

Betriebskonzept

Smart-Mobility-Lab (SML)

Technische Universität Dresden
Dezernat 4 Gebäudemanagement – Eigenbau
01062 Dresden

Bearbeitungsstand: 25.08.2023



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Projektbeschreibung	6
1.2	Umgang mit der Unterlage	7
1.3	Funktionseinheiten	8
1.3.1	Bürobereich	8
1.3.2	Multifunktionsraum	9
1.3.3	Versuchshalle	9
1.3.4	Leitstände	10
1.3.5	Foyerbereich	10
1.3.6	Werkstattbereich	11
1.3.7	Forschungsbereiche	11
1.3.8	Lagerbereich	11
1.3.9	Technikbereich	11
1.3.10	Außenanlagen	12
2	Forschungstätigkeit der am SML beteiligten Professuren	13
2.1	Professur für Agrarsystemtechnik (AST)	13
2.1.1	Forschungsthemen	13
2.1.2	AST- Arbeitsabläufe und Prozesse	13
2.1.3	AST- Organisatorische und räumliche Gliederung	14
2.1.4	AST- Stoffströme	14
2.1.5	AST- Ausstattung	15
2.1.6	AST- Haustechnische Anlagen	15
2.1.7	AST- Sicherheit	15
2.2	Professur für Technologie und Logistik des Luftverkehrs (IFL)	16
2.2.1	IFL- Forschungsthemen	16
2.2.2	IFL- Arbeitsabläufe und Prozesse	45
2.2.3	IFL- Organisatorische Gliederung	46
2.2.4	IFL- Räumliche Gliederung	46
2.2.5	IFL- Stoffströme	47
2.2.6	IFL- Bauliche Strukturen	48
2.3	Professur für Informationstechnik für Verkehrssysteme (ITVS)	51
2.3.1	ITVS- Forschungsthemen	51
2.3.2	ITVS- Flächenbelegung	51



2.3.3	ITVS- Forschungsszenarien.....	52
2.3.4	ITVS- Arbeitsabläufe und Prozesse.....	59
2.3.5	ITVS- Organisatorische Gliederung	59
2.3.6	ITVS- Räumliche Gliederung	60
2.3.7	ITVS- Stoffströme	62
2.3.8	ITVS- Ausstattung.....	62
2.3.9	ITVS- Sicherheit	63
2.4	Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik (IVST) ..	64
2.4.1	IVST- Forschungsthemen	64
2.4.2	IVST- Arbeitsabläufe und Prozesse.....	64
2.4.3	IVST- Organisatorische Gliederung	65
2.4.4	IVST- Räumliche Gliederung	65
2.4.5	IVST - Bauliche Strukturen	65
2.4.6	IVST- Ausstattung	65
2.4.7	IVST- Haustechnische Anlagen.....	65
2.4.8	IVST- Sicherheit	66
2.5	Professur für Luftfahrzeugtechnik (LFT)	67
2.5.1	LFT- Forschungsthemen	67
2.5.2	LFT- Arbeitsabläufe und Prozesse	71
2.5.3	LFT- Organisatorische Gliederung.....	72
2.5.4	LFT- Räumliche Gliederung	73
2.5.5	LFT- Stoffströme.....	73
2.5.6	LFT- Bauliche Strukturen	75
2.5.7	LFT- Ausstattung	77
2.5.8	LFT- Haustechnische Anlagen	82
2.5.9	LFT- Sicherheit.....	83
2.6	Professur für Kraftfahrzeugtechnik (LKT)	85
2.6.1	LKT- Forschungsthemen	85
2.6.2	LKT- Arbeitsabläufe und Prozesse.....	104
2.6.3	LKT- Organisatorische Gliederung	106
2.7	Professur für Prozessmodellierung für vernetzte technische Systeme (PMVTS). 107	
2.7.1	PMVTS- Forschungsthemen	107
2.7.2	PMVTS- Arbeitsabläufe und Prozesse	114
2.7.3	PMVTS- Organisatorische Gliederung.....	115



2.7.4	PMVTS- Räumliche Gliederung	116
2.7.5	PMVTS- Stoffströme	118
2.7.6	PMVTS- Bauliche Strukturen	118
2.7.7	PMVTS- Ausstattung	121
2.7.8	PMVTS- Haustechnische Anlagen	122
2.7.9	PMVTS- Sicherheit.....	123
2.8	Professur für Softwaretechnologie (ST)	125
2.8.1	ST- Forschungsthemen	125
2.8.2	ST- Arbeitsabläufe und Prozesse	134
2.8.3	ST- Organisatorische Gliederung.....	136
2.8.4	ST- Räumliche Gliederung	136
2.8.5	ST- Stoffströme	138
2.8.6	ST- Bauliche Strukturen	138
2.8.7	ST- Ausstattung	142
2.8.8	ST- Haustechnische Anlagen	145
2.8.9	ST- Sicherheit.....	146
2.9	Professur für Verkehrsprozessautomatisierung (VPA)	148
2.9.1	VPA- Forschungsthemen.....	148
2.9.2	VPA- Arbeitsabläufe und Prozesse	149
2.9.3	VPA- Organisatorische Gliederung.....	149
2.9.4	VPA- Räumliche Gliederung.....	150
2.9.5	VPA- Stoffströme.....	150
2.9.6	VPA- Bauliche Strukturen.....	150
2.9.7	VPA- Ausstattung	151
2.9.8	VPA- Haustechnische Anlagen	152
2.9.9	VPA- Sicherheit.....	152
3	Arbeitsabläufe und Prozesse.....	153
3.1	Arbeitsabläufe	153
3.1.1	Wartung	153
3.1.2	Reinigung	153
3.1.3	Anlieferung	153
3.1.4	Entsorgung	153
3.1.5	Bereitschaftsdienst.....	153
3.1.6	Empfang.....	154



4	Organisatorische Gliederung	155
4.1	Personengruppen	155
4.1.1	Objektmanager	155
4.1.2	Empfangspersonal.....	155
4.1.3	Drittfirmen	155
4.1.4	Wissenschaftliches Personal	155
4.1.5	Technisches Personal.....	155
4.1.6	Versuchs- und Sicherheitskoordinator	155
5	Sicherheit.....	157
5.1	Innerbetriebliches Sicherheitskonzept	157
5.1.1	Sicherheitszonen und Sperrzonen	157
5.1.2	Mögliche Gefährdungen der Bausubstanz	157
5.1.3	Mögliche Gefährdungen der anwesenden Personen.....	158
5.1.4	Reduzierung der Gefährdung durch Technische Maßnahmen.....	158
5.1.5	Gefährdungsbeurteilung	159
5.1.6	Grundsätzliche Überlegungen zum Brandschutz	159
5.2	Äußeres Sicherheitskonzept.....	160
5.2.1	Schließsystem.....	160
5.2.2	Zaunanlage	160
5.2.3	Geländebeleuchtung.....	160
5.2.4	Verschlusskontrolle	160
5.2.5	Kameraüberwachung.....	160
5.2.6	Wachdienst	160

1 Einleitung

1.1 Projektbeschreibung

Die Technische Universität Dresden hat sich im Wettbewerb um die Fördergelder aus dem Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen mit dem Vorhaben Smart- Mobility- Lab (SML) durchsetzen können. Eine weit gespannte, hohe Halle bildet dabei den dominierenden Baukörper des aufzubauen- den ingenieurwissenschaftlichen Forschungscampus der Dresdner Universität in der Lausitz bei Hoyerswerda. Ein Zentrum für anwendungsbezogene, exzellente Forschung an vier eng miteinander vernetzten Großforschungsprojekten soll entstehen, um erfolgsentscheidende Aspekte der automatisierten und vernetzten Mobilität der Zukunft zu bearbeiten.

Die Projektbeteiligten sind im folgenden Organigramm aufgeführt.

