



FKH Sicherheitsrichtlinien

03.06.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Sicherheitsrichtlinien der FKH	2
2	Arbeitssicherheit	2
2.1	Vorort-Hochspannungs-Prüfungen.....	2
2.2	Ölprobenahmen in Hochspannungsanlagen von Kunden	8
3	Persönliche Schutzausrüstung (PSA).....	9
3.1	Grundsätze	9
3.2	Unterhalt und Kontrolle der PSA	9
3.3	Warnbekleidung.....	9
3.4	Sicherheitsschuhe	9
3.5	Schutzhelm.....	9
3.6	Fallsicherung (PSAgA).....	9
3.7	Störlichtbogenschutzbekleidung	9
3.8	Zusätzliche PSA	10
3.9	Standardausrüstung für Vorort-Prüfungen	10
4	Notfallorganisation	10
4.1	Verhalten in Notfällen	10
4.2	Erste-Hilfe Ausbildung (BLS und CPR).....	10
4.3	Information bei Unfällen und Notfällen	10
4.4	Bei Vorort-Prüfungen	10

1 Sicherheitsrichtlinien der FKH

- Die FKH fördert die Sicherheit und Gesundheit ihrer Mitarbeitenden durch zweckmässige Anleitung, Arbeitsorganisation und Ausbildung.
- Gesundheit, Sicherheit und Wohlbefinden ihrer Mitarbeitenden und Kunden haben bei der FKH höchste Priorität.
- Die Sicherheitskultur wird in der FKH unter Einbezug aller Mitarbeitenden permanent beobachtet und überprüft.
- Damit das Sicherheitsleitbild Wirkung erzeugt, wird es dem Personal bekannt gemacht und von Vorgesetzten und Projektleitern vorgelebt.
- Das vorliegende Dokument ist nicht abschliessend, wird kontinuierlich erweitert, ergänzt und dem Stand der Technik angepasst.

2 Arbeitssicherheit

2.1 Vorort-Hochspannungs-Prüfungen

2.1.1 Grundsätze

Folgende Punkte müssen bei der Planung und Durchführung von Vorort-Prüfungen beachtet werden.

- **Vorausplanung**
Versuchssicherheit bereits bei Vorbesprechungen (Rekognoszierungen) einbeziehen. Sicherheitsvorschriften des Anlagenbetreibers müssen bekannt sein.
- **Zeitdruck vermeiden**
Das sichere Arbeiten hat immer Vorrang. Massnahmen, die zur Erhöhung der Personen- und Anlagensicherheit führen, wo immer vertretbar anwenden.
- **Sicherheitsredundanz im Versuchsaufbau**
Eine Fehlhandlung/ Unterlassung an einer Komponente darf nicht zu gefährlichen Situationen führen

Der Betreiber sorgt dafür, dass zu prüfende Anlagenteile nach den **5 + 5 Sicherheitsregeln** der Suva spannungsfrei geschaltet sind:

Für spannungsfreies Arbeiten:

1. Freischalten und allseitig trennen
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Auf Spannungslosigkeit prüfen,
4. Erden und kurzschliessen,
5. Gegen benachbarte, unter Spannung stehende Teile schützen

+

1. Für klare Aufträge sorgen
2. Geeignetes Personal einsetzen
3. Sichere Arbeitsmittel verwenden
4. Schutzausrüstung tragen
5. Nur geprüfte Anlagen in Betrieb nehmen

2.1.2 Absperren und Signalisieren

Die Gefahrenzone rund um die Prüfanlage muss während der Prüfung gegen Betreten gesichert sein (Minimalabstände in Abschnitt 2.1.5). Dazu werden in der Regel die Absperrsets (Kordeln mit Warnfahnen, siehe Abbildung 1) der FKH verwendet.

Falls eine vollständige Absperrung aus praktischen Gründen nicht möglich ist, muss Überwachungspersonal eingesetzt werden, um den Zugang zur Prüfanlage zu kontrollieren.

Falls die Prüfanlage vom Bedienpersonal nicht einsehbar ist, muss genügend Überwachungspersonal eingesetzt werden. Ist dies nicht möglich, soll die Prüfanlage durch Zäune abgesperrt werden.



