

## 0.1 Anforderungsanalyse

In der Analysephase der Systementwicklung werden die Kundenanforderungen zusammengetragen und untersucht. Dabei stellt die Anforderungsanalysephase den ersten Schritt zum Aufstellen der initialen Dokumente für den Prozess dar. In weiteren Iterationen liegen der Anforderungsanalyse zusätzlich zu der ursprünglichen Aufgabenstellung noch die Ergebnisse der Tests und die erkannten Analysefehler ebenfalls als Quelle vor.

Die Ermittelten Anforderungen werden untergliedert in funktionale und nicht-funktionale Anforderungen (kurz **fa!s** und **nfa!s**). Diese Unterteilung findet in der Arbeit in separaten Unterabschnitten statt, die sich nachfolgend anschließen. Die Identifikation der Stakeholder ist grundsätzlich der Anforderungsanalyse zugehörig, wird jedoch in einem gesonderten, sich der Anforderungsanalyse anschließenden, Unterkapitel behandelt, da es sich im Kontext des Konzeptionsteils dieser Arbeit um einen Kernabschnitt handelt.

Zur übersichtlichen Einordnung des jeweiligen Analyseschrittes wird die Grafik Analysephase eingeführt, an der sich die folgenden Kapitel entlangbewegen. Die Anforderungsanalyse kann auf der linken Seite der Grafik identifiziert werden und untergliedert sich in die bereits erwähnten drei Unterpunkte.

Die folgenden Abschnitte betrachten die Erstellung einer konkreten Anforderungsspezifikation, die zum Startbeginn des Entwicklungsprozesses vorliegen muss. In den Unterabschnitten zu den **fa!s** (**fa!s**) und **nfa!s** (**nfa!s**) werden die notwendigen Anforderungen für die Entwicklung der Laboranlage vorgestellt. Dabei sind die Hardwareanforderungen nur beispielhaft aufgelistet, da die Systemhardware nur eine untergeordnete Relevanz in dieser Arbeit hat. Alle nicht aufgeführten Anforderungen wurden ergänzend im Anhang beigelegt.

Aus der theoretischen Grundlagen bereits erkenntlich, bestehen Anforderungen aus Zielen, die im Rahmen der Entwicklung erreicht werden sollen. Dabei handelt es sich um einfachen Text, der nach Absprachen mit dem Kunden dokumentiert wird. Konkret geht es im Fall dieser Arbeit um die definierten Aufgaben und Ziele, welche durch Professoren/innen und Laboringenieure/innen bzw. Mitarbeiter/innen des Fachbereiches aufgestellt wurden. Auch selbstauferlegte Aufgaben (Anforderungen des Systementwicklers) werden mit aufgeführt. Im ersten Schritt ist es notwendig die Menge aller Aufgaben zu konkretisieren, um überflüssige und irrelevante Lösungen diese betreffend zu vermeiden.

Ausgangspunkt für die Entwicklung des mehrachsigen Positioniersystems sind folgende Kernanforderungen bzw. Ziele. Es wird gefordert, eine Laboranlage zu entwickeln, die simple Transportgüter sicher von einer Aufnahme-Position zu einem Ablageort transportieren kann. Dies soll über zunächst zwei Achsen geschehen, die es ermöglichen Bewegungen in horizontale Richtung (X-Achse) und vertikale Richtung (Z-Achse) durchzuführen. Dabei ist es relevant, dass verschiedene Trajektorien von der Anlage gefahren werden können, welche durch den Nutzer programmatisch vorgegeben werden. Die Bewegung der Achsen erfolgt über zwei getrennt ansteuerbare Servomotoren, die über einen Servoregler mit einer Industriesteuerung verbunden sind. Die Steuerungskomponenten sind bereits vorhanden