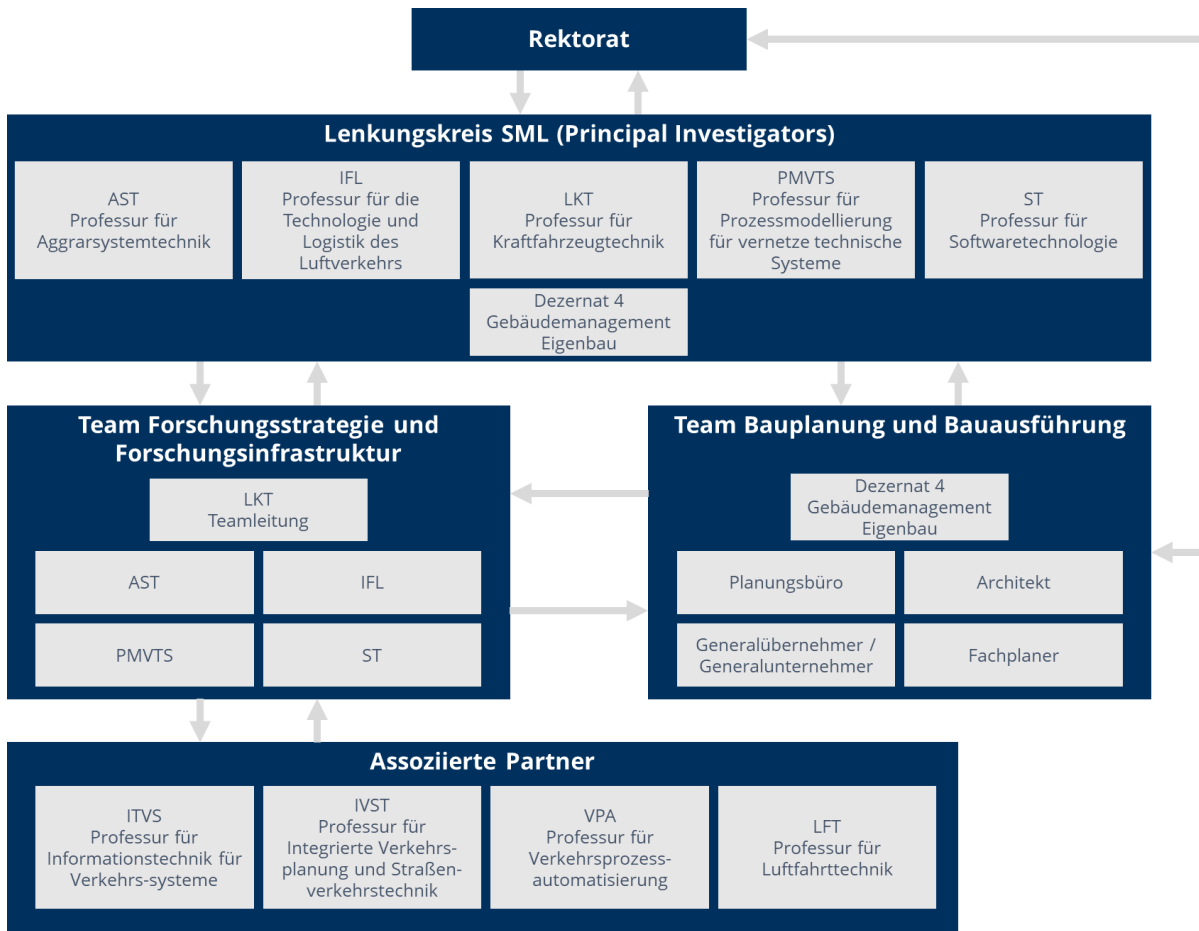


Abbildung 1 Organigramm der Projektbeteiligten

Die vier Großforschungsprojekte werden federführend von fünf Professuren, den sogenannten Principal Investigators (PI's), vorangetrieben. Damit stellen diese auch die Hauptanforderungen an die zu errichtenden Infrastrukturen. Im Zuge des Projektverlaufs wurde der Kreis der Anforderungen um weitere Professuren, die sogenannten Assoziierten Partner (AP's) erweitert. Im Folgenden werden die PI's und AP's auch als Akteure und Beteiligte bezeichnet.

Die folgende Aufstellung ordnet darüber hinaus die Professuren den Großforschungsprojekten zu:

- Professur für Kraftfahrzeugtechnik (LKT) → SivaS (PI)
- Professur für Prozessmodellierung für vernetzte technische Systeme (PMVTS) → SivaS (PI)
- Professur für Verkehrsprozessautomatisierung (VPA) → SivaS (AP)
- Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik (IVST) → SivaS (AP)
- Professur für Technologie und Logistik des Luftverkehrs (IFL) → TAFAS (PI)
- Professur für Informationstechnik für Verkehrssysteme (ITVS) → TAFAS (AP)
- Professur für Luftfahrzeugtechnik (LFT) → TAFAS (AP)
- Professur für Softwaretechnologie (ST) → TERCULT (PI)
- Professur für Agrarsystemtechnik (AST) → Farming- Swarm- Cobots® (PI)

Das Forschungsvorhaben SivaS widmet sich primär der Erforschung des automatisierten und vernetzten Straßenverkehrs und dem Betrieb des hochimmersiven Fahrsimulators. TAFAS hingegen führt Untersuchungen zum autonomen Drohnenflug durch. TERCULT wiederum betätigt sich unter anderem im Feld Robotik und Virtual-Reality. Die Untersuchungen von Farming- Swarm-Cobots® beschäftigen sich schließlich mit autark operierenden Landwirtschaftsmaschinen.

1.2 Umgang mit der Unterlage

Die Bedarfe der PI's und AP's wurden in einem Raumbuch erfasst. Zusätzlich wurden die Beteiligten gebeten ihre Forschungsinhalte zu beschreiben und auf diese Weise die Bedarfe in einer Betriebsbeschreibung zu begründen. Die einzelnen Betriebsbeschreibungen wurden zu einem Betriebskonzept zusammengeführt. Dieses dient nun dazu, die Absichten des Nutzers nachzuvollziehen und insbesondere in der Gestaltung die funktionalen Zusammenhänge zwischen den beantragten Räumlichkeiten zu erfassen.

Die Unterlage dient dem Verständnis der Planungsgrundlage und der Bedarfsermittlung. Die unter Kapitel 2 gefassten Betriebsbeschreibungen der Nutzer sind der funktionalen Leistungsbeschreibung und dem Raumbuch nachgeordnet.

Gegebenenfalls werden Anforderungen mehrfach aufgeführt. Dies bedeutet nicht, dass diese mehrfach benötigt werden. Angaben können auch vereinzelt der Planungsgrundlage widersprechen. In diesem Konzept wurden die Abweichungen gegenüber der Planungsgrundlage mit Fußnoten gekennzeichnet und die Abweichungen dort kurz beschrieben.

1.3 Funktionseinheiten

Die in der Bedarfsermittlung erfassten Räumlichkeiten lassen sich zu Funktionseinheiten zusammenfassen. Diese funktionsorientierte Gliederung wird auch bei der Bildung von Baukörpern angestrebt, um eine nachvollziehbare Strukturierung des Bauwerks zu ermöglichen.

1.3.1 Bürobereich

Die Anzahl der Büros und die erforderliche Büronutzfläche ergeben sich aus der Anzahl der Beschäftigten. Untenstehende Tabelle zeigt die durch die Beteiligten angegebene Zahl von anwesenden Personen am SML.

Tabelle 1: Personenzahl und Anwesenheit am SML

Struktur- einheit	Ständig	Sporadisch	zusätzlich perspektivisch	Personenkreis
AST	2	2	2	ständiges Werkstattpersonal
IFL	6	10	10	wissenschaftliches Personal
IFL	5	0	0	technisches Personal
ITVS	3	6	0	wissenschaftliches Personal
ITVS	1	2	0	technisches Personal
IVST	0	1	3	wissenschaftliches Personal
LFT	1	2	0	wissenschaftliches Personal
LKT	6	0	4	wissenschaftliches Personal
PMVTS	0	12	0	wissenschaftliches Personal
PMVTS	0	2	0	technisches Personal
ST	0	27	25	wissenschaftliches Personal
VPA	0	2	0	wissenschaftliches Personal
SUMME	24	66	44	

Zunächst ist damit zu rechnen, dass nur ein Teil der Personen ständig arbeitstäglich vor Ort ist. Die Mehrzahl der Beschäftigten wird sporadisch d. h. an ein bis drei Tagen die Woche vor Ort sein. Um die Anzahl der anwesenden Belegschaft zu bestimmen wurde festgelegt, dass durchschnittlich ein Arbeitsplatz für drei sporadisch Anwesende (Desksharing) benötigt wird. Tabelle 1 ist weiter zu entnehmen, dass mit einem Zuwachs von ca. 44 Beschäftigten zu rechnen ist.

Alle Beschäftigten sind in Doppelbüros unterzubringen. Für Desksharing-Arbeitsplätze sind ebenfalls Doppelbüros vorgesehen. Für die initial anwesende Belegschaft werden unter diesen Annahmen 34 Stück Doppelbüros benötigt.

Tabelle 2: Initial erforderliche Bürozahl

Arbeitsplatztyp	Büroräume	Arbeitsplätze	Gesamt
Doppelarbeitsplätze	12	2	24
Desksharing- Arbeitsplätze	22	3	66
Arbeitsplätze Gesamt			90
initial erforderliche Büroanzahl			34

Der Nutzer zeigt sich offen für die Gestaltung einer modernen Arbeitswelt abseits klassischer Bürokonzepte. Die für den Beschäftigtenzuwachs erforderlichen Flächenreserven werden deshalb in Form von flexibel nutzbaren Großraumbüros vorgehalten, die initial für das Coworking und als Studentearbeitsplätze verwendet werden können.

Der Flächenansatz gemäß Raumbuch geht von 18 m² für Doppelbüros und 63 m² für Großraumbüros aus.

Zum Bürobereich zählen darüber hinaus die etagenweise vorgesehenen WC- Anlagen und Reinigungsräume, die Kopierräume sowie die Pausen- und Bereitschaftsräume für die Beschäftigten.

Die freie Belüftung über Fenster ist bei allen Raumtypen bis auf den Reinigungsraum vorgesehen.

1.3.2 Multifunktionsraum

Alle beteiligten Professuren führen im Rahmen Ihrer wissenschaftlichen Arbeit regelmäßig Präsentationen, Besprechungen und Konferenzen durch. Zudem werden für Blockpraktika mit Studierenden und als Arbeitsräume für Studierende sowie für flexibles Coworking Räumlichkeiten benötigt. Um eine höhere Auslastung der Räumlichkeiten zu erzielen, werden die Anforderungen in einem einzigen flexibel nutzbaren Multifunktionsraum umgesetzt. Dieser ist über zwei flexible Trennwände in drei Einheiten unterteilbar. Bei größeren Veranstaltungen bis 100 Personen sollen diese geöffnet werden und die volle Räumlichkeit zu Verfügung stehen.

1.3.3 Versuchshalle

Die Halle stellt, bedingt durch Ihre Größe (100x100x30 m freitragend), den dominierenden Baukörper der Forschungsinfrastruktur dar. Die nutzenden Akteure sind mit im Folgenden aufgeführt.

Tabelle 3: Forschungstätigkeit in der Versuchshalle

Professur (Kürzel)	Forschungstätigkeit
LKT	Versuche mit dem Dynamischen Fahrsimulator; Fahrversuche mit autonom fahrenden Fahrzeugen
PMVTS	Fahrversuche mit vernetzten Fahrzeugkolonnen,
IFL	Flugversuche und Flugmanöver mit autonom fliegenden Drohnen

Professur (Kürzel)	Forschungstätigkeit
ITVS	Flugversuche mit autonom fliegenden Drohnen; sanftes Umschalten von Außen- auf Innensteuerung; Erzwingen von Fahrmanövern
LFT	Steuerung von Drohnenschwärmen aus einem passiv bewegten Forschungsflugzeug
ST	Perspektivisch: Halle als Projektionsraum für maßstäbliche Hologramme

Die unterschiedlichen Anforderungen der fahrenden und der fliegenden Nutzung müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass eine zeitlich gestaffelte, gemeinsame Nutzung möglich ist. Im Zuge der Bedarfsermittlung wurde dahingehend entschieden, weniger raumgreifende Versuche und Tätigkeiten in die angegliederten Versuchsräume und -hallen auszulagern, sodass die Versuchshalle im überwiegenden Teil der Zeit in ihrem vollen Raumvolumen für Versuche zur Verfügung steht. Dafür ist es erforderlich, dass in der Halle keine Festeinbauten vorgesehen werden, die die Nutzung eines Anderen behindern. Maßgeblich für die Nutzbarkeit der Halle sind die Anforderungen an die 70x 70 m Netto- Fahrfläche des Dynamischen Fahrsimulators im Zentrum der Halle. Anforderungen der anderen Nutzer sind daher auf die Randbereiche zu begrenzen. Die Halle darf zur Begrenzung der Anpralllasten mit PKW's nur bis maximal 70 km/h Einfahrgeschwindigkeit befahren werden. Die zulässige Maximalgeschwindigkeit für Fahrzeuge über 3,5t beträgt dagegen nur 30 km/h. Für Fahrzeuge über 7,5t ist nur Schrittgeschwindigkeit erlaubt. Drohnen bis 25 kg dürfen mit 100km/h in die Halle einfliegen. Größere Drohnen sind zu Fesseln. Für jeden Versuch sind die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen individuell zu bewerten.