Abbildung 1: Absperrung der Prüfanlage mit Warnfahnen-Kordeln

Falls sich spannungsführende Teile der geprüften Anlage in geschlossenen Räumen befinden (z.B. Freiluftendverschlüsse in Innenanlagen), werden die Zugänge bewacht oder verschlossen und zusätzlich mit FKH-Warnhinweisen versehen. Vor Prüfungen sind geeignete Fluchtwege festzulegen.

Die Baustellen-/Anlageverantwortlichen des Kunden müssen über den Ablauf der Prüfung und die getroffenen Sicherheitsmassnahmen informiert werden.

Der abgesperrte Bereich ist nach Abschluss der HS-Prüfung wieder freizugeben.

2.1.3 Sicherheitskreis

Bei Vorort-Prüfungen wird ein Sicherheitskreis mit Notaus-Schalter(n) sowie akustischen und optischen Warngeräten installiert.

2.1.4 Erden

Alle Teile der Prüfanlage (bediente Prüfquelle und Messgeräte) werden mit dem fest installierten Erdungssystem (Anlagenerdung) klar erkennbar verbunden werden. Standard für die Erdungsverbindungen ist 35-mm²-Kupferkabel mit gelb-grüner Isolation.

Bei allen HS-Prüfungen (Ausnahme Erdungsmessungen) muss zwischen geprüfem Anlagenteil und spannungsführenden, in Betrieb stehenden Anlagen eine Erdung vorhanden sein (eine Trennung allein reicht nicht).

Bei Erdungs- und Impedanzmessungen muss sichergestellt sein, dass an offenen Leitungsenden während der Montagarbeiten oder der Messungen keine gefährlichen Spannungen abgegriffen werden können.

2.1.5 Abstände der Absperrungen zu Teilen der FKH-Prüfanlage

Die interne Regel der FKH für den Horizontalabstand von Absperrungen zu HS-Teilen lautet:

$$\text{Spannung (in kV}_{\text{eff}} \text{ für AC, kV}_{\text{max}} \text{ für Impuls)} \times 0.01 \text{ m} + 1.5 \text{ m}$$

Zusätzlicher Abstand bei Verwendung von Kettenabsperrungen

Damit wird auch die Gefahrenzone („Verbotszone“) der Norm EN 50191 („Errichten und Betreiben elektrischer Prüfanlagen“) für alle Spannungsformen (Prüfwechsel-, Blitzstoss- und Schaltstossspannung) eingehalten. Da die EN 50191 z.T. geringere Abstände als die FKH-Regel zulässt, ist bei knappen Verhältnissen die Tabelle aus EN 50191 zu konsultieren (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Sicherheitsabstände („Verbotszone“) bei HS-Prüfungen nach EN 50191

Tabelle A.2 – Verbotszone (s) in Abhängigkeit von Prüfspannungen gegen Erde (U)

Prüfwechselspannung 50/60 Hz (Effektivwert)		Blitzstoßspannung 1,2/50 µs (Scheitelwert)		Schaltstoßspannung 250/2 500 µs (Scheitelwert)	
U kV	s ^a mm	U kV	s mm	U kV	s mm
≤ 1	Keine Berührung	20	100	500	2 000
3	20	40	175	600	2 600
5	30	60	250	700	3 300
6	35	80	325	800	4 100
10	60	100	400	900	4 900
15	85	150	550	1 000	5 800
20	115	200	700	1 100	6 800
25	140	250	850	1 200	7 800
30	170	300	1 000	1 300	8 900
35	195	350	1 100	1 400	10 000
40	225	400	1 200	1 500	11 200
45	250	450	1 300	1 600	12 500
50	280	500	1 400		
55	305	600	1 650		
60	335	700	1 950		
70	390	800	2 200		
80	450	900	2 450		
90	510	1 000	2 700		
100	560	1 100	2 950		
110	620	1 200	3 250		
130	740	1 300	3 500		
150	860	1 400	3 750		
170	980	1 500	4 000		
190	1 100				
210	1 240				
220	1 300				
260	1 550				
300	1 850				
340	2 150				
380	2 450				
420	2 750				
460	3 100				
500	3 500				
600	4 500				
700	5 600				
800	6 900				
900	8 300				
1 000	9 900				

Zwischenwerte dürfen durch Interpolation gewonnen werden, eine lineare Extrapolation über die größten angegebenen Werte hinaus ist jedoch nicht zulässig. Für Prüfgleichspannungen bis 1 000 kV sind die Abstände s wie für Blitzstoßspannungen einzuhalten. Die Tabelle gilt nicht für hochfrequente oder andere nicht aufgeführte Spannungen.