und müssen verwendet werden. Konkret handelt es sich um den **lmc!**101 (Logic Motion Controller) von Schneider Electric, das **lxm!** 62 P Netzgerät (engl. Powersupply, ebenfalls von Schneider Electric) und den **lxm!** 62 D Doppelantrieb (engl. Double Drive). Zusätzlich soll eine PFC200 Steuerung von Wago zum Einsatz kommen, mit der Betriebsströme gemessen und für die Weiterverarbeitung bereit gestellt werden können. Weiterhin sollen auch ausgewählte Prozessdaten aus dem Systemablauf für die externe Verarbeitung zur Verfügung gestellt werden. Es ist vorgegeben, dass diese Daten per **opc!** (**opc!**) **ua!** (**ua!**) Schnittstelle ausgelesen werden können. Kernziel bei der Entwicklung des Laborsystems ist es die Möglichkeit bereitzustellen, dass die Positioniereinheit von jedem Laborplatz programmiert und als Testsystem für den Lehrzweck eingesetzt werden kann. Für den Betrieb der Anlage sind zwei Betriebsmodi vorgesehen. Ersterer, der Automatikbetrieb soll einen Vollautomatischen Prozessablauf ermöglichen, bei welchem eine konkrete Positionieraufgabe zyklisch durchgeführt wird. Zweiterer, der Handbetrieb, nimmt manuelle Steuerbefehle vom Nutzer entgegen, bei welchen über Tastereingaben an der Laboranlage, Fahrbewegungen entlang der beiden Achsen durchgeführt werden können. Die Auswahl bzw. ein Wechsel zwischen den Betriebsmodi, ist über einen Wahltaster zu implementieren. Außerdem ist ein Schutz für die Anlage und deren Nutzer, sowie sich um das Positioniersystem befindende Personen zu implementieren. Der Schutz ist manuell auslösbar über Not-Halt Taster an der Laboranlage und durch einen Lichtvorhang vor dem Fahrbereich der beiden Achsen. Abschließend wird gefordert, dass es zu einem späteren Zeitpunkt noch möglich ist, das System um weitere Achsen und Peripheriegeräte wie bspw. Förderbänder zu erweitern.

### 0.1.1 Funktionale Anforderungen

Der erste Unterabschnitt der Anforderungsanalyse behandelt die Modellierung der funktionalen Anforderungen des Prozesses. Im Requirements Engineering beschreiben Funktionale Anforderungen gewünschte Funktionalitäten des Systems. Konkret steht im Mittelpunkt der Analyse, welche Fähigkeiten das System besitzen soll bzw. was es umgangssprachlich formuliert tun kann. Die Auflistung der Anforderungen ist eine Sammlung von systemspezifischen Daten, sowie eine grundlegende Beschreibung des Systemverhaltens.

Die Dokumentation der funktionalen Anforderungen erfolgt typischerweise in Tabellenform. Bereits in den Anforderungen wird ein Abnahmekriterium für diese formuliert, um bei der Inbetriebnahme des Systems die Erfüllung der Anforderung bestätigen oder widerlegen zu können.

Die nachfolgenden Tabellen zu den funktionalen Anforderungen sind wie folgt strukturiert. Im ersten Eintrag, der **Beschreibung**, wird zunächst in kurzer Textform die Anforderung an das System formuliert. Im nächsten Punkt, dem **Abnahmekriterium** findet eine Erklärung zur Überprüfung der Umsetzung behandelter Anforderung statt. Die Tabellenzeile **Quelle** verweist auf einen oder mehrere Einträge in der Stakeholdertabelle, welche im ?? vorgestellt wird. Bei Nachfragen zu der jeweils behandelten funktionalen

Anforderung ist die Tabelle zur Klärung durch den Prozessentwickler heranzuziehen. Der Eintrag **Begründung** enthält Informationen zur Relevanz der Anforderung, die in der Tabelle beschrieben wird. Dem Punkt **Abhängigkeit** unterliegt eine besondere Wichtigkeit, da hier alle Anforderungen aufgelistet sind, die auf der in der Tabelle beschriebenen Anforderung basieren bzw. in direkter Abhängigkeit zu dieser stehen. Der letzte Eintrag, die **Identifikationsnummer** (kurz **id!**) dient zur späteren Referenzierung und leichterem Nachschlagen einer Anforderung. Sie ist hilfreich, um Mehrdeutigkeiten zu vermeiden und eine eindeutige Identifizierung sicherzustellen.

Die Nachfolgenden Tabellen folgen dem beschriebenen Muster und beinhalten alle funktionalen Anforderungen des mehrachsigen Positioniersystems. Die Anforderungen an die Hardware des Systems sind nur Beispielhaft am Ende des Unterabschnittes erwähnt. Alle nicht erwähnten Anforderungen können im Anhang nachgeschlagen werden.

