

	DIN EN 63048 (VDE 0490-1)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 25.040.30; 27.120.20

Einsprüche bis 2019-01-23

Entwurf

**Mobile unbemannte automatisierte Systeme für kerntechnische und Strahlenschutzanwendungen –
Allgemeine Anforderungen
(IEC 45/849/CD:2018);
Text Deutsch und Englisch**

Mobile unmanned automated systems for nuclear and radiological applications –
General requirements
(IEC 45/849/CD:2018);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-11-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 38 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Allgemeine Beschreibungen.....	9
4.1 Hauptziele eines mobilen unbemannten automatisierten Systems	9
4.2 MUAS-Aufträge	9
4.2.1 Status des MUAS während der Ausführung des Auftrags	9
4.2.2 Zugewiesene Aufträge für das mobilen unbemannte automatisierte System.....	10
4.3 Arbeitsumgebung	12
4.4 Aufbau des mobilen unbemannten automatisierten Systems	12
4.5 Risikoanalyse und Sicherheitsmaßnahmen	13
5 Allgemeine Anforderungen	14
5.1 Gemeinsame Anforderungen	14
5.1.1 Sicherheitsanforderungen	14
5.1.2 Zuverlässigkeit und Wartung	14
5.1.3 Arbeitsplanung und -simulation	15
5.1.4 Prüfanforderungen	15
5.2 Funktionale Anforderungen	15
5.2.1 Sensorik.....	15
5.2.2 Beweglichkeit.....	16
5.2.3 Manipulatoren und Endeffektor	16
5.2.4 Lokale Steuerung und Fernbedienung	16
5.2.5 Mensch-Maschine-Schnittstelle.....	17
5.2.6 Kommunikation.....	17
5.2.7 Energieversorgung	17
Literaturhinweise	19
Bilder	
Bild 4.1 – Diagramm für den Status des mobilen unbemannten automatisierten Systems	10
Bild 4.2 – Aufbau des mobilen unbemannten automatisierten Systems	12
Bild 4.3 – Funktionen des mobilen unbemannten automatisierten Systems.....	13

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 45/820/CD:2017 „Mobile unmanned automated systems for nuclear and radiological applications – General requirements“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 45 „Nuclear instrumentation“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 967 „Mess-, Steuer- und Regelungstechnik im Zusammenhang mit ionisierender Strahlung“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Mobile unbemannte automatisierte Systeme für kerntechnische und Strahlenschutzanwendungen – Allgemeine Anforderungen

Einleitung

Seit dem Nuklearunfall von Fukushima hat die Anwendung von ferngesteuerten und unbemannten Geräten zugenommen. Derzeit gibt es Bedarf für standardisierte technische Kriterien, um die Designs, die Interoperabilität und die Verwendung dieser Geräte zu regeln.

Das Technische Komitee ISO/TC 299 entwickelt internationale Normen für die Robotik in Bezug auf Körperpflege, Industrie, Service und medizinische Anwendungen.

Für die Nuklearindustrie sind technische Kriterien für Design, Herstellung und Leistung von ferngesteuerten und unbemannten Geräten für verschiedene wichtige Aufgaben erforderlich, wie z. B. die Prüfung der Integrität und die Reparatur kerntechnischer Komponenten sowie die Überwachung kerntechnischer Aktivitäten während und nach anomalen Bedingungen oder Unfällen in kerntechnischen Anlagen.

Bedingungen für Anwendungen und allgemeine Anforderungen sind in [Abschnitt 4](#) zusammengestellt.

Ein Diagramm zum Status der ferngesteuerten und unbemannten Geräte ist in [Abschnitt 5](#) beschrieben.

Der Titel der kürzlich gegründeten Arbeitsgruppe WG 18 lautet „Mobile unmanned automated systems for nuclear and radiological applications“. Angesichts dieser Tatsache wäre es logisch, dass der Titel der in der WG 18 entwickelten Basisnorm, die allgemeine Anforderungen an solche Systeme enthält, den Titel dieser Arbeitsgruppe enthalten sollte. So wurde auf der letzten Sitzung des TC 45 beschlossen, dass der Titel der IEC 63048 wie folgt lauten solle: „Mobile unmanned automated systems for nuclear and radiological applications – General requirements“.