* s ist der Abstand in Luft von unter Spannung stehenden Teilen.

Angaben über die Sicherheitsabstände von spannungsführenden Teilen der Prüfanlage gegen Anlagenteile unter Betriebsspannung enthält Anhang 2.1.8.

2.1.6 Sicherheitsabstände zu unter Betriebsspannung stehenden Anlageteilen

Auf dem Prüfplatz ist vom Anlagenbetreiber sicherzustellen, dass betriebsspannungsführende Anlagenteile ausreichend gesichert sind.

Dabei gelten die Radien gemäss EN 50110-1 (siehe Abbildung 2). Die Radien der Annäherungs- (D_V) und Gefahrenzone (D_L) in Abhängigkeit des Spannungsniveaus finden sich in Tabelle 2.

Die Annäherungszone kann durch Abschränkungen, Verschalungen, Gitter oder Schutzbarrieren begrenzt werden (Abbildung 2). Die Gefahrenzone kann durch geeignete und geprüfte Schutzvorrichtungen (isolierende Schutzbarrieren IP 2X oder 3X) oder durch geerdete Kapselung begrenzt werden (Abbildung 2).

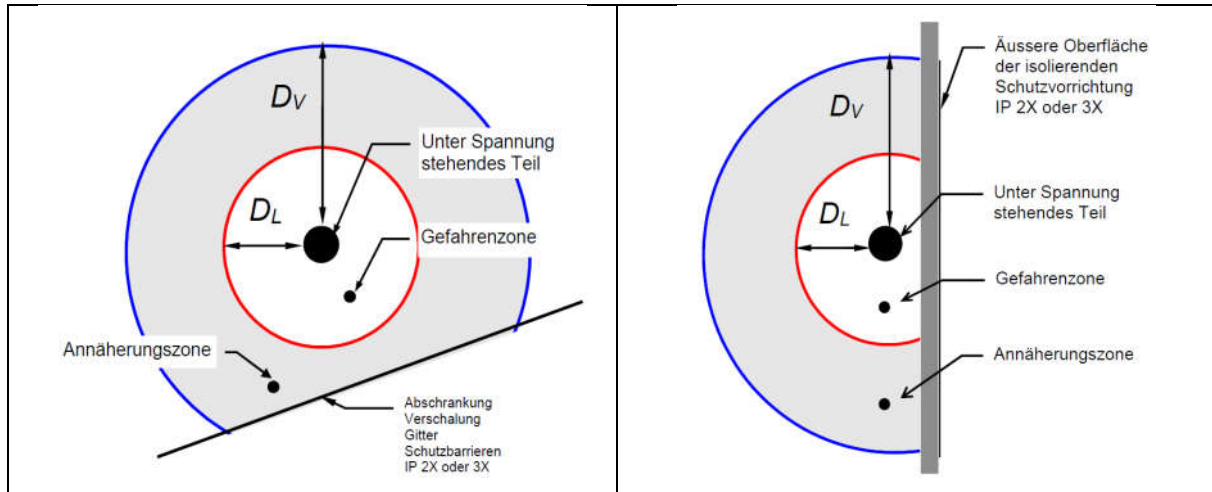


Abbildung 2: Definition der Arbeitszonen gemäss EN 50110-1:2013

Tabelle 2: Radien der Annäherungs- und Gefahrenzonen nach EN 50110-1:2013

Betriebsspannung U_N (Effektivwert) [kV]	Annehmbarer Mindestab- stand in der Luft, der die äussere Grenze der Gefah- renzone bestimmt	Annehmbarer Mindestab- stand in der Luft, der die äussere Grenze der Annä- herungszone bestimmt
	D_L [mm]	D_V [mm]
≤ 1	Keine Berührung	300
3	60	1120
6	90	1120
10	120	1150
15	160	1160
20	220	1220
30	320	1320
36	380	1380
45	480	1480
60	630	1630
70	750	1750
110	1000	2000
132	1100	3000
150	1200	3000
220	1600	3000
275	1900	4000
380	2500	4000
480	3200	6100
700	5300	8400