<b>Beschreibung</b>	Das Positioniersystem soll über einen dedizierten Einschalter unter Spannung gesetzt werden können.
<b>Abnahmekriterium</b>	Test des gekennzeichneten Einschalters unter Prüfung der Systemspannung nach Betätigung des Schalters.
<b>Quelle</b>	Laborpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Es wird verlangt, bei Nichtnutzung des Systems dieses zu deaktivieren um das Gefahrenrisiko zu minimieren.
<b>Abhängigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Die Positioniereinheit kann erst nach dem Einschalten genutzt werden (Auswahl des Betriebsmodus).</li><li>• Es sind Schutzmaßnahmen für Anwender und Anlage umzusetzen, um das Gefahrenrisiko zu minimieren.</li></ul>
<b>Identifikationsnummer</b>	1.1.1

Tabelle 1: Funktionale Anforderung - Ein-Schalter

<b>Beschreibung</b>	Über einen Wahlschalter soll der Betriebsmodus des mehrachsigen Positioniersystems vorgegeben werden können.
<b>Abnahmekriterium</b>	Auswahl des Betriebsmodus wird über die jeweilige Indikatorenleuchte bestätigt. Der ausgewählte Betriebsmodus kann genutzt werden.
<b>Quelle</b>	Prozessentwickler siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Es ist hilfreich die Auswahl zwischen dem Normalbetrieb (Automatikbetrieb) und dem Handbetrieb zu haben, um das System besser Testen und kalibrieren zu können.
<b>Abhängigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Abarbeitung der Schritte des Automatikbetriebs</li><li>• Laboranlage befindet sich in Bereitschaft für Eingaben im Handmodus</li><li>• Indikatorleuchten Betriebsmodi</li></ul>
<b>Identifikationsnummer</b>	1.1.2

Tabelle 2: Funktionale Anforderung - Wahlschalter Betriebsmodus

<b>Beschreibung</b>	Das Positioniersystem soll zwei bewegbare Achsen besitzen, die sich getrennt Steuerbar horizontal und vertikal auf ihrem jeweiligen Profil bewegen können.
<b>Abnahmekriterium</b>	Die beiden Achsen bewegen sich bei Tastereingaben im Handmodus und vollautomatisch im Automatikmodus.
<b>Quelle</b>	Lehrpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Um Positionieraufgaben durchführen zu können, müssen Achsen zum einsatz kommen, auf denen bzw. durch welche Bewegungen durchgeführt werden können.
<b>Abhängigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fahren von Trajektorievorgaben</li><li>• Joggen der beiden Achsen durch Nutzereingaben</li></ul>
<b>Identifikationsnummer</b>	1.1.3

Tabelle 3: Funktionale Anforderung - Positionieren auf zwei Achsen

<b>Beschreibung</b>	Bewegungen auf den zwei Achsen sollen gebremst werden können.
<b>Abnahmekriterium</b>	Sowohl ein Erreichen von Endlagepositionen, sowie Start- und Zielpositionen, die Nichtbetätigung von Bewegungstastern im Handmodus und das Auslösen des Not-Halts führen zu einem Bremsen und abschließendem Halten der Achsbewegungen.
<b>Quelle</b>	Lehrpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Bewegungen entlang der Achsen müssen auch wieder gestoppt werden können, um Beschädigungen der Anlage oder Verletzungen von Menschen zu verhindern.
<b>Abhängigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verhindern des Runterfallens des beweglichen Schlittens auf der vertikalen Achse (Z-Achse)</li><li>• Einhalten der Sicherheit für Leib und Leben</li></ul>
<b>Identifikationsnummer</b>	1.1.4

Tabelle 4: Funktionale Anforderung - Bremsen der Achsbewegungen

<b>Beschreibung</b>	Die Geschwindigkeit, mit der die Positioniereinheit Bewegungen durchführt, soll reguliert werden können.
<b>Abnahmekriterium</b>	Das Einstellen von Geschwindigkeiten über ein Potentiometer an der Schaltschrankfront führt zur Änderung der Fahrgeschwindigkeit der Achsen.
<b>Quelle</b>	Prozessentwickler siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Das Regulieren der Fahrgeschwindigkeit erleichtert auf der einen Seite die Identifikation von Fehlern (langsames Fahren), auf der anderen Seite kann die Dauer von Positionieraufgaben verringert werden (schnelleres Fahren).
<b>Abhängigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Positionieren auf Zwei Achsen</li><li>• Verringerung der Beschleunigung und Fahrgeschwindigkeit in Endlagennähe</li></ul>
<b>Identifikationsnummer</b>	1.1.5