1.3.4 Leitstände

Leitstände und Beobachtungsräume sind erhöht angeordnet dienen der Überwachung und sicheren Durchführung der Versuche. Überwacht werden müssen die Versuchsbereiche: Versuchshalle, Klimaraum, Absorberraum, Fahrsimulatorgarage, Fahrradsimulatorraum sowie die Außenflächen. Ungehinderter Sichtkontakt zu den überwachten Flächen ist dabei zwingend erforderlich. Kamerasysteme können nur unterstützend eingesetzt werden und die direkte Sichtbeziehung nicht ersetzen. Damit sich die unterschiedlichen Akteure, bei parallel stattfindenden Versuchen, nicht gegenseitig stören, wird ein Erweiterungsleitstand vorgesehen. In den Leitständen werden die Versuchsinformationen in Echtzeit ausgewertet.

1.3.5 Foyerbereich

Der Foyerbereich dient als repräsentativer Haupteingangsbereich dem Empfang von Mitarbeitern, Besuchern und Probanden. In den Bestandsgebäuden der TU Dresden dienen Foyers oft auch als Treff- und Anlaufpunkt für diese Personengruppen. Entsprechende Aufenthaltsqualität wird daher auch am SML erwartet. Vielfach stehen in den Foyers auch Infostände, Ausstellungsstücke, Kaffee- oder Snackautomaten oder es werden ganze Ausstellungen gestaltet. Diese Anforderungen ist hinsichtlich der brandschutztechnischen Belange zu prüfen und durch entsprechende bauliche Maßnahmen zu ermöglichen. Am SML wird die Funktion des Empfangs insbesondere für den Probandenbetrieb erforderlich, weshalb das Foyer auch als Anlaufpunkt für externe Personen hervorzuheben ist. Vom Foyer aus soll es möglich sein alle Gebäudeteile zu erschließen.

1.3.6 Werkstattbereich

Die Werkstätten werden von Forschern und technischem Personal gemeinsam genutzt. In den Werkstätten finden Reparaturen, sowie der Bau und die Modifizierung von Versuchsträgern und Komponenten statt. Die Räumlichkeiten müssen ausreichend Platz für die erforderlichen Geräte und Maschinen inklusive der erforderlichen Arbeitsräume sowie für freie Montagebereiche und Werkbänke bieten. Ziel ist die Konzentration der Werkstätten, die eine Bündelung der erforderlichen Haustechnik an einem Ort ermöglichen soll. Die Kopplung der Werkstätten an den allgemeinen Logistikbereich des SML ist erforderlich, um die erwarteten Stoffströme von eingehendem Material und dem Abtransport von Reststoffen effizient gestalten zu können. Die erforderlichen Umkleiden und Sanitärbereiche sind mit vorgesehen.

Während in der mechanischen Werkstatt die Geräte zur Metallbearbeitung und abgetrennt die Holzbearbeitung stehen, dienen die Garagen und die Fahrzeugwerkstatt der Vorbereitung und Unterbringung von Versuchsträgern, also Drohnen und Fahrzeuge. Die Elektrowerkstatt dient in diesem Zusammenhang dem Umgang mit Feinelektronik. Die Werkstattausstattung wird separat geplant. Es ist davon auszugehen, dass im Laufe der Zeit weitere Geräte hinzukommen und alte Geräte ausgetauscht werden. Dies erfordert eine Flexibilität der baulichen Strukturen.

1.3.7 Forschungsbereiche

Die Forschungsbereiche werden in den individuellen Betriebsbeschreibungen der beteiligten Professuren näher erläutert.

1.3.8 Lagerbereich

Lagerflächen und -räume für großes und sperriges Material und gemeinsam genutztes Gerät wird, im Interesse Aller, zentral zusammengefasst. Zudem stehen zentral angeordnete Lagermöglichkeiten zu Verfügung, die an den jeweiligen Bedarf flexibel angepasst werden sollen.

Am SML werden vorwiegend elektrisch betriebene Geräte und Fahrzeuge eingesetzt. Es ist erforderlich einen Lagerraum für die sichere Ladung und Lagerung einer großen Anzahl von Akkumulatoren vorzusehen und entsprechend auszustatten. Es ist zu erwarten, dass dieser Laderaum von allen Beteiligten genutzt wird und eine Vielzahl von Ladevorgängen gleichzeitig, beispielsweise über Nacht, stattfinden. Aufgrund des hohen Gefahrenpotentials der Akkumulatoren, sind besondere Brandschutzmaßnahmen zu treffen.

1.3.9 Technikbereich

Die Räume für die Gebäudetechnik können sinnvoll zusammengelegt werden. Fundamente für haustechnische Anlagen sind vom umgebenden Fußbodenaufbau schalltechnisch zu entkoppeln. Räume mit technischer Funktion dürfen nur durch einen begrenzten Personenbereich betreten werden. Daten- und Zuleitungen sollen über möglichst kurze Wege in einen zentralen Raum geführt werden und von dort aus überallhin verteilt werden. Auf den Etagen sind dezentrale Unterverteilungen vorzusehen. Das Büro des Objektmanagers ist der Funktionseinheit zugeordnet, da-

mit sich kurze Wege zu den Anlagen ergeben. Die Gebäudeleittechnik ist in der Gebäudeleitzentrale untergebracht. Sämtliche Informationen, die durch die eingebauten Sensoren und Kontakte erfasst werden, kommen hier an und müssen verarbeitet werden.

1.3.10 Außenanlagen

Parkflächen sind für Besucher und Angestellte nach dem amtlichen Schlüssel anhand der Anzahl der anwesenden Personen bereitzustellen. Unbefugten soll die Benutzung durch bauliche Maßnahmen erschwert werden.

Die Logistikfläche muss das Abladen eines voll beladenen Lastzuges mittels Gabelstapler und das Zwischenlagern der Ladung auf einer angrenzenden Fläche ermöglichen. Mit einer Lademöglichkeit soll der zunehmenden Zahl elektrisch betriebener Hebezeuge Rechnung getragen werden.

Der Teich wird vorwiegend aus Regenwasser gespeist und fungiert so als Zisterne und Rückhaltebecken. Ein Notüberlauf entwässert in den Kleinlaubuscher Graben A, der das Grundstück in der Mitte durchfließt. Weitere Kosteneinsparungen ergeben sich aus der Nutzung des Wassers für die Bewässerung der Freianlagen.

Die Fahrversuchsfläche im Außenbereich ist so groß und so weit von den Gebäuden entfernt wie möglich auszubilden. Sie ist über eine Zufahrt und eine Rückstrecke mit der Halle zu verbinden. Vom Gebäude weg dürfen Pkw bis 100 km/h und alle übrigen Fahrzeuge bis 50 km/h beschleunigen. Zur Halle hin sind maximal die in der Halle erlaubten Maximalgeschwindigkeiten freigegeben. Flugobjekte über 25kg sind zu Fesseln bis 25 kg gilt eine Obergrenze von 100km/h. Für jeden Versuch sind die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen individuell zu bewerten. Vor dem Gebäude wird eine Kreisbahn ausgebildet, damit Rundkurse auf den Strecken vor dem Gebäude durchgeführt werden können.

2 Forschungstätigkeit der am SML beteiligten Professuren

2.1 Professur für Agrarsystemtechnik (AST)

2.1.1 Forschungsthemen

Hinter den Feldschwarm®-Technologien verbirgt sich die Idee, in einem Schwarm autark oder semi-autark operierender Anbaugeräte, die jeweils einzeln angetrieben und im Verbund geführt werden, Feldbearbeitung mit einem weit höheren Automatisierungsgrad und bei geringerem spezifischen Leistungsbedarf durchzuführen, als es die heutige Gerätetechnik technologisch zulässt.

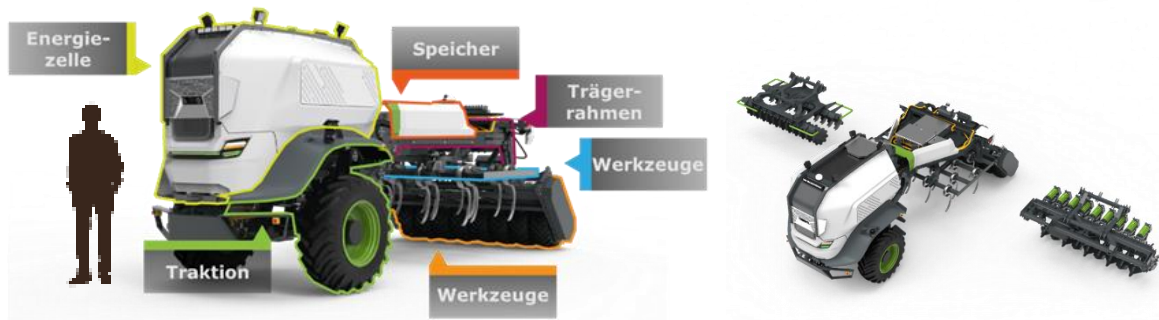


Abbildung 2: links: Plattformsystem mit modularen Prozessräumen, rechts: automatisiert auswechselbare Werkzeugmodule

Am Standort Hoyerswerda werden Aufgaben der Einsatzvorbereitung und initialen Inbetriebnahme umgesetzt. Die Erprobung der Systeme muss im Feld erfolgen, weil nur dort die Einsatzparameter existieren, die für eine Erprobung notwendig sind. Dazu werden Vereinbarungen mit landwirtschaftlichen Betrieben in der Umgebung getroffen, die Ihre Flächen für die verschiedenen landwirtschaftlichen Bearbeitungsprozesse zur Verfügung stellen.