Die folgenden Ergebnisse der Sitzungen, die im Oktober 2017 in Shanghai stattfanden, spiegeln sich auch in diesem CD2 wider:

- Die in Shanghai erörterten Entschlüsse zu den nationalen Anmerkungen zum CD1-Dokument des Projekts IEC 63048 wurden berücksichtigt.
- Anhang A wurde entfernt und Anhang B auf der Grundlage der Diskussion in der Sitzung nach [4.2](#) „MUAS-Aufträge“ und [4.5](#) „Risikoanalyse und Sicherheitsmaßnahmen“ verschoben.
- Anhang C wurde in [4.5](#) „Risikoanalyse und Sicherheitsmaßnahmen“ zusammengefasst. Die Klassifizierung kann als separate Norm entwickelt werden.

DIESER TEXT IST FÜR DIE INFORMATIONEN DER NATIONALEN KOMITEES GEDACHT UND WIRD IN DER VERÖFFENTLICHUNGSPHASE GELÖSCHT.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt allgemeine Anforderungen an mobile unbemannte automatisierte Systeme (MUAS) für die Prüfung der physischen Integrität, die Notwendigkeit der Reparatur von Komponenten, den Umgang mit radioaktiven Materialien und die Überwachung des Zustands der physikalischen Bedingungen und der Strahlungswerte in bestimmten Bereichen fest. Der Einsatz von mobilen unbemannten automatisierten Systemen bedeutet, dass keine Notwendigkeit besteht, Personen im Normalbetrieb, während oder nach Störfällen oder Unfällen sowie bei der Wiederherstellung nach Unfällen in kerntechnischen Anlagen Zugang zu gewähren.

Diese Internationale Norm gilt für die mobilen unbemannten automatisierten Systeme, die in kerntechnischen und radiologischen Einrichtungen eingesetzt werden. Die allgemeinen Anforderungen umfassen die hohen Leistungsanforderungen für Sensoren, Überwachungsgeräte, Steuergeräte, Schnittstellenmechanismen, Simulationsmethoden und deren Qualifizierungsverfahren unter normalen und/oder extremen Umgebungsbedingungen wie hoher Strahlungswerte, hoher Temperatur, hoher Luftfeuchte usw.

In dieser Norm sind unter automatisierten Systemen die mobilen unbemannten automatisierten Systeme für kerntechnische und radiologische Anwendungen zu verstehen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

3 Begriffe

3.1

mobile unbemannte automatisierte Systeme

MUAS

(en: mobile unmanned automated systems)

automatisiertes System ohne menschliche Anwesenheit, das im manuellen, halbautonomen oder autonomen Modus arbeiten kann

Anmerkung 1 zum Begriff: MUAS ist ein System, das bestimmte Aufträge in kerntechnischen Anlagen und/oder radiologischen Umgebungen durchführt.

3.2

autonom

(en: autonomous)

unabhängig vom Ganzen agierend, reagierend oder sich entwickelnd; nicht von anderen oder von äußeren Kräften kontrolliert; unabhängig

[QUELLE: IEC 61850-90-7, 3.1.1]

3.3

Roboter

(en: robot)

betätigter Mechanismus, der in zwei oder mehr Achsen programmierbar ist, mit einem Grad an Autonomie, der sich innerhalb seiner Umgebung bewegt, um beabsichtigte Aufgaben auszuführen

[QUELLE: ISO 8373: 2012, 2.6, modifiziert – die Anmerkungen wurden entfernt]

3.4

mobiler Roboter

(en: mobile robot)

Roboter, der in der Lage ist, sich unter seiner eigenen Kontrolle zu fortzubewegen

E DIN EN 63048 (VDE 0490-1):2018-12

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein mobiler Roboter kann eine mobile Plattform mit oder ohne Manipulatoren sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein mobiler Roboter kann seinen Ort/seine Position entweder ferngesteuert oder autonom ändern.

[QUELLE: ISO 8373: 2012, 2.13, modifiziert – Anmerkung 2 wurde ergänzt]

3.5

unbemanntes Bodenfahrzeug

UGV

(en: unmanned ground vehicle)

Fahrzeug, das in Kontakt mit dem Boden und ohne menschliche Anwesenheit arbeitet

[QUELLE: Wikipedia]

3.6

Gefährdung

(en: hazard)

Ereignis, das zu Verletzungen des Anlagenpersonals, Schäden an Bauteilen, Geräten oder Strukturen oder Schäden am mobilen unbemannten automatisierten System führen kann. Gefährdungen sind in interne und äußere unterteilt

Anmerkung 1 zum Begriff: Interne Gefährdungen sind z. B. Reglerausfall oder Leistungsverlust,

Anmerkung 2 zum Begriff: Externe Gefährdungen sind z. B. Feuer, Überflutung, Erdbeben und Blitze.