Tabelle 5: Funktionale Anforderung - Regulierung der Fahrgeschwindigkeit

<b>Beschreibung</b>	Durch einen schwenkbaren Greifarm soll es möglich sein zu transportierende Objekte aufzunehmen und wieder abzulegen.
<b>Abnahmekriterium</b>	Transportobjekt befindet sich in Obhut des Systems und kann bewegt werden.
<b>Quelle</b>	Prozessentwickler siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Das Ausführen von Positionieraufgaben wird erst dann ein praxisnahes Beispiel, wenn auch typische Anwendungen aus der Praxis durchgeführt werden (z. B. Transportaufgaben in Hochregallagern).
<b>Abhängigkeit</b>	Bestückung und Abtransport von Auf- und Ablagepositionen mit Transportobjekten (Erweiterung - z. B. Förderbänder)
<b>Identifikationsnummer</b>	1.1.6

Tabelle 6: Funktionale Anforderung - Greifen von Transportobjekten



<b>Beschreibung</b>	Über Tastereingaben soll es möglich sein die beiden Achsen im Handmodus zu bewegen (joggen) und die Greifaktionen manuell auszulösen (triggern).
<b>Abnahmekriterium</b>	Tasteingaben auf dem Vierwegeschalter führen im Handbetrieb zu Achsbewegungen. Durch die Betätigung der vorgesehenen Taster schwenkt der Greifarm um 180° werden und der Greifer wird geöffnet bzw. geschlossen.
<b>Quelle</b>	Lehrpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Es sind Taster an unter anderem der Schaltschrankfront erforderlich, um das mehrachsige Positioniersystem im Handmodus nutzen zu können.
<b>Abhängigkeit</b>	---
<b>Identifikationsnummer</b>	1.1.7

Tabelle 7: Funktionale Anforderung - Tastersteuerung im Handmodus

<b>Beschreibung</b>	Durch programmatisches Eingreifen soll das Fahrverhalten (z. B. Trajektorien) vorgegeben bzw. angepasst werden können.
<b>Abnahmekriterium</b>	Der Fahrweg zwischen zwei konstanten Punkten wurde erfolgreich angepasst und das System führt abweichende Bewegungsmuster aus.
<b>Quelle</b>	Lehrpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Durch die Möglichkeit Fahrparameter und somit auch Trajektorien anpassen zu können, wird es möglich verschiedene Parameter zu Testen und diese miteinander zu vergleichen. Dadurch ergibt sich ein Optimierungspotential der Laboranlage.
<b>Abhängigkeit</b>	Programmierschnittstelle zu den Laborcomputern
<b>Identifikationsnummer</b>	1.1.8

Tabelle 8: Funktionale Anforderung - Anpassung des Fahrverhaltens

### 0.1.2 Nicht-funktionale Anforderungen

Dieses Unterkapitel behandelt die Modellierung der nicht-funktionalen Anforderungen in der Anforderungsanalyse. Nicht-funktionale Anforderungen sind Forderungen an die Qualität in welcher Funktionalitäten zu erbringen sind. Auch Randbedingungen für das System bzw. den Prozess werden mit bei den nicht-funktionalen Anforderungen berücksichtigt. Die **Qualitätsanforderungen** gliedern sich in Zeitanforderungen, Sicherheit für Leib und Leben und Zuverlässigkeit, sowie Verfügbarkeit. Bei *Zeitanforderungen* handelt es sich meist um Reaktionszeiten eines Systems. Dabei wird unterschieden zwischen harten und weichen Zeitanforderungen. Der Verstoß gegen harte Zeitanforderungen kann mitunter sehr gravierend sein, wohingegen das Nichteinhalten von weichen Zeitanforderungen meist nur als Störfaktor gesehen werden kann. Zeitanforderungen finden sich im Entwicklungsprozess überwiegend in der Beschreibung von Systemprozessen oder in Aktivitäten des Zustandsdiagrammes wieder.

Anforderungen bezüglich *Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit* treten in der Modellierung in den Knoten des Verteilungsdiagrammes oder fließen in die Systembeschreibung ein.

In die Klasse der Anforderungen bezüglich *Sicherheit für Leib und Leben* fällt die Risikovermeidung von Schäden an Menschen, Produkten und die Umwelt.