2.1.2 AST- Arbeitsabläufe und Prozesse

Nachfolgende Tabelle beschreibt die Aktivitäten, die am Standort durchgeführt werden.

Tätigkeit	Beschreibung
Montagearbeiten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Empfang und Lagerung von Teilen, die am System verwendet werden ▪ Lagerung von Ersatzteilen ▪ Komplettmontage und Demontage von Feldschwarmeinheiten (Akku- und Druckluftschrauber)
Reparaturarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lagerung und Analyse von defekten Teilen aus den Versuchen ▪ Schweißarbeiten mit mobilem Schweißgerät (Gas- und E-Handschweißen)
Inbetriebnahme	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funktionsüberprüfung am Montageplatz ▪ Fahrversuche mit manueller Fernsteuerung ▪ Abarbeiten einzelner automatisierter Sequenzen im Freigelände ▪ Automatisiertes An- und Abkoppeln der Werkzeugmodule

Tätigkeit	Beschreibung
Logistik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlieferung von Komponenten und Baugruppen mit Standard LKW ▪ Verladen von Feldschwarmeinheiten auf Tieflader 3 m Transportbreite
Entwicklungstätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konstruktion am CAD Arbeitsplatz, ▪ Simulation FEM/MKS/CFD/DEM, ▪ Datenauswertung, ▪ Projektmanagement
Präsentationen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Marketingmaßnahmen und wiss. Diskurs

2.1.3 AST- Organisatorische und räumliche Gliederung

Die in Hoyerswerda zu errichtende Infrastruktur ist seitens der Professur AST ganzjährig in Benutzung. Die Werkstatt wird voraussichtlich die Hälfte der Zeit für Montagezwecke belegt sein. In der Werkstatt sollen perspektivisch bis zu drei Feldschwarmeinheiten montiert werden können. Es besteht jedoch die Bereitschaft, ausreichend Montageflächen auch kurzfristig für andere Nutzer frei zu räumen. Seitens der Professur AST sind dauerhaft zwei Mitarbeitende vor Ort, die gelegentlich von bis zu zwei weiteren Kräften unterstützt werden. Perspektivisch sollen in der Werkstatt bis zu sechs Mitarbeitende Tätigkeiten ausführen. Für Präsentationen vor bis zu 20 Personen sollen die entsprechenden Voraussetzungen vorhanden sein. Lagermöglichkeiten im Innen-, wie im Außenbereich sind ebenfalls wünschenswert. Im Außenbereich werden Unterstellmöglichkeiten unter Schleppdächern als sinnvoll erachtet.

2.1.4 AST- Stoffströme

Stoff	In das Gebäude hinein	Verteilung im Gebäude	Entsorgung/ Abtransport aus dem Gebäude
Büromaterial/Papier (regelmäßig, monatlich)	Anlieferung in Paketen über Rezeption oder als Palette	Abholung durch Verwaltungspersonal an der Rezeption über Aufzug → Zwischenlagerung in den Kopierräumen auf den Etagen bzw. in Schränken im Büro → Verwendung üblicher Sammelbehälter im Büro und auf den Etagen	Entsorgung als Papier- und Restmüll (Abholung durch Entsorger)
Maschinen und Bauteile	Anlieferung über LKW im Wirtschaftsbereich	Abladen über Deckenkran in der Werkstatt oder aus eigener Kraft	Schrottcontainer Bestellung auf Bedarf

2.1.5 AST- Ausstattung

Bezüglich der technischen oder baulichen Ausstattung der Räumlichkeiten gibt es von Seiten der Professur AST folgende Anforderungen:

- Das Tor zur Werkstatt muss für Landmaschinen dimensioniert sein.
- Der Deckenkran ist mit 10 t Hakenlast, mindestens 10 m Breite und einer Hakenhöhe von mindestens 5 m zu dimensionieren.¹
- Eine Absauganlage für Abgase und werkstatttypische Ausstattung muss vorhanden sein.
- Austretende Kraftstoffe und Betriebsmittel dürfen nicht ins Grundwasser gelangen.
- An Büro und Besprechungsräume stellt die Professur AST keine besonderen Anforderungen. Ausreichend Steckdosen und Datendosen für das eingesetzte Personal sind jedoch vorzusehen.

2.1.6 AST- Haustechnische Anlagen

Im Montagebereich werden werkstatttypische Medien sowie Strom- und Datenanschlüsse in den Bürobereichen vorausgesetzt.

Darüber hinaus gibt es von Seiten der Professur AST keine besonderen Anforderungen an haustechnische Anlagen.

2.1.7 AST- Sicherheit

Arbeitsplatztypische Gefahren werden in einer Gefährdungsbeurteilung vor Aufnahme des Betriebs erfasst. Bezüglich der äußeren Sicherheit gibt es von Seiten der Professur AST keine besonderen Anforderungen.

¹ Änderung: Dimensionierung wie folgt: Hakenlast: 10 t; Breite mind. 10m; Hakenhöhe: 8 m

2.2 Professur für Technologie und Logistik des Luftverkehrs (IFL)

2.2.1 IFL- Forschungsthemen

2.2.1.1 Untersuchte Hardware

Abteilungen/bauliche Strukturierung des Zentrums unter Beachtung der Anforderungen je Drohnenkategorie nach European Union Aviation Safety Agency (EASA):

- a) kleine unbemannte Fluggeräte **bis 25 kg** im Bereich *Visual Line Of Sight* (VLOS, **open CAT**) – sehr viele Geräte/Kunden/Entwickler mit spezifisch kleinem Raumbedarf,
- b) mittlere unbemannte Fluggeräte **bis 150 kg** im Bereich *Beyond Visual Line Of Sight* (BVLOS, **specific CAT**) – wenige Geräte mit spezifisch größerem Raumbedarf,
- c) große unbemannte Fluggeräte **größer 150 kg** zum Transport auch von Menschen (**certified CAT**) – wenige Geräte mit spezifisch großem Raumbedarf, sicher weiteres Testgelände außerhalb des Gebäudes langfristig erforderlich. Weitere Spezifizierung in:
 - i. **bis 600 kg** maximum takeoff mass (MTOM) gemäß *SC-Light UAS-01*,
 - ii. **bis 3175 kg** MTOM von Systemen für *Vertical Take-off And Landing* (VTOL) gemäß *Notice of Proposed Amendment 2022-06: Introduction of a regulatory framework for the operation of drones*.

In TAFAS sollen Drohnen, im Folgenden als Unmanned Aerial Vehicle (UAV) bezeichnet, der EASA Kategorie „open“ sowie perspektivisch Kategorien „specific“ und „certified“ untersucht werden. Entsprechend ist die **Infrastruktur für UAV bis 25 kg, <3m Spannweite und für Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h auszulegen.**

Der Betrieb größerer UAVs wird in TAFAS mittels Fessel durchgeführt, sodass ein Zusammenstoß mit der Infrastruktur (Wände) ausgeschlossen wird. Der Boden sollte perspektivisch für UAV bis 3175 kg ausgelegt werden. Ebenso ist der Zugang zur Halle für Fluggeräte bis 20 m Breite² auszulegen. Die Bewertung der zulässigen Flughöhe innerhalb der Halle aufgrund der Sogwirkung auf das Deckentragwerk erfolgt für jedes Fluggerät in einer gesonderten Sicherheitsbewertung.

UAV im Außengelände

Die Einrichtungen für *SivaS* und *TAFAS* sollen so gestaltet sein, dass sie sowohl komplexe Fahrscenarien im automatisierten Straßenverkehr als auch Start-, Lande- und Flugmanöver im Drohnen- und langfristig Lufttaxiverkehr erlauben. Tabelle 4 zeigt ausgewählte vertical take-off and landing (VTOL) UAVs der „certified“ CAT, die sich aktuell in der Entwicklung befinden. Um die Nachhaltigkeit der Nutzung der Forschungsinfrastruktur zu gewährleisten, sollte das Starten- und Landen dieser Systeme auf der Freifläche des Forschungszentrums gewährleistet werden. Folglich ist der perspektivische Flächenbedarf der Geräte auf eine Spannweite von 15.5-20 m auszulegen.

² Änderung: 19,0 m Breite

Tabelle 4: Fluggerätedaten ausgewählter Airtaxis

Klasse	EHang 216	Beta S250	Joby S4	Vo-loCity	CityAir-bus NextGen	Lilium Jet	Vo-loConnect	Cora
	Multi-copter	Lift & Cruise	Vec-tored Thrust	Multi-copter	Lift & Cruise	Vec-tored Thrust	Lift & Cruise	Lift & Cruise
Anzahl Sitze	2	5	5	2	4	5 / 7 / 16	4	2
Lade-art	La-desta-tion	La-desta-tion	Ladesta-tion	Batte-rie-tausch	-	Ladesta-tion	-	La-desta-tion
MTOM [kg]	580	3.175	1.814	900	> 1.600	?	1.000	1.200
Länge [m]	5,61	11,97	6,4	11,3	8,0	8,5	-	6,4
Breite [m]	5,61	15,24	13,8	11,3	8,0	13,9	-	10,97
Höhe [m]	1,77	5,52	3,3	2,5	-	-	-	-



Abbildung 3: Abbildungen ausgewählter Airtaxis

2.2.1.2 Skizze des Gesamtkonzepts

Dieser Abschnitt soll kurz die funktionalen Zusammenhänge der durch das Institut für Luftfahrt und Logistik (IFL) geplanten Forschungsaktivitäten anhand einer Skizze beschreiben. Die Skizze ist nicht Maßstabsgetreu. Die Lage der Forschungskomponenten ist variabel.