[QUELLE: IEC 61513: 2011, 3.25, modifiziert]

3.7

Risiko

(en: risk)

das Potenzial, dass eine bestimmte Bedrohung Schwachstellen eines Vermögenswerts oder einer Gruppe von Vermögenswerten ausnutzt und dadurch der Organisation Schaden zufügt. Es wird gemessen in einer Kombination der Schwere des Einflusses aus der Umgebung, der Wahrscheinlichkeit der Strahlungsexpositionszeit und der Kontrollierbarkeit für mobile unbemannte automatisierte Systeme.

[QUELLE: IAEA Nuclear Security Series Nr. 17: 2011, modifiziert]

3.8

Risikoabschätzung

(en: risk assessment)

der Gesamtprozess der systematischen Identifizierung, Schätzung, Analyse und Bewertung von Risiken

[QUELLE: IAEA Nuclear Security Series Nr. 17: 2011]

3.9

sicherer Zustand

(en: safe state)

Zustand des mobilen unbemannten automatisierten Systems, wenn Sicherheit erreicht ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Beim Übergang von einem potenziell gefährlichen Zustand in den endgültigen sicheren Zustand muss das mobile unbemannte automatisierte System möglicherweise mehrere sichere Zwischenzustände durchlaufen. Für einige Situationen existiert ein sicherer Zustand nur solange das mobile unbemannte automatisierte System kontinuierlich gesteuert wird. Eine solche kontinuierliche Kontrolle kann für kurze Zeit oder dauerhaft erfolgen.

[QUELLE: IEC 61508-4: 2010, 3.1.13, modifiziert]

3.10

Sicherheit

(en: safety)

bedeutet den Schutz von Personen und der Umwelt vor Strahlenrisiken und die Sicherheit von Anlagen und Tätigkeiten, die Strahlenrisiken verursachen

Anmerkung 1 zum Begriff: „Sicherheit“, wie sie im Glossar und den Sicherheitsstandards der IAEA verwendet wird, umfasst die Sicherheit kerntechnischer Anlagen, die Strahlensicherheit, die Sicherheit der Entsorgung radioaktiver Abfälle und die Sicherheit beim Transport radioaktiver Stoffe; nicht-strahlenbezogene Sicherheitsaspekte sind darin nicht enthalten.

[QUELLE: IAEA Safety Glossar 2007, S, modifiziert]

3.11

Bedienperson

(en: operator)

Person, die dazu bestimmt ist, den beabsichtigten Betrieb des mobilen unbemannten automatisierten Systems zu starten, zu überwachen und zu beenden

[QUELLE: ISO 8373, 2.17, modifiziert]

3.12

Handsteuergerät

(en: manual control device)

von einem Menschen betriebene Vorrichtung, die mit der Steuerschaltung verbunden ist, die zum Steuern des mobilen unbemannten automatisierten Systems verwendet wird

[QUELLE: IEC 60204-1: 2009, 3.9, modifiziert]

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein oder mehrere Handsteuergeräte, die mit einem Panel oder Gehäuse verbunden sind, bilden ein Befehlsgerät.

3.13

Fernbedienung

(en: remote control)

Steuerung eines Geräts von einem entfernten Punkt aus

[QUELLE: IEC 62770, 2.42]

3.14

Befehlsgerät

(en: command device)

Gerät, mit dem die Bedienperson das mobile unbemannte automatisierte System steuern kann

[QUELLE: ISO 13482: 2014, 3.23]

3.15

manueller Modus

(en: manual mode)

Betriebsmodus, in dem das mobile unbemannte automatisierte System durch direkten menschlichen Eingriff über manuelle Steuergeräte, z. B. Drucktasten oder einen Joystick, bedient wird, und der einen automatischen Betrieb ausschließt

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Modus wird üblicherweise für Lernzwecke, Tele-Betrieb, Fehlersuche, Reparatur, Reinigung usw. verwendet.