Abschließend werden die **Randbedingungen** das System betreffend als Sonderklasse der

nicht-funktionalen Anforderungen betrachtet. Man unterteilt diese in zwei Kategorien. Es wird unterschieden zwischen Bedingungen, die sich auf das System und Bedingungen, die sich auf den Entwicklungsprozess auswirken.

Erstere sind Technologievorgaben, physikalische Anforderungen, Umweltanforderungen und Vorgaben für die Einbettung und Verteilung des Systems. Sowohl Technologievorgaben, als auch Vorgaben an die Einbettung und Verteilung fließen direkt in die Modellierung ein. So werden bspw. Nachbarsysteme im Kontextdiagramm und Forderungen nach bestimmter Hardware im Verteilungsdiagramm aufgeführt. Zu den physikalischen Anforderungen zählen z. B. Aussagen über das Gehäuse bzw. die Räumlichkeit, in die das Produkt am Ende der Entwicklung passen muss. Unter Umweltanforderungen versteht man bspw. klimatische Bedingungen, unter denen das System arbeiten muss.

Randbedingungen für den (Entwicklungs-) Prozess basieren auf Vorschriften und Traditionen. Dabei meinen Traditionen Vorschriften, die sich aus bereits früheren Entwicklungen einer Firma ergeben haben.

Zuletzt soll an dieser Stelle noch eine entscheidende Problematik, die durch die Modellierung nicht-funktionaler Anforderungen auftritt, erwähnt werden. Es besteht die Möglichkeit, dass nicht-funktionale Anforderungen entgegengesätzliche Dinge verlangen. Um diese Problematik zu beseitigen oder zumindest zu minimieren, hat sich in der Praxis die Vergabe von Prioritäten bewährt. So kann in Tabellenform eine Prioritätsreihenfolge erstellt werden. Diese hilft dem Entwickler zu entscheiden, wie er sich beim Auftreten eines Konfliktes verhält.

Da nun auch die theoretische Grundlage zu den nicht-funktionalen Anforderungen ausreichend beleuchtet ist, folgt die tabellarische Auflistung aller nicht-funktionalen Anforderungen des mehrachsigen Positioniersystems. Dazu wird die selbe Form wie auch schon bei den funktionalen Anforderungen genutzt. Wie auch schon im vorherigen Unterkapitel angewendet, werden die Anforderungen den Hardwareprozess betreffend nur beispielhaft erwähnt.

<b>Beschreibung</b>	Die Gefahr, dass ein Anwender oder eine sich in Anlagennähe befindene Person durch die Bewegung der Positioniereinheit verletzt wird, soll bestmöglich minimiert werden. Dazu sind Not-Halt Taster vorgesehen, die durch den Anwender betätigt werden können. Zusätzlich ist ein Lichtvorhang verbaut, der die Anlage stoppen soll, falls eine Person durch diesen in den Gefahrenbereich eindringt.
<b>Abnahmekriterium</b>	Durch die Simulation einer Notsituation in Form des Auslösens eines Not-Halt Tasters oder eines Lichtvorhangs muss die Laboranlage unverzüglich Bremsen und in einen haltenden Zustand übergehen, bis die Gefahrensituation behoben ist.
<b>Quelle</b>	Lehrpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Sicherheit für den Anwender und sich in der Nähe der Anlage befindende Personen.
<b>Abhängigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Freigabe nach Fehlersituation</li><li>• Signalisierung Gefahrensituation</li></ul>
<b>Identifikationsnummer</b>	2.1.1

Tabelle 9: Qualitätsanforderung zu Sicherheit für Leib und Leben

<b>Beschreibung</b>	Durch einen Freigabetaster an der Schaltschrankfront kann nach einer Not-Halt-Situation die Anlage wieder in einen betriebsbereiten Zustand zurückgeführt werden.
<b>Abnahmekriterium</b>	Das Positioniersystem führt seinen normalen Prozessablauf nach Freigabebestätigung im Not-Halt-Modus fort.
<b>Quelle</b>	Lehrpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Das mehrachsige Positioniersystem sollte nach Beendigung der Fehlersituation seinen Betriebsablauf wieder fortsetzen können.
<b>Abhängigkeit</b>	Sicherheit für Leib und Leben
<b>Identifikationsnummer</b>	2.1.2

