

## 0.1 Testspezifikation

Dieses Unterkapitel behandelt die Entstehung und den Aufbau der Testspezifikation. Die Testspezifikation ist an sich kein eigener Schritt in der Analysephase, sondern entwickelt sich in über die verschiedenen Schritte der Analyse hinweg.

Testkriterien werden bereits in den Anforderungen aufgestellt und dienen als Abnahmekriterium für diese. Neben den funktionalen und nicht funktionalen Anforderungen, entsteht die Testspezifikation aus sowohl der Anwendungsfallspezifikation, der Verhaltensspezifikation und den Partitionierungsinformationen.

Die Dokumentation der Testfälle erfolgt in Tabellenform. Die Tabelle unterteilt sich in die Einträge **ID**, **Name**, **Beschreibung**, **Vorgehensweise**, **Erwartungswert** und **Spezialfälle**. Im Feld *ID* wird wie auch schon bei der Anforderungsanalyse eine Bezeichnung vergeben, über welche der **tf!** (**tf!**) ohne Verwechslung identifiziert und differenziert werden kann. In den Einträgen *Name* und *Beschreibung* wird der Testfall benannt und kurz beschrieben. Im Feld *Vorgehensweise* wird die schrittweise Prüfung des jeweiligen Testfalls beschrieben. Der *Erwartungswert* ist der gewünscht bzw. geforderte Wert nach Durchführung des Tests. Zuletzt werden noch *Spezialfälle* mit in die Tabelle aufgenommen. Es handelt sich um besonders kritische Testfälle eine Anforderung betreffend. Das könnten z. B. Testfälle an der Toleranzgrenze sein.

Die Testspezifikation schließt an die Testkriterien aus den bereits erwähnten Unterkapiteln der Analysephase an und hat zum Ziel diese zu konkretisieren und gesammelt darzustellen. Nachfolgend finden sich die Testkriterien des mehrachsigen Positioniersystems.

Die Durchführung der Testfälle wird im Unterkapitel Testprüfung im Implementationsteil der Arbeit protokolliert.

<b>Identifikationsnummer</b>	TF_01
<b>Name</b>	Prüfung der Vollständigkeit
<b>Beschreibung</b>	Es soll sichergestellt werden, dass alle in den Anforderungen ermittelten Systemkomponenten verbaut wurden.
<b>Vorgehensweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sichtprüfung Endlagesensoren vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Not-Halt-Taster vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Lichtvorhang vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Signalampel vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Schaltschrank vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Bedienpanel an Schaltschrankfront vollständig vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Schneider Electric <b>lmc!</b>400c, <b>lxm!</b> 62P und <b>lxm!</b> 62D vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Wago PFC200 Steuerung vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung sichere und nicht-sichere Modicon TM5 <b>ea!</b>-Module vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Schneider Electric <b>slc!</b> vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Plexiglasscheiben vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung E-Ketten vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung zwei Achsen vorhanden (eine Vertikale, eine Horizontale)</li> <li>• Sichtprüfung zwei Servomotoren angeschlossen</li> <li>• Sichtprüfung Greifkomponente vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Netzschutz vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Netzdrossel vorhanden</li> <li>• Sichtprüfung Leitungsschutzschalter für 24V- und 400V-Ebene vorhanden</li> </ul>
<b>Erwartungswert</b>	Alle in der Auflistung aufgezählten Komponenten wurden eingebaut/verbaut.
<b>Spezialfälle</b>	—