[QUELLE: ISO 8373: 2012, 5.3.10.2, modifiziert]

3.16

autonomer Modus

(en: autonomous mode)

Betriebsmodus, in dem das mobile unbemannte automatisierte System seinen zugewiesenen Auftrag ohne direkten menschlichen Eingriff ausführt

3.17

halbautonomer Modus

(en: semi-autonomous mode)

Betriebsmodus, in dem das mobile unbemannte automatisierte System seinen Auftrag mit teilweisen menschlichen Eingriffen erfüllt

3.18

Manipulator

(en: manipulator)

Maschine, bei der der Mechanismus üblicherweise aus einer Reihe von Segmenten besteht, die miteinander verbunden sind oder gegeneinander gleiten, um Gegenstände (Teile oder Werkzeuge) zu greifen und/oder zu bewegen, gewöhnlich mit mehreren Freiheitsgraden

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Manipulator kann von einem Bediener, einer programmierbaren elektronischen Steuerung oder einem beliebigen Logiksystem (z. B. Nockenschaltgerät, verdrahtet) gesteuert werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Manipulator enthält keinen Endeffektor.

[QUELLE: ISO 8373: 2012, 2.1]

3.19

Endeffektor

(en: end effector)

Gerät, das speziell für den Anschluss an die mechanische Schnittstelle entwickelt wurde, und dem Roboter erlaubt, seine Aufgabe zu erfüllen

Beispiele: Greifer, Nussläufer, Schweißpistole, Spritzpistole.

[QUELLE: ISO 8373: 2012, 3.11]

3.20

mobile Plattform

(en: mobile platform)

Baueinheit mit allen Komponenten des mobilen unbemannten automatisierten Systems, die eine Fortbewegung ermöglicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine mobile Plattform kann ein Chassis enthalten, das zum Tragen einer Last verwendet werden kann

[QUELLE: ISO 8373, 3.18, modifiziert]

3.21

standardisierte technologische Operation

STO

(en: standard technological operation)

vordefinierte Reihenfolge von MUAS-Aktionen (mit oder ohne Manipulator)

3.22

Szenario

(en: scenario)

STO-Sequenz, die die dem MUAS zugewiesene Auftragsausführung realisiert

3.23

integriertes Kontroll-/Diagnosesystem

BCDS

(en: built-in control/diagnostics system)

spezialisierte Schaltung des Bordsteuerungssystems, die den Zustand des MUAS permanent überwachen soll

3.24

unbemanntes Fluggerät

UAV

(en: unmanned aerial vehicle)

Flugzeug ohne einen menschlichen Piloten an Bord

[QUELLE: Wikipedia]

4 Allgemeine Beschreibungen

4.1 Hauptziele eines mobilen unbemannten automatisierten Systems

Das Hauptziel eines mobilen unbemannten automatisierten Systems (MUAS) ist es, eine menschliche Präsenz in kerntechnischen und radiologischen Umgebungen zu vermeiden. Um dieses Ziel zu erreichen, muss ein MUAS in der Lage sein, die Strahlungswerte zu überwachen, den Status der Anlagen und Strukturen in den kerntechnischen Anlagen zu überwachen, Wartungs- und Reparaturarbeiten durchzuführen und mit radioaktivem Material umzugehen.

Die Hauptaufgaben eines mobilen unbemannten automatisierten Systems sind wie folgt.

- Physische und visuelle Prüfung;
- Überwachung des Anlagenzustands einschließlich der Strahlungswerte
- Reparatur von Komponenten
- Umgang mit radioaktiven Stoffen
- Wiederherstellung von Funktionen nach einem Unfall
- Dekontaminierung und Außerbetriebnahme von Anlagen

4.2 MUAS-Aufträge

4.2.1 Status des MUAS während der Ausführung des Auftrags

Das MUAS muss seinen zugewiesenen Auftrag so weit wie möglich während jedes Aufgabenzyklus ausführen, z. B. Verschiebungs-, Überwachungs-, oder Manipulationsaktionen.

Das MUAS muss seinen Betrieb während der Ausführung des zugewiesenen Auftrags überwachen und seine Zustände als normal, anomal oder fehlerhaft einstufen, unter Verwendung eines eingebauten Steuerungs-/Diagnosesystems.

Das MUAS muss versuchen, seine Betriebsfähigkeit wiederherzustellen, wenn ein eingebautes Steuerungs-/Diagnosesystem eine kleinere Fehlfunktion erkennt.