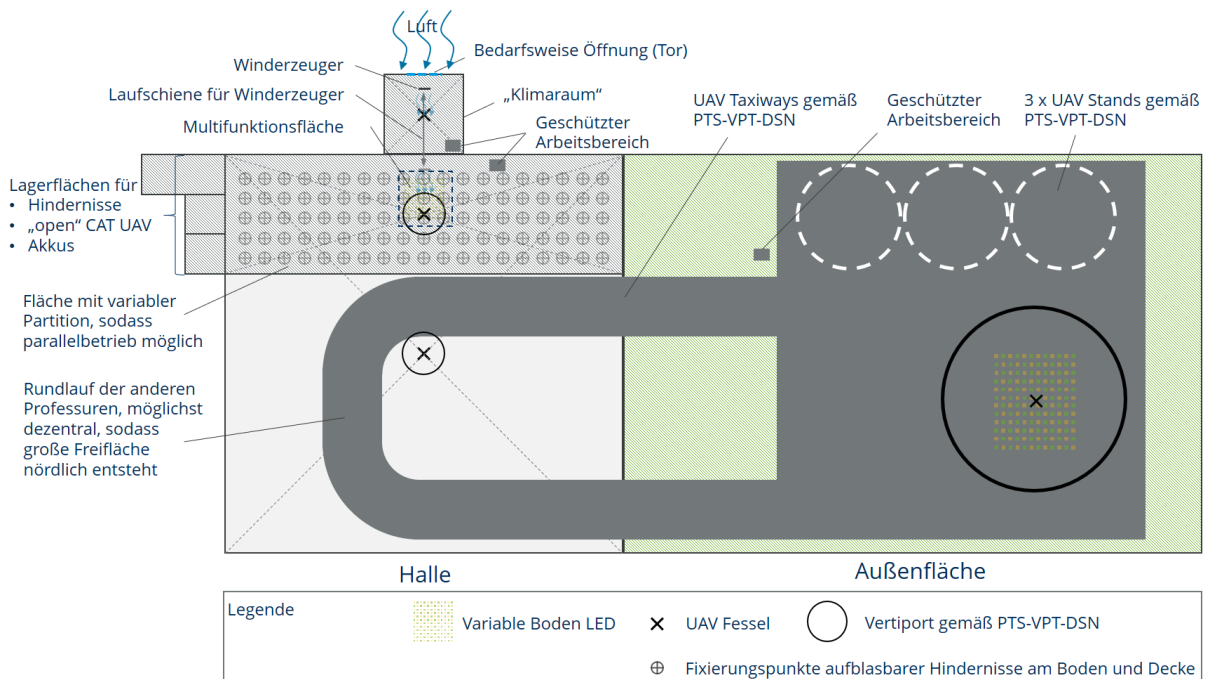


Abbildung 4: Skizze des Gesamtkonzepts

Für eine parallele Nutzung der Testfläche soll die Halle bei Bedarf durch eine Partition getrennt werden (Partition Wall).³ Der sich ergebene Bereich (siehe Abbildung 4 dunkleres grau) soll möglichst groß sein um einen parallelen Flugbetrieb mit kleineren UAV (CAT „open“) gewährleisten zu können. Die Lager- und Nutzflächen des IFL sollten von der Partition zugänglich sein.⁴ Die Partition sollte einen separaten Zugang zur Außenfläche, dem Bürogebäude sowie sanitären Bereichen besitzen. Außerdem sollte die Beleuchtung und Verdunkelung der Partition gesondert geregelt werden können. Das Windsystem soll in einem angrenzendem Raum (20x20x10m), im folgendem als „Klimaraum“ bezeichnet, untergebracht werden und bei Bedarf mittels Schienensystem oder Rollen⁵ in die große Halle geschoben werden, um in beiden Bereichen die Nutzung des Systems gewährleisten zu können. Der Klimaraum dient Versuchen im stationären Schwebeflug (z.B. Flugleistungsmodellierung), die große Halle bzw. Partition dynamischen Flugversuchen, z.B. mit plötzlich auftretender Cross-Wind-Komponente. Hierdurch soll ein effizienter Parallelbetrieb mit den anderen Professuren gewährleistet werden. Die Wand hinter dem Windsystem muss luftdurchlässig sein. Weiterhin bedarf es einer möglichst ganzflächigen Öffnung zwischen Klimaraum und Halle zur Gewährleistung des Windflusses sowie ein Netz/Gitter⁶ zwischen Klimaraum und Halle um die Halle vor dem Eindringen der UAV zu schützen. Die Schutzvorrichtung muss das Verschieben des Windsystems in die Halle gewährleisten. Bei risikobehafteten Flugversuchen soll die UAV am Boden gefesselt werden. Hierfür bedarf es im Boden versenkbare Verankerungen⁷ mit anliegender Strom- und Datenanbindung (beachte Anforderungen an die Ebenheit anderer

³ Änderung: Vorgesehen ist ein Industrierivortrag mit motorischer Steuerung

⁴ Änderung: direkte Verbindung Halle – Klimaraum und Großformatelager vorgesehen

⁵ Änderung: Schienensystem wird baulich nicht umgesetzt.

⁶ Änderung: Umsetzung zwingend als Tor

⁷ Änderung: Verankerung versenkt und abgedeckt, keine dynamische Versenkung vorgesehen

Professuren). Diese sollen mittig in der großen Halle,⁸ mittig in der Partition, mittig im Klimaraum sowie mittig auf dem Vertiport im Außenbereich liegen. Erst- und letztgenanntes sollen für UAV CAT „certified“ alle übrigen für „open“ ausgelegt werden.⁹ Im Außenbereich sollen ein Vertiport sowie Stellplätze für UAV CAT „certified“ gemäß geltender Vorschriften errichtet werden. Dies beinhaltet Markierungen, Beleuchtung und Befuerung gemäß geltender Vorschriften.¹⁰ Diese Außenflächen stehen bei Nichtnutzung anderen Forschungsaktivitäten zur Verfügung. Darüber hinaus bedarf es variablen Orientierungspattern auf dem Boden im Bereich der Vertiports, realisiert durch Projektion oder LEDs/OLEDs im Boden.¹¹

2.2.1.3 Crashtests und Notlandeverfahren

Drohnen stellen wie andere Fluggeräte auch eine Gefahr für die Bevölkerung bei Absturz dar (sog. externes Risiko). Insofern will TAFAS Crash- bzw. Notlandeverfahren von Drohnen bei reduzierter Funktionsfähigkeit (Kommunikationsverlust, Ausfall von Teilen des Antriebs, Navigationsverlust) in Abhängigkeit der aktuell avisierten Zulassungskategorien testen und das EASA-Klassifizierungssystem validieren. Dies ist für die EASA-Kategorie „open“, sowie perspektivisch Kategorien „specific“ und „certified“ geplant.¹² Maximale Massen der Fluggeräte sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Versuchsaufbau Crashtest

Beschreibung: Geplant ist eine Reihe von Versuchen entlang des gesamten Lebenszyklus der Systementwicklung, angefangen bei der Systemdefinition über den Entwurf, die Implementierung und die Integration von UAV. Hierfür werden eine Kraftmessplattform mit variablen Aufstellort, zwei Hochgeschwindigkeitskameras¹³ sowie eine elektrische Seilwinde mit Auslöser und variablen

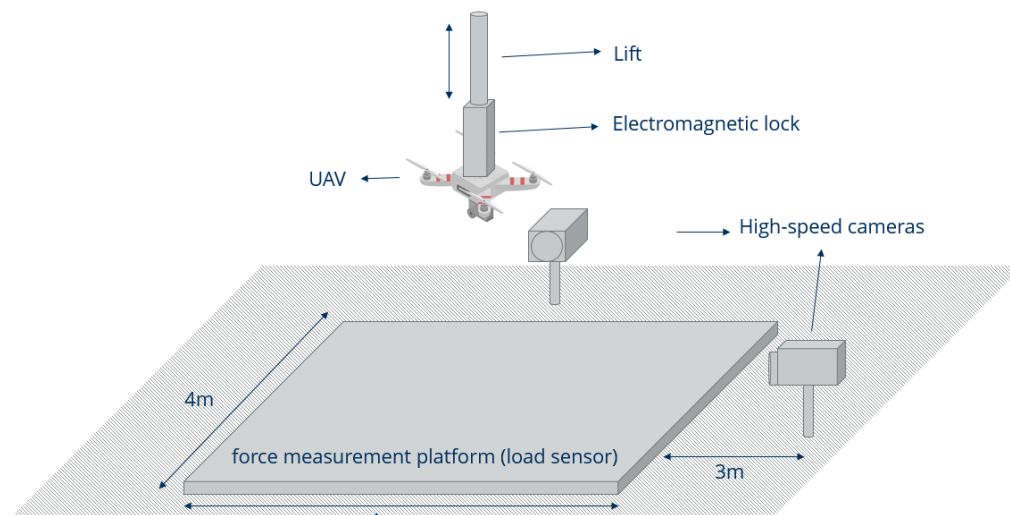


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Falltests

⁸ Änderung: aufgrund der Ebenheitsanforderungen mittig der Halle, baulich nicht umsetzbar daher Entfall

⁹ Änderung: CAT „certified“ derzeit ohne Planungsgrundlage; vorgesehen 5 kN statisch, Ankerpunkt im Bedarfsfall ertüchtigen;

¹⁰ Änderung: Lösungsvorschlag der Bieter als Option abgefragt

¹¹ Änderung: Lösungsvorschlag der Bieter als Option abgefragt

¹² Änderung: Die Infrastrukturen werden für Crashtests und Notlandeverfahren von CAT „open“ UAVs ausgelegt

¹³ Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

Aufhängort (Aufhängung über begehbare Deckenkonstruktion) benötigt. So soll der Versuchsaufbau zum einen für die Systementwurfsphase genutzt werden um verschiedene Bauformen von UAV (Dummies ohne Akku) zu testen. Hierfür bedarf es der Aufhängung der Seilwinde/Elektroseilszugs am Testort durch einen MA über die begehbare Deckenkonstruktion. Dies kann im Randbereich der Halle erfolgen, sodass ein parallelbetrieb mit anderen Forschern gewährleistet werden kann. Die Anlage soll jedoch auch bei Bedarf in Kombination mit dem Windsystem, z.B. beim Ausfall von Teilen des Antriebs, Testen von Sicherheitssystemen wie Tragschirmen sowie im Außenbereich genutzt werden.