Tabelle 1: Testfall - Prüfung der Vollständigkeit von Systemkomponenten

Identifikationsnummer	TF_02
Name	Prüfung der Verdrahtung
Beschreibung	Es soll sichergestellt werden, dass alle Komponenten (richtig) verdrahtet sind.
Vorgehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>lmc!</b> fährt nach Einschalten des Systems hoch (Display zeigt IP-Adresse)</li> <li>• Wago PFC200 fährt nach Einschalten des Systems hoch (Front-LEDs leuchten grün)</li> <li>• Status-LED des Netzteils (<b>lxm!</b> 62P) aktiv</li> <li>• Power-LED des Netzteils (<b>lxm!</b> 62P) aktiv</li> <li>• Status-LED des Servoreglers (<b>lxm!</b> 62D) aktiv</li> <li>• Power-LED des <b>slc!</b> leuchtet grün</li> <li>• LEDs an Modicon-Modulen leuchten auf</li> <li>• Ready-Relais Ausgang des Netzteils mit Netzschütz verdrahtet</li> <li>• Initiator клемmen für Endlagesensoren leuchten entsprechend des Schaltzustandes</li> <li>• Initiator клемmen für den Lichtvorhang leuchten entsprechend des Schaltzustandes</li> <li>• LEDs der Not-Halt Sicherheitseingänge leuchten entsprechend des Schaltzustandes</li> <li>• Leitungsschutzschalter schalten die jeweilige Spannungsebene (ab)</li> <li>• Iverter-Enable Eingang des Servoreglers mit Sicherheitsausgängen des <b>slc!</b> verdrahtet</li> <li>• Netzdrossel in 400V-Ebene verdrahtet</li> </ul>
Erwartungswert	Alle in der Auflistung aufgezählten Komponenten wurden eingebaut/verbaut.
Spezialfälle	Der Einbau von sowohl des Netzschützes als auch der Netzdrossel sind grundsätzlich fakultativ, es wird jedoch im Handbuch empfohlen beide Komponenten aus Sicht der Verbesserung der funktionalen Sicherheit zu verbauen.

Tabelle 2: Testfall - Prüfung der vollständigen und korrekten Verdrahtung

<b>Identifikationsnummer</b>	TF_03
<b>Name</b>	Prüfung der Hardwarekonfiguration
<b>Beschreibung</b>	Es soll sichergestellt werden, dass alle Komponenten korrekt konfiguriert und parametrierung wurden.
<b>Vorgehensweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reale Steuerung wurde in Steuerungsauswahl selektiert</li> <li>• Jeder SERCOS Busteilnehmer hat eine eigene Topologische Adresse entsprechend der realen Anordnung in der Ringstruktur des Busses</li> <li>• Der SERCOS-Bus befindet sich in Phase 4 (Ringkommunikation) und ermöglicht den Datenaustausch zwischen allen Busteilnehmern</li> <li>• Bewegungsparameter (Geschwindigkeit, Beschleunigung) der beiden Achsen wurden in den ServoreglerEinstellungen konfiguriert</li> <li>• Physikalische Parameter der beiden Motoren wurden in den Servoeinstellungen aufgenommen</li> <li>• Netzteil wurde entsprechend der realen Verdrahtung konfiguriert</li> <li>• Diagnosemaske für offene Ausgänge am <b>lmc!</b> wurde gesetzt</li> <li>• Adressbereiche des <b>slc!</b> für den Datenaustausch mit dem <b>lmc!</b> wurden freigegeben</li> <li>• Verdrahtete Ein- und Ausgänge wurden in einer globalen Variablenliste gemappt</li> <li>• Sichere Ein- und Ausgangsmodule wurden entsprechend der zeitlichen Anforderungen parametrierung</li> </ul>
<b>Erwartungswert</b>	Die aufgelisteten Einstellungen zu den jeweiligen Komponenten wurden entsprechend der Anforderungen und des realen Aufbaus angewendet.
<b>Spezialfälle</b>	—

Tabelle 3: Testfall - Prüfung der Korrektheit der Hardwarekonfiguration und Parametrierung

Anschließend an die allgemeinen Testfälle zu dem physikalischen und elektrischen Aufbau des mehrachsigen Positioniersystems inklusive der Konfiguration und Parametrierung der einzelnen Steuerungskomponenten (Steuerungshardware), folgen nun konkrete Testfälle zu den einzelnen Funktionalitäten des Systems. Dazu werden erneut die Testkriterien aus den einzelnen Anforderungen der Anforderungsanalyse herangezogen.