Tabelle 10: Nicht funktionale Anforderung - Freigabe nach Fehlersituation

<b>Beschreibung</b>	Es soll eine Signalampel verbaut werden, die eine erhöhte Risikosituation signalisiert, wenn das Positioniersystem in Bewegung ist.
<b>Abnahmekriterium</b>	Die Signalampel leuchtet entsprechend des aktuellen Systemzustandes.
<b>Quelle</b>	Prozessentwickler siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Eine den sich um die Laboranlage befindenden Personen ersichtliche Signalisierung einer Gefahrensituation minimiert das Risiko der Verletzung durch die Anlage.
<b>Abhängigkeit</b>	Sicherheit für Leib und Leben
<b>Identifikationsnummer</b>	2.1.3

Tabelle 11: Nicht funktionale Anforderung - Signalisierung Gefahrensituation

<b>Beschreibung</b>	Der aktive Betriebsmodus soll per Indikatorenleuchte signalisiert werden.
<b>Abnahmekriterium</b>	Die Indikator-LED leuchtet entsprechend des aktuellen Betriebsmodus.
<b>Quelle</b>	Prozessentwickler siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Der Aanlgennutzer benötigt eine visuelle Rückmeldung zum ausgewählten Betriebsmodus, um die Laboranlage entsprechend bedienen zu können.
<b>Abhängigkeit</b>	Wahl des Betriebsmodus
<b>Identifikationsnummer</b>	2.1.4

Tabelle 12: Nicht funktionale Anforderung - Indikatorleuchten Betriebsmodi

<b>Beschreibung</b>	Der Abbremsvorgang nach der Auslösung des Not-Halts soll so schnell wie möglich sein.
<b>Abnahmekriterium</b>	Nach Auslösen des Not-Halts bremsen beide Achsen direkt und das Positioniersystem befindet sich nach spätestens 0,5s im Stillstand.
<b>Quelle</b>	Lehrpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Um verletzungen zu verhindern muss die Laboranlage so schnell wie möglich abbremsen in einer Not-Halt-Situation.
<b>Abhängigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherheit für Leib und Leben</li> <li>• Bremsen der Achsbewegungen</li> </ul>
<b>Identifikationsnummer</b>	2.1.5

Tabelle 13: Zeitanforderung - Abbremsen der Achsen

<b>Beschreibung</b>	Die rechte und linke Seite der Laboranlage sollen mit Plexiglasscheiben bestückt werden. Die elektrische Verteilung ist in einem Schaltschrank unterzubringen.
<b>Abnahmekriterium</b>	Das Positioniersystem ist von den Seiten mit Plexiglas abgeschirmt und die elektrischen Betriebsmittel bzw. deren Anschlüsse sind in einem Schaltschrank untergebracht.
<b>Quelle</b>	Mitarbeiter der Labore siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Weder der Anlagenbereich, in dem Achsbewegungen stattfinden, noch der Anlagenbereich, in dem das Risiko zur Verletzung durch einen elektrischen Schock bestehen dürfen frei zugänglich sein, um Verletzungen zu vermeiden.
<b>Abhängigkeit</b>	Sicherheit für Leib und Leben
<b>Identifikationsnummer</b>	2.1.6

Tabelle 14: Physikalische Anforderung - Gehäuse

<b>Beschreibung</b>	Das System sollte möglichst nicht während des Betriebs ausfallen.
<b>Abnahmekriterium</b>	Es findet maximal ein Systemausfall alle 10.000h Betriebsstunden statt.
<b>Quelle</b>	Mitarbeiter der Labore siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Das mehrachsige Positioniersystem muss zuverlässig laufen, um sowohl für den Lehrzweck als auch für die Gewinnung von Systemdaten zur Weiterverarbeitung eingesetzt werden zu können.
<b>Abhängigkeit</b>	---
<b>Identifikationsnummer</b>	2.1.7

Tabelle 15: Qualitätsanforderung - Ausfallhäufigkeit



<b>Beschreibung</b>	Die Beschädigung der Laboranlage durch die Bewegung der Achsen soll bestmöglich verhindert werden.
<b>Abnahmekriterium</b>	Es wurden alle üblichen Betriebsmittel zur Verhinderung von Schäden durch bewegliche Systemkomponenten verbaut. Weiterhin existiert eine Not-Halt Funktionalität.
<b>Quelle</b>	Mitarbeiter der Labore siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Die Beschädigung der Positioniereinheit würde sowohl zu Kosten als auch potentiellen Personenschäden führen, was dringlichst vermieden werden muss.
<b>Abhängigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sicherheit für Leib und Leben</li><li>• Kabelmitführung</li></ul>
<b>Identifikationsnummer</b>	2.1.8