Wenn ein bestimmter Fehler aufgetreten ist, muss das MUAS seinen Auftrag beenden und zur Reparatur an eine vordefinierte Position zurückkehren.

Das MUAS muss an die vordefinierte Position für Wartungsarbeiten zurückkehren, wenn es während seines Auftrags einen möglichen Ausfall erleidet.

Ein zugewiesener Auftrag für das MUAS muss geplant werden.

Eine Simulation kann erforderlich sein, um einen zuweisbaren Auftrag für die Ausführung durch das MUAS zu planen.

Ein modulares Design des MUAS ist vorzuziehen, um einen schnellen Austausch fehlerhafter Einheiten zu ermöglichen.

Der generische Status des MUAS ist in Bild 4.1 dargestellt.

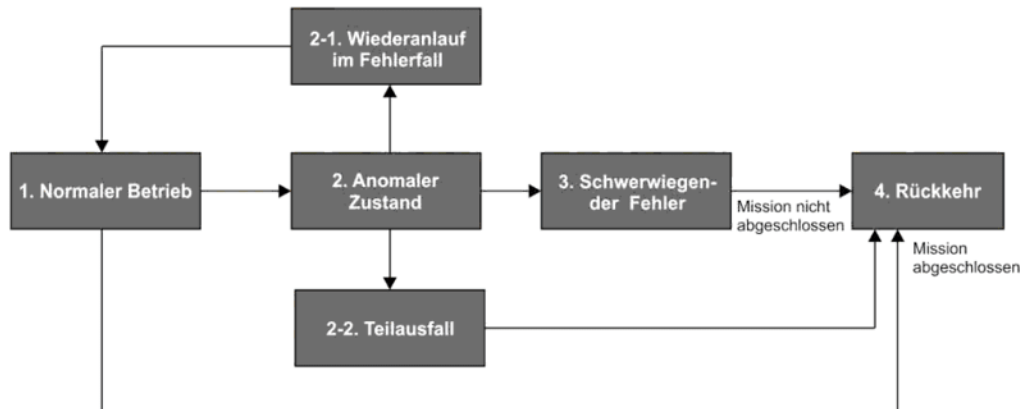


Bild 4.1 – Diagramm für den Status des mobilen unbemannten automatisierten Systems

4.2.2 Zugewiesene Aufträge für das mobilen unbemannte automatisierte System

4.2.2.1 Inspektion

Das MUAS muss mit speziellen Sensormodulen wie Ultraschall- und Infrarotsensoren, Fernsehkameras ausgestattet sein, die für die Prüfung der Integrität von Komponenten wie Reaktorbehälter oder Dampferzeuger sowie für die Integrität von Schweißverbindungen oder Kabeln vor Inbetriebnahme und/oder im Betrieb in kerntechnischen und radiologischen Anwendungen vorgesehen sind.

Das MUAS muss in der Lage sein, während der Auftragsdurchführung folgende Prüfungen durchzuführen:

- 1) Überprüfung der Schweißstellen des Reaktorbehälters, wie z. B. der Verbindungen von Mantel zu Mantel, von Mantel zu Anschluss und von Anschluss zu Rohrleitung,
- 2) Überprüfung der Korrosion oder Leckage des Reaktorbodens und -deckels,
- 3) Überprüfung der Schlammansammlung auf der Sekundärseite des Dampferzeugers,
- 4) Überprüfung eines Rohrbündels im Dampferzeuger,
- 5) Überprüfung der Leckage von abgebrannten Brennelementen,
- 6) Überprüfung des Inneren von Rohrleitungen und der Verkabelung.

ANMERKUNG Die meisten der MUAS für die oben genannten Prüfaufgaben sind in der Regel während ihres Einsatzes sicher an den zu inspizierenden Komponenten befestigt und werden nach dem Einsatz durch Menschen de-installiert. Einige sind jedoch mobile Geräte, die größere oder anspruchsvollere Bereiche abdecken.

4.2.2.2 Reparatur

Das MUAS kann beispielsweise in der Lage sein, folgende Reparaturen durchzuführen:

- 1) Fremdkörper suchen und entfernen im Primär- und Sekundärkreis,
- 2) Schweißen des Inneren des Reaktorbehälters und des Reaktordeckels oder -bodens,
- 3) Installation und Entfernung des Fremdmaterial im Stutzenbereich im Dampferzeuger,
- 4) Reinigung von Verschammung auf der Sekundärseite des Dampferzeugers,
- 5) Reinigung von oder Setzen von Stopfen in Rohren des Dampferzeugers.