Identifikationsnummer	TF_04
Name	Prüfung Handmodus
Beschreibung	Durch Nutzereingaben ist es möglich den Handmodus des Systems auszuwählen und diesen anschließend zu nutzen.
Vorgehensweise	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Anlage einschalten und vollständig hochfahren lassen</li><li>2. Über Wahlschalter am Schaltschrank oder Button in <b>gui!</b> Handmodus auswählen</li><li>3. Bestätigung der Auswahl des Handmodus über <i>START</i>-Taster (in <b>gui!</b> oder realer Taster)</li><li>4. Betätigung der schwarzen Richtungsgeber-Taster (oder <i>Jog+</i> / <i>Jog-</i> in <b>gui!</b>)</li><li>5. Betätigung der weißen Greifer Taster</li></ol>
Erwartungswert	Zunächst wird der ausgewählte Handmodus über das Aufleuchten der weißen Bedientaster am Schaltschrank signalisiert bzw. durch die grüne Hinterlegung des Modus in der <b>gui!</b> . Die Bestätigung der Auswahl führt zum Einschalten der LED am <i>START</i> -Taster. Das anschließende Tasten der Richtungsgeber-Taster führt zu sichtbaren Bewegungen der Positioniereinheit. Die Betätigung des oberen weißen Taster schwenk den Greifarm um 180°. Der untere weiße Taster öffnet/schließt den Greifer.
Spezialfälle	Sehr kurzes Tasten der Jog-Buttons bzw. der Richtungsgeber-Taster führt nur zu minimalen nicht sichtbaren Bewegungen.

---

Tabelle 4: Testfall - Prüfung der Handmodusfunktionalität

<b>Identifikationsnummer</b>	TF_05
<b>Name</b>	Prüfung Automatikmodus
<b>Beschreibung</b>	Nach Auswahl des Automatikmodus findet eine autonome Abarbeitung des vorgegebenen Positionierprogrammes statt.
<b>Vorgehensweise</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programm mit absoluten Positionierpunkten auf die Steuerung downloaden</li> <li>2. Anlage einschalten und vollständig hochfahren lassen</li> <li>3. Über Wahlschalter am Schaltschrank oder Button in <b>gui!</b> Automatikmodus auswählen</li> <li>4. Bestätigung der Auswahl des Automatikmodus über <i>START</i>-Taster (in <b>gui!</b> oder realer Taster)</li> <li>5. Betätigung des <i>STOP</i>-Tasters nach beliebiger Zeit</li> </ol>
<b>Erwartungswert</b>	Die Positioniereinheit fährt selbstständig die definierten Positionen ab, solange bis der <i>STOP</i> -Taster gedrückt wird. Das System beendet dann den aktuellen Zyklus und hält am Ausgangspunkt.
<b>Spezialfälle</b>	Die Vorgabe von Trajektorien und Greifaufgaben kann in das Programm integriert werden und sollte mit Hilfe von Trace-Diagrammen und simplen Testobjekten überprüft werden.

Tabelle 5: Testfall - Prüfung des Automatikmodus

<b>Identifikationsnummer</b>	TF_06
<b>Name</b>	Prüfung Geschwindigkeitsvorgabe
<b>Beschreibung</b>	Die Geschwindigkeit der Bewegung auf der x- und z-Achse ändert sich entsprechend der vorgegeben Parameter über die Bedienung.
<b>Vorgehensweise</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. System einschalten, Handmodus auswählen und bestätigen</li><li>2. Potentiometer zur jeweiligen Achse auf die niedrigste Einstellung drehen</li><li>3. Beide Achsen getrennt voneinander einmal joggen lassen</li><li>4. Potentiometer zur jeweiligen Achse auf die höchste Einstellung drehen</li><li>5. Beide Achsen erneut joggen</li></ol>
<b>Erwartungswert</b>	Das erstmalige Joggen der horizontalen und vertikalen Achse führt zu einer sehr langsamen Bewegung. Nach der Einstellung der Fahrgeschwindigkeit über die Potentiometer auf den höchstmöglichen Wert bewegen sich die Achsen merklich um ein vielfaches schneller.
<b>Spezialfälle</b>	—