2.1.7 Abstände der FKH-Prüfanlage zu geerdeten Objekten

In Abbildung 3 sind die Überschlagsspannungen in Abhängigkeit der Distanz für die relevanten Spannungsformen zusammengefasst. Bei einem Durchschlag bei einer Kabelprüfung tritt im ungünstigsten Fall eine Spannungsverdopplung an den Resonanzdrosseln auf.

Folgende Formel gibt für den Effektivwert der Prüfspannung $U_{P,eff}$ die minimal nötige Distanz s an, bei der auch im Fall einer Spannungsverdopplung kein Überschlag mehr auftreten kann:

$$s = \frac{U_{P,eff}}{1.88}$$

Die Überschlagsdistanzen verhalten sich für prüffrequente Spannungen (20 – 300 Hz) wegen Vorentladungsvorgängen nicht-linear. Die minimalen Distanzen für 50/60-Hz-Spannungen (Effektiv- und Scheitelwert) sind in der Grafik ebenfalls eingezeichnet.

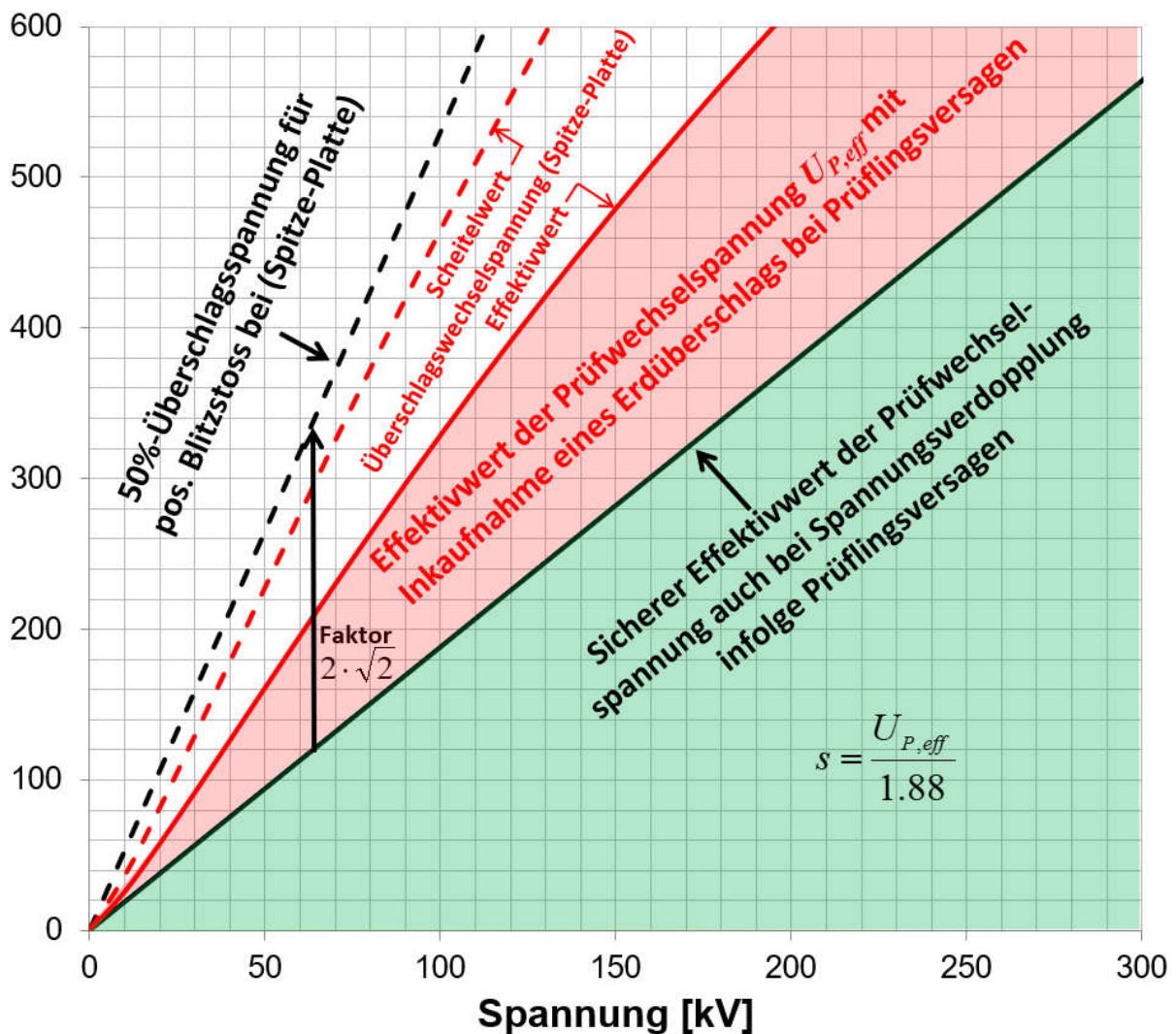


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen dem notwendigen Abstand zu geerdeten Teilen und der zulässigen Prüfspannungen

2.1.8 Abstände der FKH-Prüfanlage zu betriebsspannungsführenden Teilen

Für die Festlegung eines sicheren Abstands zwischen Hochspannungsprüfanlage und spannungsführenden Schaltanlagenteilen gilt als Richtlinie ein von der FKH ausgearbeiteter Diskussionsentwurf für eine endgültige Normierung.

Die Beziehung kann für alle Prüfspannungsformen von $\hat{U}_S = 0 \dots 2'000$ kV angewendet werden und gilt für den kürzesten Direktabstand zwischen Teilen unter Spannung der Prüfanlage und der Schaltanlage.

In Tabelle 3 sind die minimalen Abstände (in Metern) für übliche Betriebsspannungen in Abhängigkeit der Prüfspannung angegeben.

Tabelle 3: Minimale Abstände von prüfspannungs- zu betriebsspannungsführenden Teilen in Metern

		Betriebsspannung [kV]											
		15	20	30	45	50	60	110	132	150	220	275	380
		Maximale Betriebsspannung [kV]											
		17.5	24	36	52	60	72.5	123	145	170	245	300	420
Prüfspannung [kV]	10	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	2.0	2.1	2.3	2.6	2.9	3.6
	20	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	2.1	2.1	2.3	2.7	2.9	3.6