Die Platte kann grundsätzlich in Form einer geteilten Plattform (z.B. 2x4m) mit mehreren Drucksensoren realisiert werden, sodass Lagerung und Transport der Anlage erleichtert werden. Die Messtechnik muss vor den Versuchen von einem Lagerort mittels Elektrostabler/Gabelstapler zum Aufstellort transportiert werden. Nach der Versuchsdurchführung wird die Messtechnik wieder in das Lager transportiert und die Versuchsfläche durch die Wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen gereinigt.



Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung eines Crashtests

Platzbedarf Crashtest

- 4 × 4 m Testfläche + 3 m für Messequipment = 10 × 10 m
- Variabler Aufstellort

Messtechnik Crashtest

- 2× High-speed-Kameras¹⁴
- 1× Force Measurement Platform (bzw. Druck-Sensoren), Fläche 4 × 4 m, ausgelegt bis 34 kJ gemäß *Specific Operations Risk Assessment (SORA)*, bzw. 12.26 kJ gemäß Rechnung unten:
- Rechenbeispiel 50 m Hallenhöhe

¹⁴ Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

$$v_{end} = \sqrt{2g \cdot Hallenhöhe}$$

$$v_{end} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 50m}$$

$$v_{end} = 31,32 \frac{m}{s}$$

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 25kg \cdot \left(31,32 \frac{m}{s}\right)^2$$

$$E = 12.26 kJ$$

- 1× Crashtest-Dummy (Abbildung 6)

Medienbedarf Crashtest

- Stromversorgung für Kameras, Messplattform und Elektroseilzug
- Anschlüsse für PC, Datenkabel (Verbindung Sensorik mit geschütztem Arbeitsbereich)

Technik Crashtest

1× Elektroseilzug/ elektrische Seilwinde mit Fernsteuerung und Auslösesystem (z.B. elektromagnetisch) für Open-CAT-Drohnen (Tragkraft 25 kg, Spannweite < 3 m), Nutzung der verfügbaren Hallenhöhe, folglich Hubhöhe < 50 m

Auswertungsstationen Crashtest

Geschützter Arbeitsbereich in der Halle (Mehrfachnutzung) mit 3 Arbeitsplätzen¹⁵

- Muss vor Kollision mit „open“ CAT UAV (< 25 kg Masse, < 3 m Durchmesser, < 100 km/h Flugeschwindigkeit) schützen
- Wünschenswert in Form eines verglasten Balkons (Panzerglas) in 4-5 m Höhe und kurzen Wegen zur Testfläche

ausgestattet mit:

- Internet IPv6
- 100 GBit Netzwerk/Switches/PoE
- WLAN Access Points
- 4G/5G Basisstationen, Campusnetz
- Beheizt und Wind(system)geschützt: Käfigarbeitsplatz daher eher ungeeignet. Ggf zusätzliche Verglasung/Acrylglas oder ähnliches.

¹⁵ Änderung: in separatem Raum vorgesehen. Innenfenster zur Halle mit Verbundsicherheitsverglasung



Abbildung 7: Geschützter Arbeitsbereich [<https://miro.medium.com>]

Der geschützte Arbeitsbereich dient der Versuchsdurchführung mehrerer Versuche. Es bestehen folgende Anforderungen an den Aufstellort:

- Kurze Wege zur Testfläche (innenliegend): viele Versuche erfordern das häufige Begehen der Testfläche und Zurückkehren zum geschützten Arbeitsplatz.
- Direkte Einsehbarkeit des gesamten Versuchsraums, insbesondere der Partitionsfläche und dem Bereich vor dem Windsystem: das sichere Steuern der UAV muss gewährleistet werden
- Zugang zum Partitionsbereich

Der geschützte Arbeitsbereich muss nicht zwangsläufig auf der Testfläche stehen, sondern kann, unter Erfüllung der o.g. Voraussetzungen auch an die Testfläche angegliedert werden, sodass kein statisches Hindernis auf der Testfläche vorhanden ist.¹⁶ Auch eine Umsetzung in Form eines in die Halle ragenden Balkons mit kurzen Wegen zur Testfläche wäre denkbar und würde gleichzeitig die Einsehbarkeit des Flugraums erhöhen. Der Leitstand von LKT kann ggf. für diese Zwecke genutzt werden, sofern er die Anforderungen erfüllt. Hierbei muss jedoch gewährleistet werden, dass eine parallele Nutzung der Flächen (Partition und übriger Teil der Halle) gewährleistet werden kann und die Sicht für beide Parteien nicht eingeschränkt wird. Außerdem sind für diesen Fall ausreichend Arbeitsplätze vorzusehen.

Sicherheitsmaßnahmen Crashtest

- Schutzwand um die Testfläche (Plexiglas, Netz oder ähnliches) auch als mobile Lösung oder von der Decke absenkbar möglich, um Kleinteile-/Splitterflug einzudämmen.¹⁷
- Persönliche Schutzausrüstung: gemäß geltenden Vorschriften (VO (EU) 2016/425, PSA-BV, UVV), je nach Anforderungen bspw. Helm, Schutzbrille, Schutzhandschuh, Gehörschutz
- Warnsignal (akustisch, optisch) und Schutzabstände während der Versuchsdurchführung
- Sicherer Abstand bei Versuchsdurchführung (geschützter Arbeitsbereich)
- Vorhalten von Feuerlöschern und Löschsandbehältern gemäß geltender Vorschriften. Feuerlöcher und Löschsandbehälter sind nach jeder Benutzung zu befüllen. Benutzte Feuerlöcher

¹⁶ Änderung: in separatem Leitstand vorgesehen. Innenfenster zur Halle mit Verbundsicherheitsverglasung

¹⁷ Änderung: mobil vorgesehen; Sicherheitsbetrachtungen sind Teil des Versuchsaufbaus

(gegebenenfalls auch solche mit verletzter Plombe) sind sofort mit dem vom Direktor des Instituts gegengezeichneten Brandbericht im Büro für Arbeitssicherheit der TU abzugeben und umgehend wieder.

- Vorhalten von Erste-Hilfe-Kästen gemäß geltender Vorschriften. Die sich im Verantwortungsbereich des Institutes befindlichen Erste-Hilfe-Kästen sind durch die beauftragten Mitarbeiter(innen) regelmäßig auf Vollständigkeit zu überprüfen und ggf. zu ergänzen.
- Einhaltung der Bestimmungen der Abfallentsorgungsrichtlinie der TU Dresden.

Worst- Case- Szenarien Crashtest

- Vorzeitiges Auslösen des Testobjektes
- Splitterwirkung beim Aufprall mit der Messplattform/Dummy
- Brandentwicklung von Akkus

Emissionen Crashtest

- Lärm

Anzahl und Dauer der Testvorgänge Crashtest

- Innerhalb einer Messreihe werden mehrerer Dummies mit unterschiedlichen Fallhöhen und Aufprallflächen (vertikale, horizontale Halterung) getestet.¹⁸
- Dauer einer Testvorgänge: je nach Komplexität 1 – 3 Tage
- Anzahl der Testvorgänge: 10 pro Jahr

Anforderungen an Klimastabilität Crashtest

Keine

Versuchsaufbau Not(lande-)verfahren

Testen von Not(lande-)verfahren bei Kommunikationsverlust, Ausfall von Teilen des Antriebs und Navigationsverlust sowie Validierung der *Final-approach And Take-off Areas (FATOs)* gemäß „*Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category*“ (PTS-VPT-DSN).

Platzbedarf Not(lande-)verfahren

- Flugversuche im gesamten Raum der Halle mit stützenfreiem Design oder in der Partition
- 2x Vertiport innen (siehe 2.2.1.9)
 - Dimension = $1.5 \times \text{UAV-Dimension} + 3 \text{ m}$ Sicherheitsabstand
= $1.5 \times 3 \text{ m} + 2 \times 3 \text{ m} \approx 10,5 \text{ m}$ Durchmesser („open“ CAT UAV) Hindernisfreiheit am Boden für Starts und Landungen
- Vertiport-Dimension außen siehe 2.2.1.8
- Lagerflächen für Hindernisse (Spezifizierung siehe 2.1.1.9)

Messtechnik Not(lande-)verfahren

¹⁸ Änderung: Dummies spezifisch für den Forschungsauftrag daher nicht teil des Projektbudgets sondern im jeweiligen Forschungssetat

- Hochpräzise Lokalisierung der operierenden UAV im gesamten Raum der Halle

Technik Not(lande-)verfahren

- Indoor-Ortungsanlagen für UAV (Eigenortung) als Ersatz für fehlendes GPS-Signal (siehe Betriebskonzept und Anforderungsliste ITVS)¹⁹
- Vorrichtung zur Abschirmung/Abschaltung von Ortungssystemen, z. B.: direktes Abschalten einzelner Systeme, Abschirmung/Verdeckung der Systeme
- Großflächige, lichtstarke Ausleuchtung des Versuchsfelds
- Verdunklungsmöglichkeit der Halle
- Verschiedenartige modulare, aufblasbare Hindernisse, um automatisiertes Landen (Detect and Avoid) zu erproben. Aufblasbare Objekte werden von mehreren Professuren genutzt und in diesem Betriebskonzept einmal konsolidiert erfasst.
- Vorrichtung zur Fixierung von aufblasbaren Hindernissen an variablen Orten in der Halle, hängend und am Boden.
- Versenkbare Bodenverankerung für UAV-Fessel mit anliegender Strom- und Datenverbindung. Lage siehe 2.2.1.3. Wünschenswert in Form eines Federzugs mit variablen Seilauzug bis 30 m der nur einen geringen Widerstand erzeugt jedoch ungenutztes Seil automatisch aufwickelt. Belastbarkeit beim Erreichen des Seilauzugs bis 200 kg.