---

Tabelle 6: Testfall - Prüfung der Geschwindigkeitsvorgabe



<b>Identifikationsnummer</b>	TF_07
<b>Name</b>	Prüfung Endlagenfunktion
<b>Beschreibung</b>	Erreicht eine der Achsen seine Endlage, wird jegliche weitere Bewegung in diese Richtung verhindert. Befindet sich eine Achse in einer Endlagen nahen Position, bewegt diese sich verlangsamt.
<b>Vorgehensweise</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. System einschalten, Handmodus auswählen und bestätigen</li> <li>2. Joggen einer ausgewählten Achse (kontinuierliches Drücken des Tasters bis das Ende der jeweiligen Achse erreicht ist.)</li> <li>3. Wiederholen für alle vier Endlagen des Positioniersystems</li> </ol>
<b>Erwartungswert</b>	Das Erreichen eines Endlagesensors führt zum Bremsen und anschließenden Halten der Bewegung der jeweiligen Achse, die die Endlageposition erreicht hat. Anhand des Traces zu den durchgeführten Fahrten ist das langsamere Bewegen in Endlagennähe zu erkennen.
<b>Spezialfälle</b>	—

Tabelle 7: Testfall - Prüfung der Endlagefunktionalität

<b>Identifikationsnummer</b>	TF_08
<b>Name</b>	Prüfung funktionale Sicherheit
<b>Beschreibung</b>	Die Not-Halt funktion durch Tasterbetätigung oder Lichtvorhangauslösung soll zum Halt jeglicher Bewegung führen. Dabei sollen die Zeitanforderungen an die Sicherheitsfunktionen eingehalten werden.
<b>Vorgehensweise</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. System einschalten, Handmodus auswählen und bestätigen</li> <li>2. Über Potentiometer die maximale Geschwindigkeit der Achsen einstellen</li> <li>3. Achsen des Systems kontinuierlich joggen lassen</li> <li>4. Auslösung eines Not-Halt-Tasters während sich mindestens eine Achse bewegt (wiederholen für alle Not-Halt-Taster inklusive der Softwareimplementierung)</li> <li>5. Auslösen des Lichtvorhangs mit einem Testobjekt während sich mindestens eine Achse bewegt</li> <li>6. Messung des Fahrweges nach Auslösung</li> <li>7. Messung der Abbremsdauer der Achse(n)</li> <li>8. Messung der Auslösezeit des Lichtvorhangs</li> <li>9. Messung der Abschaltzeit des Servoreglers</li> </ol>
<b>Erwartungswert</b>	Nach spätestens 50ms schaltet der ausgelöste Lichtvorhang die zugehörigen Eingänge am <b>slc!</b> . Die Auslösung eines Not-Halts durch Tasterbetätigung oder Lichtvorhangauslösung führt nach spätestens 200ms zum vollständigen Abbremsen des Systems und spätestens 250ms zum Abschalten des Servoreglers. Dabei darf der noch zurückgelegte Fahrweg nach Auslösung nicht mehr als 5cm betragen.
<b>Spezialfälle</b>	—