	30	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	2.1	2.1	2.3	2.7	3.0	3.7
	40	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.2	2.2	2.4	2.7	3.0	3.7
	50	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.2	2.2	2.4	2.8	3.1	3.8
	60	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.5	2.8	3.1	3.8
	70	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.5	2.9	3.2	3.9
	80	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.4	2.4	2.5	2.9	3.2	4.0
	90	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.6	3.0	3.3	4.0
	100	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	3.0	3.3	4.1
	110	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	3.1	3.4	4.1
	120	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	3.1	3.4	4.2
	130	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.8	2.8	2.9	3.2	3.5	4.2
	140	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.9	2.9	3.0	3.2	3.5	4.3
	150	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	3.0	3.0	3.1	3.3	3.6	4.4
	160	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.1	3.1	3.2	3.4	3.6	4.4
	170	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.7	4.5
	180	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.6	3.8	4.6
	190	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	3.9	4.6
	200	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	4.0	4.7
220	3.3	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.7	3.7	3.8	4.1	4.2	4.8	
240	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.9	3.9	4.0	4.3	4.5	5.0	
260	3.8	3.8	3.8	3.9	3.9	3.9	4.1	4.1	4.3	4.5	4.7	5.2	
280	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.8	5.0	5.5	
300	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.6	4.6	4.8	5.1	5.3	5.8	
320	4.5	4.5	4.5	4.6	4.6	4.7	4.9	4.9	5.0	5.4	5.6	6.1	
340	4.7	4.7	4.8	4.9	4.9	4.9	5.1	5.1	5.3	5.7	5.9	6.5	
360	5.0	5.0	5.1	5.1	5.2	5.2	5.4	5.4	5.6	6.0	6.2	6.8	
380	5.3	5.3	5.3	5.4	5.4	5.5	5.7	5.7	5.9	6.3	6.6	7.2	
400	5.6	5.6	5.6	5.7	5.8	5.8	6.0	6.1	6.3	6.6	6.9	7.6	
515	7.6	7.6	7.7	7.8	7.9	7.9	8.3	8.3	8.6	9.1	9.5	10.5	