4.2.2.3 Handhabung von radioaktivem Material

Das MUAS muss folgende Arbeiten mit radioaktiven Stoffen durchführen:

- 1) Rückholung eines Kernbrennstoffpellets, das während des Transports abgebrannter Brennelemente aus Brennstäben verloren wurde,
- 2) Reinigung und Entfernung von radioaktivem Schlamm in Tanks oder Sümpfen,
- 3) Durchführung der Entnahme radioaktiver Quellen.

Aufgrund hoher Dosisleistungen muss ein solches MUAS für die Handhabung radioaktiver Stoffe so entworfen und verifiziert werden, dass die Zuverlässigkeit während der Arbeitsperiode sichergestellt bleibt.

Manchmal ist die Arbeitsumgebung so kompliziert, dass die Manövrierfähigkeit des MUAS durch innere Strukturen, wie z. B. Rohrleitungen, erheblich eingeschränkt sein kann.

Das MUAS, das für den Umgang mit radioaktiven Stoffen bestimmt ist, muss für die Anwendung von Wasch- und Dekontaminationslösungen nach Beendigung seines Auftrags angepasst sein.

4.2.2.4 Statusüberwachung der Einrichtung

Das MUAS kann verwendet werden, um Informationen über die Umgebung zu sammeln und diese bei Bedarf an die Bedienperson zu senden.

- 1) Die Informationen umfassen Video- und Sensordaten, die den Zustand der Umgebung wie Temperatur, Luftfeuchte und Strahlungsstärke betreffen. Ein Steuerungssystem muss in der Lage sein, Video- und Sensordaten zu integrieren, um die Informationen der Bedienperson in geeigneter Form zu präsentieren. Manchmal wird die Lokalisierung des Ursprungs eines Kühlmittelverlusts oder der Betriebszustand der Ausrüstung in Echtzeit überwacht. Abhängig von der Situation kann die Zeit, die ein MUAS benötigt, um das Zielgebiet zu erreichen, wichtiger sein.
- 2) Das MUAS muss mit relevanten Überwachungssensoren ausgestattet sein und kann mit einem Teleskopmast ausgestattet sein, um Zugang zu höheren Bereichen zu erhalten. Abhängig von den Eigenschaften der zu überwachenden Umgebungen unterscheiden sich MUAS in ihren Formen stark. Um Höhenbereiche durch bestimmte komplizierte Strukturen zu überwachen, kann ein unbemanntes Fluggerät benötigt werden. Um Zugang zu einem Unterwasserbereich zu erhalten, muss die Wasserdichtheit sichergestellt sein.

4.2.2.5 Wiederherstellung von Funktionen nach einem Unfall

Für die Wiederherstellung von Funktionen nach einem kerntechnischen Unfall muss das MUAS innerhalb und/oder außerhalb eines Gebäudes folgende Funktionen ausführen können:

- 1) Probenahme, Charakterisierung und Messung von Umweltparametern (Dosis, Dosisleistung, Strahlungsarten und -energien, feste und/oder luftgetragene Kontamination, Gase wie Wasserstoff und Edelgase wie ^{85}Kr usw.),
- 2) Dekontamination von internen Oberflächen in Räumen wie Böden, Wänden und Decken
- 3) Dekontamination von Außenbereichen wie Dächer und andere Oberflächen.
- 4) Entfernung von Kernbrennstoffrückständen
- 5) Kartieren der Struktur des Gebäudes
- 6) Überprüfung der Funktion von Ventilen, Stellantrieben, Steuerschaltern oder Tastern
- 7) Transportieren von schweren Lasten, die für die Wiederherstellung benötigt werden
- 8) Überprüfung von Anzeigen, Messwerten und Instrumentierungen
- 9) Beprobung von Boden, Flüssigkeit und Luft mittels eines Manipulators in Spezialcontainer
- 10) Installieren von Schildern, um gefährliche Bereiche zu markieren
- 11) Suchen und Lokalisierung von kompakten Strahlungsquellen mit richtungsempfindlichen Gammastrahlungsmessgeräten, die auf der mobilen Plattform oder dem Manipulator installiert sind