Tabelle 16: Qualitätsanforderung - Verhinderung von Schäden an der Anlage

<b>Beschreibung</b>	Kabel an den Beweglichen Bauteilen der Positioniereinheit müssen sicher mitgeführt werden.
<b>Abnahmekriterium</b>	Die Laboranlage besitzt für jede bewegliche Achse eine E-Kette in welchen sich die Kabel der Betriebsmittel der jeweiligen Achse befinden.
<b>Quelle</b>	Mitarbeiter der Labore siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Sämtliche Kabel zu beweglichen Systemkomponenten müssen beweglich gelagert werden, da diese sonst mit umliegenden Betriebsmitteln interferieren könnten. Weiterhin wird dadurch verhindert, dass Kabel reißen.
<b>Abhängigkeit</b>	Verhindern von Schäden an der Anlage
<b>Identifikationsnummer</b>	2.1.9

Tabelle 17: Qualitätsanforderung - Kabelmitführung

<b>Beschreibung</b>	Fahrbewegungen über den Fahrbereich hinaus müssen verhindert werden.
<b>Abnahmekriterium</b>	Es wurden sowohl Induktive Näherungsschalter als auch Bremspuffer an allen Enden der Achsen verbaut. Sämtliche Bewegungen stoppen schon an den induktiven Enlagesensoren. Tritt ein Fehler auf, fährt die jeweilige Achse auf den Bremspuffer auf und stoppt dort.
<b>Quelle</b>	Mitarbeiter der Labore siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Die beweglichen Schlitten auf den Achsen dürfen nicht über die Achsenden hinausfahren, da diese sonst runterfallen würden, was unhinderlich zu Schäden an der Anlage führt.
<b>Abhängigkeit</b>	Verhindern von Schäden an der Anlage
<b>Identifikationsnummer</b>	2.2.0

Tabelle 18: Qualitätsanforderung - Endlagesensorik

<b>Beschreibung</b>	Sowohl Beschleunigung als auch Fahrgeschwindigkeit soll in Endlagennähe verringert sein.
<b>Abnahmekriterium</b>	Bewegungen in den Endbereichen der beiden Achsen finden merklich langsamer statt.
<b>Quelle</b>	Mitarbeiter der Labore siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Zu hohe Beschleunigungen und Geschwindigkeiten nah der Enden der Achsen führen zu möglichen längeren Bremswegen. Dies bedeutet, dass beim Auslösen der Endlagesensoren nicht mehr rechtzeitig angehalten werden kann und die beweglichen Schlitten auf den Achsen mit den Bremspuffern kollidieren könnten.
<b>Abhängigkeit</b>	Verhindern von Schäden an der Anlage
<b>Identifikationsnummer</b>	2.2.1

Tabelle 19: Qualitätsanforderung - Geschwindigkeitsreduktion in Endlagennähe

<b>Beschreibung</b>	Es soll die Möglichkeit bereitgestellt werden von jedem Laborcomputer die Anlage mit Programmcode zu bespielen.
<b>Abnahmekriterium</b>	Die <b>sps!</b> kann in der MachineExpert Programmierumgebung gefunden und mit Programmen bespielt werden.
<b>Quelle</b>	Lehrpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Für den Einsatz der Laboranlage im Lehrbetrieb muss die Anlage im Labornetzwerk gefunden werden können, um von den Studierenden als Anwendungsbeispiel genutzt werden zu können.
<b>Abhängigkeit</b>	---
<b>Identifikationsnummer</b>	2.2.2

Tabelle 20: Randbedingung - Programmierschnittstelle

<b>Beschreibung</b>	Die <b>sps!</b> soll zusätzlich als OPC UA Server fungieren, über welchen Prozessdaten aus einer globalen Variablenliste ausgegeben werden. Dazu gehören Positionsdaten der beiden Achsen, sowie deren aktuelle Geschwindigkeit und Beschleunigung. Es kann der Status der Bremsen ausgelesen werden und der Betriebsstrom der gesamten Anlage.
<b>Abnahmekriterium</b>	Über einen OPC UA Client können alle Daten ausgelesen werden.
<b>Quelle</b>	Mitarbeiter der Labore siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Die Laboranlage soll über einen <b>ar!</b> Server betrachtet werden können, um schneller und anschaulicher Informationen über die Anlage zu erhalten. Außerdem wird das Positioniersystem als Anwendungsbeispiel im OpenBASYS Projekt der Hochschule eingesetzt, bei dem die Anlage über Verwaltungsschalen aufgesetzt wird. Dazu ist es nötig interne Variablen nach außen über OPC UA Schnittstelle zugänglich zu machen.
<b>Abhängigkeit</b>	---
<b>Identifikationsnummer</b>	2.2.3

