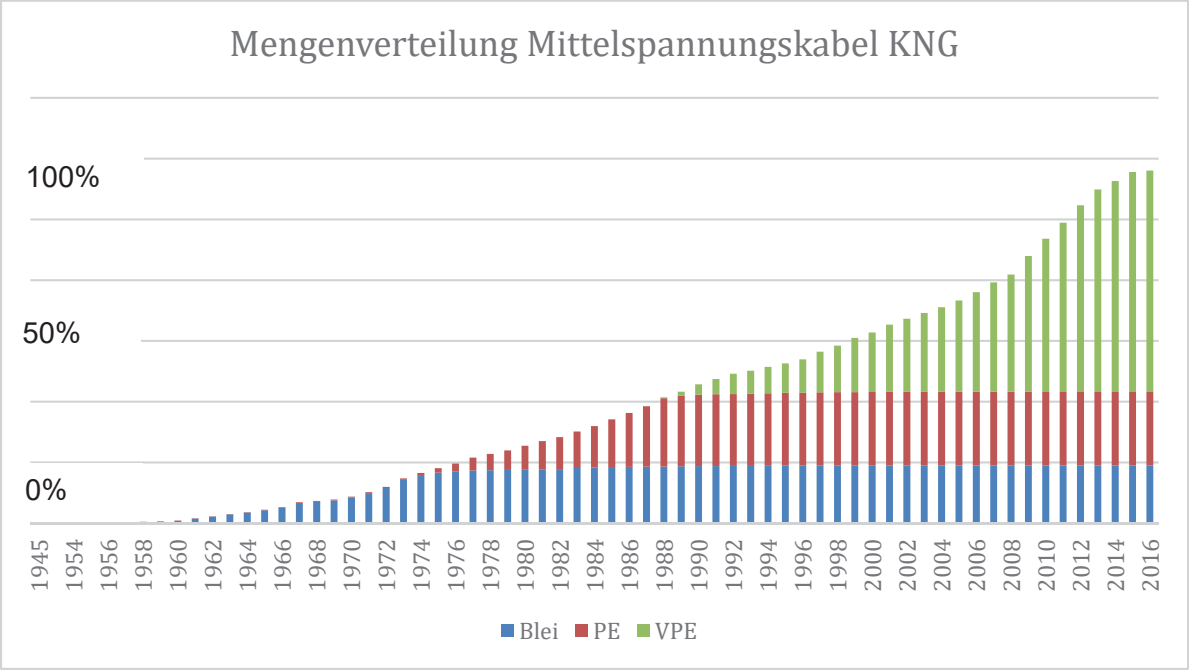


Abbildung 4) Mittelspannungskabel - Mengenverteilung der KNG

Mit diesen Daten wurden der strategischer Zustand die einzelnen Kabelabschnitte bestimmt. Der strategische Zustand eines Kabelabschnittes leitet sich dabei aus dem technischen Zustand und seiner Wichtigkeit ab. Der technische Zustand wird dabei über das Alterungsmodell abgebildet. Die Wichtigkeit hingegen wird anhand von definierten Kriterien ermittelt. Das Alterungsmodell lehnt sich dabei an die vom Hersteller bzw. die aus der Praxis sich ableitender Lebensdauer einer Kabeltype ab. Die Wichtigkeit, wie z.B. Auslastung - Schutzabschnitt - Schaltmöglichkeit - Ausfallleistung - Übertragungsleistung - Stichanbindung - Bezugsleistung am UW Abgang - Länge Stammstrecke - Redundanz - Kundenanzahl, …leitet sich dabei aus der topologischen Lage im Verteilernetz ab.

Die Priorisierung der einzelnen Kabelabschnitte erfolgte im Rahmen einer BA an der TU-Graz, Institut für Elektrische Anlagen. Die strategischen Zustände wurden in Kategorien eingeteilt, die Kategorien bilden in weitere Folge die IH-Maßnahme ab (Abbildung 5).