4.2.2.6 Dekontamination und Stilllegung

Das MUAS ist für die Stilllegungs- und Dekontaminationsaktivitäten zu verwenden, die in drei Schritte unterteilt sind:

- 1) Der erste Schritt besteht darin, ein genaues Modell des tatsächlichen Anlagenlayouts zu erhalten oder zu erstellen, entweder durch menschliches Personal oder Prüfung/Erkundung durch MUAS in Abhängigkeit vom Grad der Radioaktivität. Dies beinhaltet die Verwendung von Abtasttechniken durch Laser, Kameras, Gammadetektoren usw.
- 2) Im zweiten Schritt erfolgt die Vorbereitung der Stilllegungs-/Dekontaminationsarbeiten selbst mittels Simulatoren oder Virtual-Reality-Simulation unter Verwendung der im ersten Schritt gesammelten Daten und/oder einer 3D-Modellierung. Dies ermöglicht das Testen verschiedener Strategien und das Optimieren der Aufgabendauer des MUAS.
- 3) Schließlich können die Aufgaben selbst mit dem MUAS ausgeführt werden, das mit geeigneten Werkzeugen wie Plasmabrennern, Schleifmaschinen, Staubabsaugern usw. ausgestattet sind.

Diese MUAS müssen hierzu keine ausgeklügelten Fern- und Übertragungsfunktionen enthalten, wie dies bei MUAS der Fall ist, die für Notfalleinsätze gedacht sind.

4.3 Arbeitsumgebung

Das MUAS wird nicht nur in hochradioaktiven Umgebungen wie Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren und Lagern für radioaktive Abfälle verwendet, sondern auch in einer für Menschen riskanten Umgebung wie bei hohen Temperaturen und Luftfeuchte, toxischen/explosiven Gaslecks, engen Räumen und erhöhten Flächen.

4.4 Aufbau des mobilen unbemannten automatisierten Systems

Der Aufbau des MUAS, wie in Bild 4.2 gezeigt, ist in einen lokalen Teil und einen entfernten Teil unterteilt. Ein lokaler Teil arbeitet am lokalen Standort, wo die Arbeit ausgeführt wird, und ein entfernter Teil arbeitet am entfernten Standort, wo die menschliche Bedienperson die Situation des Standorts überwacht und Befehle erteilt. Die zwei Teile können miteinander kommunizieren und Informationen austauschen.

Der lokale Teil interagiert mit der Umgebung und der entfernte Teil interagiert mit der menschlichen Bedienperson über die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMI).

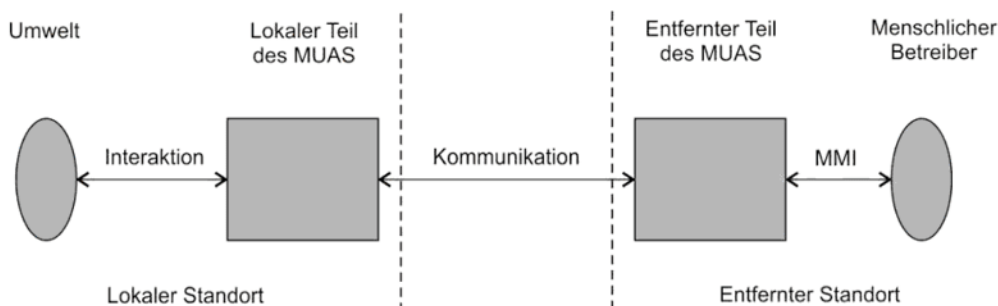


Bild 4.2 – Aufbau des mobilen unbemannten automatisierten Systems

Die Funktionen des lokalen Teils des MUAS in Bild 4.3 sind wie folgt.

- Die Sensorfunktion sammelt notwendige Informationen für Bewegung, Betrieb und Auftragsausführung.
- Die Manipulationsfunktion einschließlich der Endeffektorfunktion bewegt den Endeffektor in die gewünschte Zielposition und -haltung.
- Es enthält eine automatische Endeffektor-Austauschfunktion, wenn verschiedene Endeffektoren für die Auftragsausführung benötigt werden.
- Die Mobilitätsfunktion ermöglicht dem Sensor oder Manipulator den Zugriff auf den Zielbereich, in dem der Auftrag ausgeführt wird.