Tabelle 21: Randbedingung - OPC UA Schnittstelle

<b>Beschreibung</b>	Es soll eine zweite <b>sps!</b> verbaut werden, die über eine Energieklemme verfügt, über welche der Betriebsstrom des Systems gemessen werden kann.
<b>Abnahmekriterium</b>	Über einen OPC UA Client kann auch der Betriebsstrom ausgelesen werden.
<b>Quelle</b>	Mitarbeiter der Labore siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Über die Bereitstellung des aktuellen Stromverbrauches der Anlage können Rückschlüsse über die Effektivität der Anlage geschlossen werden. Da der Verbrauch des Positioniersystems somit bekannt ist, besteht die Möglichkeit Optimierungen an der Laboranlage durchzuführen. Es könnten beispielsweise Trajektorien verbessert werden, so dass weniger Strom benötigt wird für die Bewegungen.
<b>Abhängigkeit</b>	OPC UA Schnittstelle
<b>Identifikationsnummer</b>	2.2.4

Tabelle 22: Randbedingung - Betriebsstrommessung

<b>Beschreibung</b>	Das mehrachsige Positioniersystem soll im Laborraum G 422 der HTW Berlin an der Rückwand des Raumes aufgebaut und in Betrieb genommen werden.
<b>Abnahmekriterium</b>	System ist sichtbar an der Rückwand des Raumes eingebaut.
<b>Quelle</b>	Lehrpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Da das System den Fachbereich 1 und dem Themengebiet Automatisierungstechnik sowie Industrielle Kommunikation zugeordnet werden kann, bietet es sich an dieses in einem der entsprechenden Laborräume aufzubauen. Aus platztechnischen Gründen und dem Vorhandensein von kompatibler Hardware (zur Simulation des Systems) ist es erforderlich dieses im Raum G 422 zu installieren.
<b>Abhängigkeit</b>	---
<b>Identifikationsnummer</b>	2.2.5

Tabelle 23: Randbedingung - räumliche Vorgabe



<b>Beschreibung</b>	Die Steuerungskomponenten der Laboranlage sind bereits vorhanden und müssen verbaut werden. Die Hauptsteuerung ( <b>sps!</b> des Positioniersystems) ist der <b>lmc!101</b> von Schneider Electric. Zusammen mit dem <b>lxm!62 P</b> und <b>lxm!62 D</b> Modul gehört dieser zum PacDrive System und ist für Motion Systeme (Bewegte Systeme) entwickelt worden. Sowohl das erwähnte Netzteil ( <b>lxm!62 P</b> ) als auch der Servoregler ( <b>lxm!62 D</b> ) sind bereits vorhanden und sollen mit verbaut werden. Aus diesen Technologievorgaben ergibt sich auch die Wahl der Entwicklungsumgebung zur Programmierung des Systems. Um die Laboranlage in Betrieb zu nehmen ist es nötig diese mit einem Automatisierungsprogramm zu bespielen, welches im MachineExpert Logic Builder entwickelt wurde. Die beiden Motoren des mehrachsigen Positioniersystems stammen auch von Schneider Electric. Es handelt sich um die SH3 multiturn Servos mit Bremse. Auch die <b>sps!</b> für die Strommessung per Energieklemme ist vorgegeben. Es soll eine Wago <b>sps!</b> der PFC200 Serie verbaut werden, welche sich bereits im Inventar des Fachbereiches befindet.
<b>Abnahmekriterium</b>	Vorgegebene Hardware wurde verbaut.
<b>Quelle</b>	Lehrpersonal siehe Stakeholderliste
<b>Begründung</b>	Die Hardware wurde von besagten Industrieunternehmen gestellt und musste nicht käuflich erworben werden. Da diese somit vorhanden ist und für vergleichbare Systemaufbauten entwickelt wurde, wird diese verwendet.
<b>Abhängigkeit</b>	---
<b>Identifikationsnummer</b>	2.2.6

Tabelle 24: Randbedingung - Hardwarevorgaben