Tabelle 8: Testfall - Prüfung der funktionalen Sicherheit

<b>Identifikationsnummer</b>	TF_09
<b>Name</b>	Prüfung Reset-Funktion
<b>Beschreibung</b>	Nach einem Not-Halt Ereignis kann die Anlage über den <i>RESET</i> -Taster wieder in den Betrieb übergehen.
<b>Vorgehensweise</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. System einschalten, Handmodus auswählen und bestätigen</li><li>2. Achsen des Systems joggen lassen</li><li>3. Auslösen eines Not-Halts</li><li>4. Testen der Jog-Funktion</li><li>5. Betätigen des <i>RESET</i>-Tasters (gleichzeitig der Start-Taster)</li><li>6. Erneut Achsen des Systems joggen lassen</li></ol>
<b>Erwartungswert</b>	Nach Auslösung des Not-Halts führt der Jog-Befehl zu keiner Bewegung der Achsen. Erst nach quittierung des Fehlers über den Reset-Taster führt ein erneuter Jog-Befehl wieder zu Achsenbewegungen.
<b>Spezialfälle</b>	—

---

Tabelle 9: Testfall - Prüfung der Reset-Funktion

<b>Identifikationsnummer</b>	TF_10
<b>Name</b>	Prüfung Programmierschnittstelle
<b>Beschreibung</b>	Es gilt die Möglichkeit von jedem Laborrechner aus die Anlage zu programmieren zu überprüfen.
<b>Vorgehensweise</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. System einschalten</li><li>2. LogicBuilder Software auf Laborrechner öffnen</li><li>3. Neues Projekt anlegen</li><li>4. Im Reiter Steuerungsauswahl den Systemzugehörigen <b>lmc!</b> finden</li><li>5. Auslösen der Funktion „Visuelles Signalisieren“</li><li>6. Wiederholen von jedem Laborrechner</li></ol>
<b>Erwartungswert</b>	Jeder Laborrechner kann die Steuerung des Systems finden und über die Funktion „Visuelles Signalisieren“ die Status-LED des <b>lmc!</b> zum blinken bringen.
<b>Spezialfälle</b>	—

---

Tabelle 10: Testfall - Prüfung der Programmierschnittstelle

<b>Identifikationsnummer</b>	TF_11
<b>Name</b>	Prüfung OPC UA Kommunikation
<b>Beschreibung</b>	Über einen OPC Client sollen ausgewählte Prozessdaten von dem als OPC Server fungierenden <b>Imc!</b> empfangen werden.
<b>Vorgehensweise</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. System einschalten und hochfahren lassen</li><li>2. Die Software OPC-Watch auf einem Laborcomputer ausführen</li><li>3. OPC Adresse, Nutzernamen und Passwort des Positioniersystems eingeben</li><li>4. Verbindung zur Laboranlage starten</li></ol>
<b>Erwartungswert</b>	In der Baumstruktur des OPC-Datensatzes können im Vorgegebenen Unterverzeichnis mit dem Namen der globalen Variablenliste des Steuerungsprogramms alle übertragenen Prozessdaten ausgelesen werden.
<b>Spezialfälle</b>	Die Messdaten der Wago Energieklemme stehen über einen separaten OPC Server mit eigener Adresse bereit. Das Vorgehen bleibt jedoch das gleiche.

---

Tabelle 11: Testfall - Prüfung der OPC UA Kommunikation

<b>Identifikationsnummer</b>	TF_12
<b>Name</b>	Prüfung Signalampel
<b>Beschreibung</b>	Die rot-grüne Signalampel bzw. Signalsäule soll den aktuellen Betriebszustand anzeigen.
<b>Vorgehensweise</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. System einschalten und hochfahren lassen</li><li>2. Handmodus auswählen und bestätigen</li><li>3. Achse(n) des Systems joggen lassen</li><li>4. Not-Halt auslösen</li></ol>
<b>Erwartungswert</b>	Ist das System hochgefahren, leuchtet die Ampel ausschließlich grün (Leerlauf -> grünes Dauerleuchten). Bewegt sich mindestens eine Achse blinkt die Ampel abwechselnd rot-grün (Signalisierung Gefahrensituation). Liegt ein Not-Halt-Ereignis vor, leuchtet die Signalsäule dauerhaft rot.
<b>Spezialfälle</b>	—

---

Tabelle 12: Testfall - Prüfung der Signalampel