Auswertungsstationen Not(lande-)verfahren

Geschützter Arbeitsbereich (Mehrfachnutzung): siehe Crashtests

Sicherheitsmaßnahmen Not(lande-)verfahren

- Schutz kritischer Infrastruktur durch z.B. Netze um Beschädigung durch „open“ CAT UAV zu vermeiden ($<25\text{kg}$, $<100\text{ km/h}$, $E < 12.26\text{ kJ}$ siehe Rechnung Crashtest)²⁰

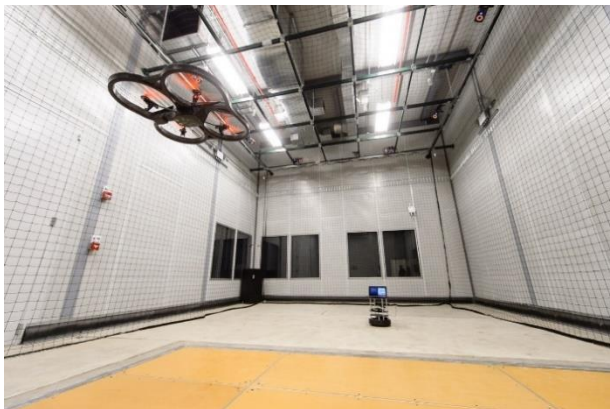


Abbildung 8: Schutz der Wände durch Netze

¹⁹ Änderung: Ortungssystem spezifisch für den Forschungsauftrag daher nicht teil des Projektbudgets sondern im jeweiligen Forschungsset

²⁰ Änderung: Traverse baulich vorgesehen, Netz nachrüstbar

- Versenkbare Fesselung der UAV, um Kollision mit Wänden bei risikobehafteten Flugversuchen auszuschließen oder UAV mit Strom/Datenverbindung zu versorgen.²¹
- Persönliche Schutzausrüstung: gemäß geltenden Vorschriften (VO (EU) 2016/425, PSA-BV, UVV), je nach Anforderungen bspw. Helm, Schutzbrille, Schutzhandschuh
- Warnsignal (akustisch, optisch) und Schutzabstände während der Versuchsdurchführung
- Sicherer Abstand bei Versuchsdurchführung (geschützter Arbeitsbereich)
- Vorhalten von Feuerlöschern und Löschsandbehältern gemäß geltender Vorschriften. Feuerlöcher und Löschsandbehälter sind nach jeder Benutzung zu befüllen. Benutzte Feuerlöcher (gegebenenfalls auch solche mit verletzter Plombe) sind sofort mit dem vom Direktor des Instituts gegengezeichneten Brandbericht im Büro für Arbeitssicherheit der TU abzugeben und umgehend wieder.
- Vorhalten von Erste-Hilfe-Kästen gemäß geltender Vorschriften. Die sich im Verantwortungsbereich des Institutes befindlichen Erste-Hilfe-Kästen sind durch die beauftragten Mitarbeiter(innen) regelmäßig auf Vollständigkeit zu überprüfen und ggf. zu ergänzen.
- Einhaltung der Bestimmungen der Abfallentsorgungsrichtlinie der TU Dresden.

Worst- Case- Szenarien Not(lande-)verfahren

- Kontrollverlust der UAV
 - Kollision/Absturz von „open“ CAT UAV mit Objekten im Wirkbereich
 - Absturz gefesselter UAV
- Brandentwicklung von Akkus
- Splitterwirkung beim Aufprall

Emissionen Not(lande-)verfahren

- Lärm

Anzahl und Dauer der Testvorgänge Not(lande-)verfahren

- Testung mehrerer Setups
- Dauer einer Testvorgänge: je nach Komplexität 1 – 3 Tage
- Anzahl der Testvorgänge: 10 pro Jahr

Anforderungen an Klimastabilität Not(lande-)verfahren

Keine

Anforderungen an Klimastabilität Not(lande-)verfahren

Örtliche Gegebenheiten, wie z. B. Höhenlage, Temperatur und zulässiges Manövrieren, müssen möglicherweise bei der Festlegung der Größe einer FATO gemäß SC VTOL.2105 berücksichtigt werden.

2.2.1.4 Safety und Security

²¹ Änderung: Verankerung versenkt und abgedeckt, keine dynamische Versenkung vorgesehen

In Bezug auf „Safety“ steht beim TAFAS das Entwickeln und Erproben zulässiger Flugpfade relativ zu sensiblen Gebieten/Gebäuden im Fokus, hinsichtlich „Security“ die Überprüfung stets verlässlicher Überwachungs- und Steuerungssysteme über Funk. Hierzu bedarf es normativer Umgebungsbedingungen, die nur in einer Halle mit hinreichend lichter Höhe und der Möglichkeit repräsentativer Signalverschattung vorgenommen werden können.

Das Thema Security, z. B. *Jamming/Hacking/Spoofing* von Drohnen, wird dabei primär durch das Institut für Verkehrstelematik, Professur für Informationstechnik für Verkehrssysteme abgedeckt.

Versuchsaufbau Flugpfade

Ziel der Forschung ist die Flugpfadoptimierung unter Beachtung virtueller und realer Hindernisse, die Validierung von Sicherheitsabständen und die Entwicklung von Flugleistungsmodellen. Hierfür soll der Operationsraum vollständig digital abgebildet werden, um virtuelle Hindernisse zu definieren und diese in der Flugplanung zu berücksichtigen. Eine hochpräzise Ortung und Tracking ermöglichen die Auswertung der Flugversuche.²² Die tatsächliche Position der UAV soll über die gesamte Flugdauer in der digitalen Abbildung dargestellt werden. Somit können Flugpfade durch virtuelle Hindernisse mit realer Flugleistung getestet und das operationelle Risiko bei der Erprobung von Sicherheitsabständen und Flugleistungsmodellen reduziert werden. Weiterhin dienen reale Hindernisse der Validierung der Flugversuche. Hierfür sollen aufblasbare luftdichte Röhrenkonstruktion mit Seitenwänden zum Einsatz kommen, da sie leicht zu lagern, aufzubauen und vergleichsweise günstig sind. Gleichzeitig lassen sich nahezu beliebige Formen und Größen realisieren. zeigt exemplarische Hindernisse für die kein Dauergebläse notwendig ist.



Abbildung 9: Beispiel Hindernisse aufblasbar

Die Spezifikation der Hindernisse wird konsolidiert für mehrere Professuren in 2.2.1.9 aufgeführt. Für die Objekte ist ein Lagerraum, zugänglich durch die Partition, vorzusehen. Die Objekte werden auf Europaletten gelagert und mit einem Stapler transportiert.

²² Änderung: Ortungssystem spezifisch für den Forschungsauftrag daher nicht teil des Projektbudgets sondern im jeweiligen Forschungssetat

Die Hindernisse sollen stehend und hängend an variablen Orten der Halle montiert werden. Für die Aufstellung und Aufhängung sind ein Elektroseilzug/ elektrische Seilwinde sowie ein System zur Fixierung der Objekte am Boden und in der Decke notwendig.

Hierfür stehen verschiedene Optionen zu Auswahl.²³

1. Begehbare Deckenkonstruktion: Der WMA erreicht über eine begehbare Deckenkonstruktion den gewünschten Aufstellort und montiert eine elektrische Seilwinde. Anschließend wird das Objekt am Boden aufgeblasen, mittels Seilwinde aufgestellt und bei Bedarf an die Decke gezogen, wo es fixiert und anschließend auf die gewünschte Tiefe abgesenkt wird. Anschließend wird die Seilwinde vom WMA demontiert und am nächsten Aufstellort/ Aufhängungsort installiert.
2. Es werden mehrere Seilwinden (vorzugsweise mit Laufkatze) an definierten Rasterpunkten der Halle fest installiert. Bei Bedarf werden diese mittels Fernsteuerung abgelassen und für die Aufstellung oder Deckenfixierung der Objekte verwendet. Hierfür wären mehrere Seilwinden jedoch eine weniger aufwendige Deckenkonstruktion notwendig.

In beiden Fällen sind die Objekte vor Verdrehung zu schützen. Es ist die kostengünstigere Option zu bevorzugen.

In der Partition ist die Aufhängung in einem Raster von 5 m, im übrigen Teil der Halle aller 10 m zweckdienlich. Mindestens sind jedoch 25 Installationspunkte für die Aufhängung im Partitionsbereich und weitere 25 Punkte in der übrigen Halle vorzusehen.

Für die Bodenfixierung sind mind. 25 im Boden versenkte Ösen mit planer Abdeckung im Partitionsbereich vorzusehen um die Objekte vor dem Kippen und dem Einfluss des Windsystems zu schützen. Zusätzlich können die Objekte durch Gewichte beschwert werden.

Die Fixierung der Objekte im Außenbereich erfolgt ebenfalls durch Gewichte. Hierbei werden Wassertanks bevorzugt, die am Aufstellort mittels Schlauch befüllt und nach der Nutzung abgelassen werden.

Platzbedarf Flugpfade

- Flugversuche im gesamten Raum der Halle mit stützenfreiem Design oder in der Partition
- Lagerflächen für Hindernisse

Messtechnik Flugpfade

- Hochpräzise Lokalisierung der operierenden UAV im gesamten Raum der Halle

Technik

- Indoor Ortungsanlagen für UAV (Eigenortung) als Ersatz für fehlendes GPS Signal (siehe Betriebskonzept und Anforderungsliste ITVS)²⁴
- Vollständige digitale Abbildung des Operationsraums

²³ Änderung: Umsetzung im Traversensystem sh. FLB

²⁴ Änderung: Ortungssystem spezifisch für den Forschungsauftrag daher nicht teil des Projektbudgets sondern im jeweiligen Forschungsetat

- System zur Definition virtueller Hindernisse im Raum (3-dimensional)
- Verschiedenartige modulare, aufblasbare Hindernisse. Aufblasbare Objekte werden von mehreren Professuren genutzt und in diesem Betriebskonzept einmal konsolidiert erfasst. Spezifizierung der Objekte in 2.2.1.9
- Vorrichtung zur Fixierung von aufblasbaren Hindernissen an variablen Orten in der Halle, hängend und am Boden. Spezifizierung der Vorrichtung zur Fixierung in 2.2.1.9

Auswertungsstationen Flugpfade

- Geschützter Arbeitsbereich (Mehrfachnutzung): siehe Crashtests

Sicherheitsmaßnahmen Flugpfade

- Siehe Not(lande-)verfahren

Worst- Case- Szenarien Flugpfade

- Siehe Not(lande-)verfahren

Emissionen Flugpfade

- Lärm

Anzahl und Dauer der Testvorgänge Flugpfade

- Testung mehrerer Setups
- Dauer einer Testvorgänge: je nach Komplexität 1 – 3 Tage
- Anzahl der Testvorgänge: 10 pro Jahr

Anforderungen an Klimastabilität Flugpfade

Keine

2.2.1.5 Kommunikationsverhalten

Die Sensibilität der ferngesteuerten bis hin zu autonomen Drohnen soll gegenüber der Verfügbarkeit und dem Durchsatz des C3-Links (Command, Control, and Communication) durch variable Aufstellorte der 5G-Sende-/Empfangstechnik relativ zur Position der Flugrouten untersucht werden. Auch hierfür bedarf es der Erprobung wesentlicher Teile in einer Halle, um externe Störungen zunächst ausschließen zu können.