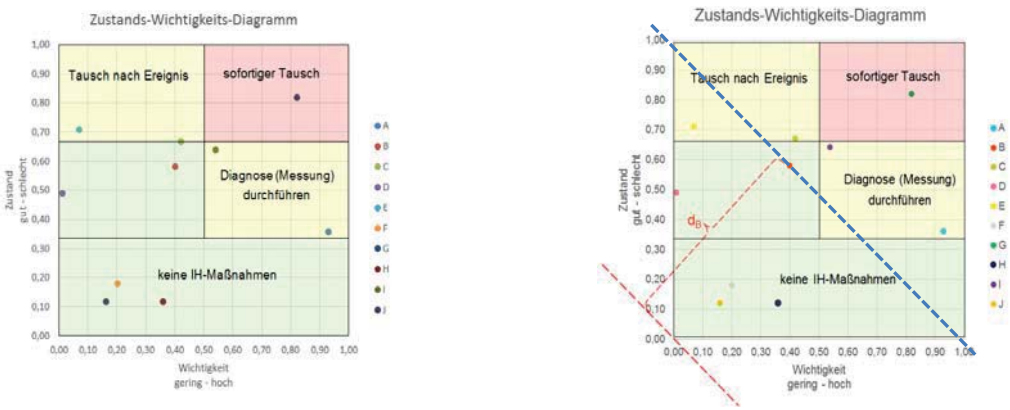


Abbildung 5) IH-Strategie Matrix allgemein (links), KNG - Priorisierung der Ergebnisse (rechts)

ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

3.5 Evaluierung des Messequipments und Messtechnik der KNG

Im Zuge dieses Arbeitspakets sind das bestehende Messequipment und die Qualifikation der KNG Prüftechniker einer kritischen Überprüfung durch eine unabhängige Stelle (TU-Graz, Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement) unterzogen worden. Zur diesem Zweck wurden an einer speziell präparierten 20-kV-Kabel-Versuchsstrecke (500 m lange Versuchskabel mit Muffen und eingebauten Fehlerstellen) mehrere Versuchsmessungen durch KNG Diagnosetechniker mit ihrem bestehenden Messequipment durchgeführt. Komplementiert wurde diese Evaluierung durch eine Vor-Ort-Diagnosemessung an einer gealterten, 550 m langen Kabelstrecke im Netz der KNG im Beisein der TU-Graz. Die, in einer eigenen Dienstanweisung „Betrieb von Kabelmesswagen und mobilen Messgeräten zur Kabelprüfung“ niedergeschriebenen, Ausbildung und Qualifikation des Prüfpersonals ist dabei durch messbegleitende Fachgespräche und Analysen der Messergebnisse überprüft und dokumentiert worden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass aufgrund der langjähriger Prüferfahrung und eines regelmäßigen Erfahrungsaustausches mit Kollegen der E-Stmk. Technik GmbH das Messpersonal eine hohe Kompetenz und Sicherheit bei der Durchführung von Messungen besitzt. Insbesondere wird hier auf die Dienstanweisung der KNG aus dem Jahre 2017 „Betrieb von Messwagen und mobilen Messgeräten zur Kabelprüfung“ verwiesen - diese Arbeitsanweisung beinhaltet alle erforderlichen Maßnahmen, sowohl in technischer Hinsicht auch in Bezug auf Sicherheit und Arbeitsschutz, zur Durchführung von qualitativ hochwertigen Vor-Ort-Prüfungen an Kabelanlagen. Das Messequipment kann dabei als dem „Stand der Technik – entsprechend“ angesehen werden.

3.6 Prüf- und Diagnoseprogramm für Mittelspannungskabelanlagen der KNG

3.6.1 Allgemeines

Um die Qualität der Kabelanlage, der Kabelverlegung und der Kabelmontage möglichst durchgängig überprüfen zu können und weiter belastbare Angaben hinsichtlich Alterungszustand eines Kabels machen können, werden bei der KNG gem. Punkt 3.2 unterschiedliche Qualitätssicherungsmaßnahmen (Prüfungen, Kontrollen und Diagnosen) an Kabelanlagen durchgeführt. Nach dem Durchführungszeitpunkt unterscheidet man zwischen Qualitätsprüfungen vor Kabelübernahme, nach Verlegung und Montage, bei der Inbetriebnahme, nach Ereignissen (Fehler oder Umlegungen) oder bei Bedarf im Zuge einer routinemäßigen Zustandsermittlung (bedingt durch eine bestimmten IH-Strategie).

3.6.2 Inbetriebnahme von Kabelanlagen

Die Spannungspegel für die Prüfung der Isolierung und des PE-Mantels (Gleichspannungsprüfung) bei der Inbetriebnahme-Prüfung sind in Abhängigkeit der Frequenz der Prüfspannung in der VDE 0276-620 festgelegt und in Tabelle 1 angegeben, wobei die KNG die Spannungsprüfung bei 0,1 Hz mit 2 U_0 mit begleitender Teilentladungsmessung durchführt. Die Reduktion von 3 U_0 auf 2 U_0 kann in Verbindung mit einer begleitenden Messung der Teilentladung als zulässig betrachtet werden.

ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

Nr.	Prüfungen	Anforderungen	Prüfverfahren
1	Spannungsprüfung an der Isolierung[1), 2)]		
1.1	Prüfwechselspannung 45 Hz bis 65 Hz – Prüfpegel (Effektivwert) $2\,U_0$ – Prüfdauer 60 min alternativ:	Kein Durchschlag	
1.2	Prüfwechselspannung 0,1 Hz – Prüfpegel (Effektivwert) $3\,U_0$ – Prüfdauer 60 min	Kein Durchschlag	
2	Überprüfung der Unversehrtheit des Kunststoffaußenmantels an verlegten Kabeln	Es wird empfohlen, bei Verwendung von Gleichspannung bei PVC- oder PE-Mänteln eine Spannung von 3 kV bzw. 5 kV nicht zu überschreiten. Hinweise auf Beschädigungen des Mantels zeigen sich in der Regel innerhalb einer Minute.	

1) Die Prüfpegel und -zeiten gelten als Vorzugswerte und sind aufgrund von derzeit vorliegenden Labor- und Netzerfahrungen festgelegt worden.

2) Endet das Kabel in einem Transformator oder in einer gekapselten Schaltanlage, so erfordert diese Prüfung eine Vereinbarung des Auftraggebers mit den Herstellern des Transformators oder der Schaltanlage.

Prüferfahrungen zeigen, dass nur äußerst schwerwiegende Montagefehler aufgedeckt werden. Diese Durchschläge treten bereits beim Hochfahren der Spannung bzw. innerhalb der ersten 15 Minuten Prüfdauer auf. 60 Minuten Prüfdauer ergeben meist keine weitere Aussage.

Tabelle 1) Prüfung der Isolierung und des PE Mantels gem. VDE 0276-620

Schlechte Absetzqualität, fehlende Aufbauelemente, unvollständige Schrumpfprozesse u. a. führen in der Regel nicht zum Durchschlag. Die Montagequalität ist mit zusätzlicher TE-Diagnose effektiv kontrollierbar. Ferner ist bei der Inbetriebnahme-Prüfung zu beachten:

- Garnituren müssen abgekühlt sein (Warmschrumpftechnik)
- einige Garnituren müssen sich „setzen“ und sind erst nach 1-2 Tagen TE-frei
- einige TE-Fehlstellen zeigen sich erst nach Lastwechselzyklen im Betrieb

Begleitend zur Spannungsprüfung wird bei der Inbetriebnahme-Prüfung auch eine Teilentladungsmessung bzw. bei Prüfwechselspannungen mit 0,1 Hz auch der Verlustfaktor gemessen. Nur durch diese „Referenzwerte“ können bei künftigen Messungen Veränderungen und Trends festgestellt und beurteilt werden.

3.6.3 Zustandsbewertung bestehender Kabelanlagen

Für ältere Kabelanlagen liegen oftmals nur Aufzeichnungen über durchgeführte Spannungsprüfungen vor. Spannungsprüfungen allein ermöglichen jedoch nur eine „Ja – Nein“-Entscheidung und geben keine Zusatzinformation über etwaige Zustandsänderungen der Isolierung. Daher ist es wichtig, dass anhand einer festgelegten Prioritätenliste eine Spannungsprüfung mit Diagnose (Verlustfaktor und Teilentladung) an den bestehenden Kabelanlagen durchgeführt werden, um deren Ist-Zustand abschätzen zu können. Es wird empfohlen, die Prüfspannung auf den Wert von $U_P = \sqrt{3}.\ U_0$ zu begrenzen, damit das Kabel nicht unnötig durch die Prüfung geschädigt bzw. gestresst wird. Begleitend dazu sind Teilentladung und Verlustfaktor zu messen.

3.6.3.1 Kunststoffkabel

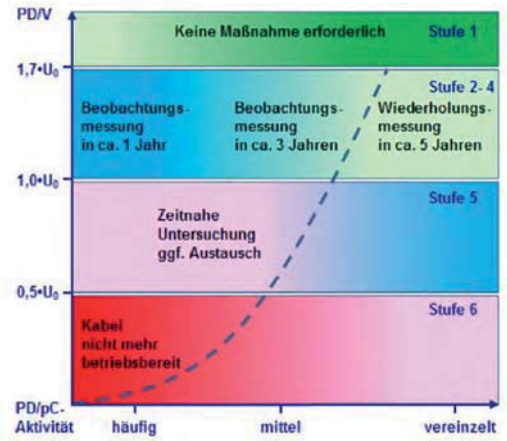
Die Messung des Verlustfaktors gibt Auskunft über den Gesamtzustand der Kabelanlage (Feuchtigkeit, water trees). Dzt. wird bei der KNG folgende Klassifizierung der Verlustfaktor-Messung (Werte x 10^{-3}) verwendet:

- < 1,2: Cable can be returned to service (KNG Bewertung 1)
- von 1,2 bis 2,2: Cable with operating risk (KNG Bewertung 2)
- von 2,2 bis 6,0 Cable with high operating risk (KNG Bewertung 3)
- > 6,0 Cable not ready to switch on (KNG Bewertung 4)

ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

Die Teilentladungsmessung (TE) dient zur Detektion von Inhomogenitäten in der Isolierung, schadhaften Muffen und Endverschlüssen und erfasst folgende Kenngrößen:

- TE-Pegel (scheinbare Ladung)
- TE-Häufigkeit
- TE-Einsetzspannung
- TE-Aussetzspannung



Watertree betroffene Kabel sind hingegen nicht mittels TE-Messung detektierbar. Für die Analyse von Kabelstrecken hat sich in der Praxis die Auswertung der TE-Messung nach einem 6-stufigen Bewertungsschema gemäß Abbildung 6 bewährt.

Stufe 1 Keine Maßnahmen erforderlich
Stufe 2 Wiederholungsmessung in ca. 5 Jahren
Stufe 3 Beobachtungsmessung in ca. 3 Jahren
Stufe 4 Beobachtungsmessung in ca. 1 Jahr
Stufe 5 Zeitnahe Untersuchung, ggf. Austausch
Stufe 6 Kabel nicht mehr betriebsbereit

Abbildung 6) Teilentladungsmessung; 6-stufiges Bewertungsschema

3.6.3.2 Massekabel

Bewertung	tan δ bei $\sqrt{3}\,U_0\,[10^{-3}]$		Δtan δ $U_0 - \sqrt{3}\,U_0\,[10^{-3}]$
Betriebssicher	< 50	und	< 10
Teilweise geschädigt	< 70	oder	< 20
Stark geschädigt	> 70	oder	> 20

Tabelle 2) Empfohlene Werte für Massekabel – Verlustfaktor bei 0,1 Hz

In Tabelle 2 sind die empfohlenen Beurteilungskriterien für den Verlustfaktor tan δ für die Prüfspannung UP = $\sqrt{3}$. U_0 bei 0,1 Hz nach einem 3-stufigen Bewertungsschema gem. IEEE Std 400.2 – 2013 dargestellt. Die Messung des Verlustfaktors gibt Auskunft über den Gesamtzustand der Kabelanlage.

Massekabel können naturgemäß TE-Pegel bis in den Bereich von mehreren nC aufweisen. Die bisherigen Erfahrungen zum TE-Verhalten bei Massekabeln können wie folgt zusammengefasst werden:

- TE in der Papier-Isolierung bis 10 nC bei U_o führen nur selten zum Ausfall
- Auch in ölgefüllten Muffen können bis 10 nC bei U_0 langzeitstabil sein
- Konzentrierte TE in der Papier-Isolierung bei U_0 sind als kritisch zu betrachten
- Erdschlusswischer im gelöschten Netz werden in der Regel durch Muffenfehler
- verursacht, diese Muffen zeigen oft nur TE im Bereich einiger 100 pC
- Bleimantelkorrosion ist mit TE-Diagnose nur zu lokalisieren, wenn durch
- Masseverlust die Papierisolierung ausgetrocknet ist
- Bei Eintritt von Feuchtigkeit treten keine TE auf

ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

3.6.3.3 Prüfungen im Labor an bestehenden PE/VPE-Kabelanlagen

Neben den für neue VPE-Kabel durchzuführenden Prüfungen für die Wareneingangskontrolle wird für bestehende Mittelspannungskabelanlagen optional vorgeschlagen, nach erfolgter Reparatur an Kabelproben von getauschten/ersetzten Strecken die Restspannungsfestigkeit (DIN VDE 0276- 605) zur Beurteilung des Alterungszustandes zu prüfen (Abbildung 7). Für den Wechselspannungs-Step-Test nach DIN VDE 0276-605 sind mindestens 5 bis 10 Stück Prüflinge mit einer Länge von jeweils 3 m vorzubereiten. Vor dem Step-Test erfolgen eine Eingangsmessung mit TE-Einsetz- und Aussetzspannung sowie eine Verlustfaktormessung. Je nach verfügbaren Kabellängen ist auch eine Stoßspannungsprüfung an 5 Prüflingen (je 20 m Kabel erforderlich) durchzuführen.