2.1.9 Kommunikation während Prüfungen

Die Kommunikation zwischen Versuchsleiter und allen weiteren beteiligten Personen (z.B. Bedienpersonal der FKH HS-Quelle) wird vor der Prüfung genau definiert. Für die Kommunikation werden zweckmässige Kommunikationsmittel eingesetzt (Funkgeräte, Mobiltelefone).

2.1.10 Montagearbeiten in der Höhe

Auf Leitern dürfen nur einfache Arbeiten in Höhen bis 4 m ausgeführt werden. Montagearbeiten in einer Höhe von mehr als 4 m sind mit einer Hebebühne durchzuführen.

Beim Einsatz von Hebebühnen sind die Instruktionen und Vorschriften des für die Hebebühne verantwortlichen Personals zu befolgen.

2.2 Ölprobenahmen in Hochspannungsanlagen von Kunden

Allgemeines

- Vom Betriebspersonal bis zum Arbeitsort begleiten lassen.
- Schutzbrille bei Ölentnahme tragen.
- Helm, Sicherheitsschuhe und Sicherheitskleider, falls vom Kunden verlangt.

Probeentnahme an Transformatoren

Bei Hochspannungstransformatoren ($U_n > 30 \text{ kV}$) kann die Ölprobeentnahme in der Regel im Betrieb stattfinden. Das Betriebspersonal des Kunden ist für die Arbeitssicherheit verantwortlich und muss den Arbeitsplatz freigeben (Sicherheitsabstände).

Bei Mittelspannungstransformatoren ($U_n \leq 30 \text{ kV}$) sind die notwendigen Sicherheitsabstände oft nicht gegeben. Der Transformator muss in diesem Fall für die Probeentnahme ausgeschaltet und geerdet werden.

Probeentnahme am Buchholzrelais

- Die Buchholzrelais befinden sich zwischen dem Expansionsgefäß und dem Trafodeckel und somit in einer Gefahrenzone. **Der Trafo muss ausgeschaltet und geerdet sein!** Nachfragen und kontrollieren (Erdung muss sichtbar sein).
- Eine Person des entsprechenden Werkes muss anwesend sein und den Arbeitsplatz für die Probeentnahme freigeben.

Probeentnahme an Wandlern

- **Der Wandler muss ausgeschaltet und geerdet sein!** Nachfragen und kontrollieren (Erdung muss sichtbar sein). Ausnahmefälle müssen vor der Anreise abgeklärt und mit dem Betriebsverantwortlichen vor Ort besprochen werden.

3 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

3.1 Grundsätze

- Die FKH stellt ihren Mitarbeitenden die nötige PSA zur Verfügung.
- In elektrischen Anlagen Dritter gelten die Sicherheitsbestimmungen der Anlagenbetreiber und sind bei der Planung von Prüfungen abzuklären.

3.2 Unterhalt und Kontrolle der PSA

Die PSA wird gemäss Herstellerangaben gepflegt und kontrolliert. Defekte oder abgelaufene PSA darf nicht mehr benutzt werden (z.B. Helme).

3.3 Warnbekleidung

Die Warnbekleidung der FKH entspricht der Warnschutzklasse 2 gemäss Norm EN ISO 20471 und ist warnorange.

3.4 Sicherheitsschuhe

Die von der FKH eingesetzten Sicherheitsschuhe entsprechen der Norm EN20345-S3:

- Zehenschutz
- Durchtrittschutz
- Knöchelüberdeckend
- Profilierte Sohle

Bei Arbeiten auf Leitern, Masten oder an Trassen ist auch das Tragen eines Bergschuhs zulässig.