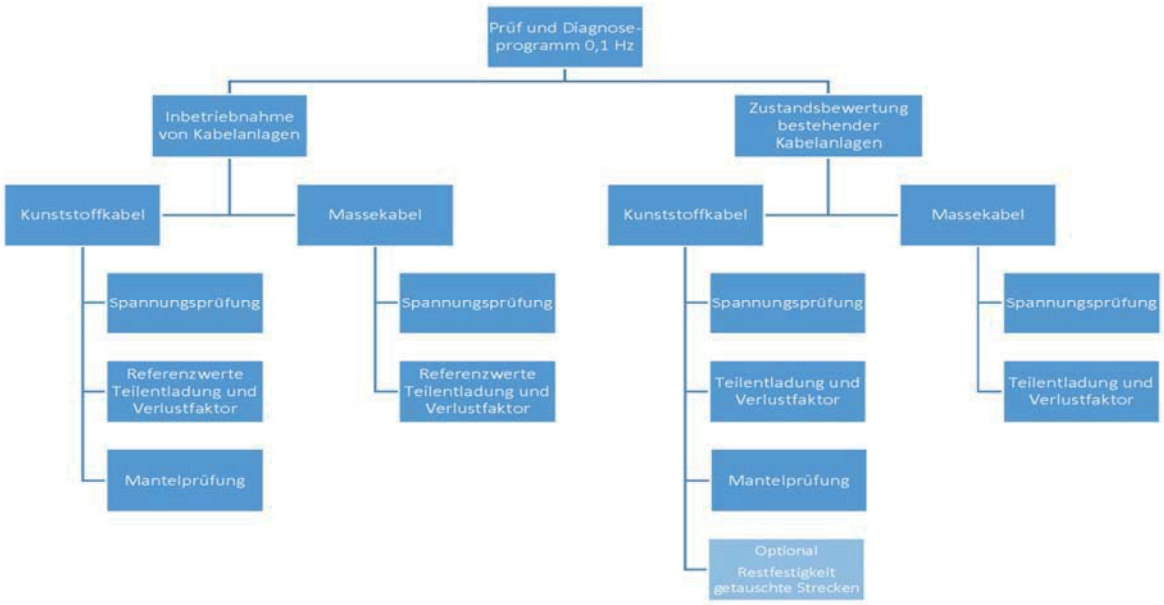


Abbildung 7) Prüf- und Diagnoseprogramm für Mittelspannungskabel der KNG im Überblick

4 Ausblick

Der strategische Zustand von Mittelspannungskabeln leitet sich gegenwärtig aus dem Alterungsmodell und der Wichtigkeit ab. Der Zustand wird aber auch von technischen Einflüssen, wie z.B. Erdschlussdauer und Erdschlusshäufigkeit, beeinflusst. Die KNG erweitert daher 2018 ihr seit zwei Jahren laufendes Projekt „Predictive Maintenance“ um die Mittespannungskabeldaten, um einen Kabelfehler einem bestimmten Muster zuordnen zu können. Mit analytischen Methoden soll die Restlebensdauer von Kabelabschnitten prognostiziert werden. Mit dem erweiterten Datenmodell soll somit ein qualitativer Betriebsmittelzustand und eine effektive Instandhaltungsstrategie abgeleitet werden.

ISBN 978-3-85125-586-7 DOI 10.3217/978-3-85125-586-7

5 Zusammenfassung

Die Tatsache, dass Mittelspannungskabel die erwartete Lebensdauer teilweise unterschreiten und das Problem, dass unerwartete Ausfälle hohe Kosten verursachen, waren die Auslöser dieser umfangreichen Untersuchung. Die Lösung dieser Herausforderung liegt in einer vorausschauenden und auf Diagnosemessergebnissen basierenden Instandhaltungsstrategie. Diese Publikation beschreibt den Weg und die Herausforderung bei der Umsetzung dieser Strategie in der KNG-Kärnten Netz GmbH.

6 Danksagung

An dieser Stelle möchten sich die Autoren beim gesamten Projektteam für deren ehrgeizigen Einsatz bei der Durchführung des Projektes recht herzlich bedanken. Im Speziellen sind dies: Herr Glanznig Albert und Herr Linder Richard vom Kabeldiagnosemessteam der KNG.