Mindestanforderungen an Bergschuh:

- Hoch (Knöchelüberdeckend)
- Profilierte, harte Sohle

3.5 Schutzhelm

Von der FKH werden Bauhelme gemäss Norm EN 397 oder Kletterhelme gemäss EN 12492 eingesetzt.

3.6 Fallsicherung (PSAgA)

Zur Fallsicherung bei Trafoprüfungen und bei Arbeiten auf Hebebühnen werden Auffanggurte nach DIN EN 361:2002-09 und Falldämpfer nach DIN EN 355:2002-09 eingesetzt.

3.7 Störlichtbogenschutzbekleidung

Da die möglichen Störlichtbogenströme der FKH-Prüfquellen kleiner als 1 kA sind, gibt es keine Vorgaben bezüglich Brand-/Lichtbogenschutz.

Bei Arbeiten innerhalb der Annäherungszone nach ESTI Richtlinie 407 muss Störlichtbogenschutzbekleidung getragen werden. Da solche Arbeiten in jedem Fall Ausnahmen darstellen, sind die Schutzmassnahmen vorgängig zu besprechen.

Schutzkleidung für Tätigkeiten an elektrischen Anlagen haben der Norm EN 61482-1-2 zu entsprechen.

Die erforderliche Schutzstufe ist abhängig von der möglichen Kurzschlussstromstärke:

Stufe 1 – Kurzschlussstrom (1kA - 7kA)

- 1x Schutzkleidung nach EN 61482-1-2 Klasse 1
- Schutzhelm mit Visier
- Hitzeschutzhandschuhe mit Isolierhandschuhen

Stufe 2 – Kurzschlussstrom (7kA - 15kA)

- 1x Schutzkleidung nach EN 61482-1-2 Klasse 2
- Schutzhelm mit Visier
- Hitzeschutzhandschuhe mit Isolierhandschuhen

Stufe 3 – Kurzschlussstrom (>15kA)

- 1x Schutzkleidung nach EN 61482-1-2 Klasse 1 und
- 1x Schutzkleidung nach EN 61482-1-2 Klasse 2
- Schutzhelm mit Visier
- Hitzeschutzhandschuhe mit Isolierhandschuhen

3.8 Zusätzliche PSA

Zusätzliche PSA (z.B. Augen-, Gehörschutz etc.) wird gemäss Kunden-Bestimmungen eingesetzt.

3.9 Standardausrüstung für Vorort-Prüfungen

Die von der FKH für Vorort-Prüfungen standardmässig mitgeführte PSA besteht aus:

- Arbeitskleidung (Oberteil und Hose) in warnorange mit doppelten Reflexionsstreifen (gem. Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)
- Sicherheitsschuhe gem. Abschnitt 3.4
- Schutzhelm, gem. Abschnitt 3.5
- Fallsicherung gem. Abschnitt 3.6

4 Notfallorganisation

4.1 Verhalten in Notfällen

In Notfällen gilt:

1. Ruhe bewahren
2. Überlegen
3. Handeln

4.2 Erste-Hilfe Ausbildung (BLS und CPR)

Alle Mitarbeiter der FKH werden in Erster Hilfe bei Elektrounfällen ausgebildet (Grundkurs und periodische Wiederholungskurse).

4.3 Information bei Unfällen und Notfällen

Unfälle, die medizinische Behandlung erfordern, müssen der Geschäftsleitung mitgeteilt werden.

Ebenfalls müssen sicherheitsrelevante Zwischenfälle der Geschäftsleitung gemeldet werden.

Informationen im Zusammenhang mit Unfällen und Notfällen werden ausschliesslich von der Geschäftsleitung an Dritte weitergegeben.

4.4 Bei Vorort-Prüfungen

4.4.1 Verhalten bei Notfällen / Notfallnummern

Vor Versuchsbeginn muss der Auftraggeber bzw. Anlagenverantwortliche über seine Notfallorganisation informieren. Diese wird von den FKH Mitarbeitenden zu befolgen. Falls keine Notfallorganisation besteht, sind Notfall-Telefonnummern und -verbindungen abzuklären.