Platzbedarf Kommunikation

- Flugversuche im gesamten Raum der Halle mit stützenfreiem Design oder in der Partition

Messtechnik Kommunikation

- Hochpräzise Lokalisierung der operierenden UAV im gesamten Raum der Halle

Technik Kommunikation

- Siehe Not(lande-)verfahren

Auswertungsstationen Kommunikation

- Geschützter Arbeitsbereich (Mehrfachnutzung): siehe Crashtests

Sicherheitsmaßnahmen Kommunikation

- Siehe Not(lande-)verfahren

Worst- Case- Szenarien Kommunikation

- Siehe Not(lande-)verfahren

Emissionen Kommunikation

- Lärm

Anzahl und Dauer der Testvorgänge Kommunikation

- Testung mehrerer Setups
- Dauer einer Testvorgänge: je nach Komplexität 1 – 3 Tage
- Anzahl der Testvorgänge: 10 pro Jahr

Anforderungen an Klimastabilität Kommunikation

Keine

2.2.1.6 Start- und Landemanöver

Es ist davon auszugehen, dass insbesondere Hover- (Schweben), Start- und Landemanöver noch durch manuelle Unterstützung (seitens Fernpiloten, sog. Remote Pilot) erfolgen. Hierfür soll das Testfeld mit leistungsfähigen LEDs/OLEDs oder Projektionen ausgestattet werden, die variabel angesteuert werden und so optische Orientierungshilfen aufzubauen gestatten.

Versuchsaufbau Start- und Landemanöver

Variable Markierungen auf dem Boden als Projektion (Laserprojektor) oder bodenintegrierte Lichttechnik (LED/OLEDs) denkbar.²⁵

Platzbedarf Start- und Landemanöver

- Fläche 10x10 m im Innenbereich
- Fläche 10x 10 m im Außenbereich

Messtechnik Start- und Landemanöver

- Hochpräzise Lokalisierung der operierenden UAV im gesamten Raum der Halle

Technik Start- und Landemanöver

- Ansteuerbare leistungsfähige LED/OLED oder Projektionen

Auswertungsstationen Start- und Landemanöver

- Geschützter Arbeitsbereich (Mehrfachnutzung): siehe Crashtests

²⁵ Änderung: Lösungsvorschlag der Bieter als Option angefragt

Sicherheitsmaßnahmen Start- und Landemanöver

- Siehe Not(lande-)verfahren

Worst- Case- Szenarien Start- und Landemanöver

- Siehe Not(lande-)verfahren

Emissionen Start- und Landemanöver

- Lärm

Anzahl und Dauer der Testvorgänge Start- und Landemanöver

- Testung mehrerer Setups
- Dauer einer Testvorgänge: je nach Komplexität 1 – 3 Tage
- Anzahl der Testvorgänge: 10 pro Jahr

Anforderungen an Klimastabilität Start- und Landemanöver

- ggf. Anforderungen der Hersteller LED/OLED

2.2.1.7 Wind

Schließlich sind leichte Drohnen windanfällig – hierzu soll ein Windsystem genutzt werden um Seiten-wind, Turbulenzen und Leewellen über Gebäuden realistisch zu simulieren

Versuchsaufbau Windversuche

Beschreibung: Einbau einer „Windwall“ bestehend aus sehr vielen kleinen ca. 80 mm großen Ventilatoren (pixels), also 12,5 wind pixels/m, ansteuerbar mit spezieller, am Markt verfügbarer Elektronik zur Reproduktion von komplexen Windfeldern. Sie erzeugt Windgeschwindigkeiten von bis zu 16 m/s in einem Wirkungsbereich von 5-6 m. Es sollen zwei Arten von Versuchen durchgeführt werden.

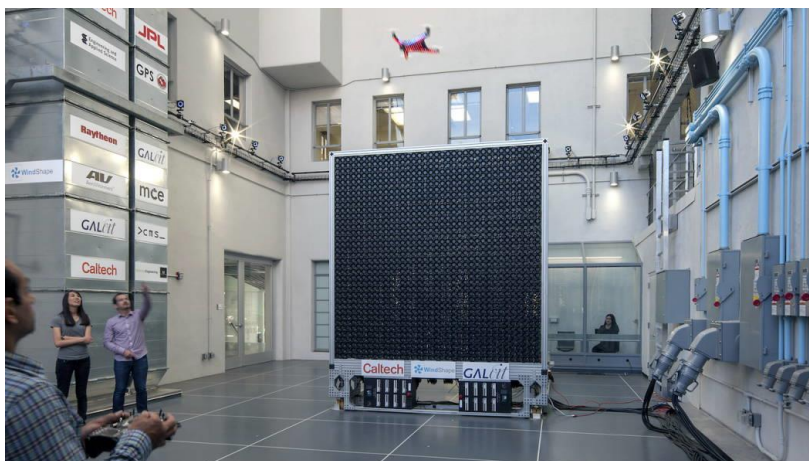


Abbildung 10: Caltech Windshaper <https://www.tytorobotics.com/pages/windtunnel-landing>

1. **Statische Flugversuche.** Versuche im stationären Flug vor der Windanlage zur Entwicklung von Flugleistungsmodellen. Dabei wird eine Bewegung gegenüber der Luft (engl. „air distance“)

simuliert, sodass andere Störeffekte ausgeschlossen werden können. Diese Versuche sollen in einem separaten „Klimaraum“ durchgeführt werden da sie einen geringen spezifischen Raumbedarf aufweisen. Somit soll ein effizienter Parallelbetrieb der Forschungsinfrastruktur gewährleistet werden.

2. **Dynamische Flugversuche.** Insbesondere plötzlich auftretende Seitenwindkomponenten zur Validierung von Sicherheitsabständen stehen im Fokus der Untersuchungen. Dabei soll die Länge der Halle genutzt werden und das UAV plötzlich auftretenden Seitenwindkomponenten ausgesetzt werden. Eine hochpräzise Lokalisierung der UAV innerhalb des Testraums ermöglicht die Berechnung der Abweichung vom Sollpfad und somit der Validierung notwendiger Sicherheitsbereiche in urbanen Gebieten. Darüber hinaus sollen die notwendigen Sicherheitsbereiche für Vertiports, insbesondere bei Notlandeverfahren, unter Windeinfluss untersucht werden. Diese Versuche sind nur innerhalb der großen Halle möglich. Das Windsystem muss auf einem Schienensystem²⁶ installiert werden um es bei Bedarf in die große Halle schieben zu können.

Platzbedarf Windversuche

- „Klimaraum“ 20 x 20 x 10 m
 - Möglichst mittig an Halle angegliedert
 - Direkt an Partition gelegen
- Aufstellung des 3 x 3 m Windshapers auf einer etwa 3 x 1.5 m Fläche
- Bodenschienen/ Rollensystem zum Verschieben des Windsystems zwischen „Klimaraum“ und Testhalle (etwa 5 m in die Halle – Konkretisierung nach genauer Verortung im Raum möglich)
- Platz für Erweiterung auf ein 5 x 5 m System vorhalten
- Platz für Erweiterung einer Seitenwindanlage in Klimaraum 3x3 m System vorhalten

Medienbedarf Windversuche

Verbrauch etwa 16 kW/m²

Technik Windversuche

- Windshaper
- Versenkbare Verankerungen für UAV Fessel und Fixierung der Objekte auf der Testfläche vor dem Windsystem
- Luftdurchlässige Rückwand (z.B. 5 x 5 m Tor)
- Größtmögliche Öffnung zur Halle zur Gewährleistung einer optimalen Luftzirkulation die jedoch bei Bedarf geschlossen werden kann um die Halle vor dem Eindringen von Nebel/Feuchtigkeit/kalter Luft zu schützen (optimal: 10 x 20 m Hub-Faltdor, mind. jedoch 10 x 10 m)²⁷
- Beschwertes/fixierbares Netz oder Gitter zwischen Klimaraum und Halle um die Halle vor dem Eindringen der UAV zu schützen (Hub-Faltdor oder ähnlich "Ballschutznetz Sporthalle"), sodass Tor zwischen Klimaraum und Halle wahlweise vollständig geschlossen oder nur mit Netz geschlossen werden kann.

²⁶ Änderung: Schienensystem wird baulich nicht umgesetzt; stattdessen: Rollen

²⁷ Änderung: Tor: (B x H) 10 x 9 m

Auswertungsstation Windversuche

- Geschützter Arbeitsbereich (Mehrfachnutzung): siehe Crashtests

Sicherheitsmaßnahmen Windversuche

- Siehe oben
- Geschützter Arbeitsbereich im Klimaraum
- Netz (siehe oben)
- Sicherheitsbereich im Wirkungsbereich des Windsystems

Worst- Case- Szenarien Windversuche

- Siehe Not(lande-)verfahren

Emissionen Windversuche

- Lärm

Anzahl und Dauer der Testvorgänge Windversuche

- Testung mehrerer Setups
- Dauer einer Testvorgänge: je nach Komplexität 1 – 3 Tage
- Anzahl der Testvorgänge: 10 pro Jahr

Anforderungen an Klimastabilität Windversuche

- ggf. Anforderungen der Hersteller Windshaper²⁸

2.2.1.8 Außenbereich

Die Einrichtungen für SivaS und TAFAS sollen so gestaltet sein, dass sie sowohl komplexe Fahr-szenarien im automatisierten Straßenverkehr als auch Start-, Lande- und Flugmanöver im Drohnen- und langfristig Lufttaxiverkehr erlauben. Hierfür werden die Infrastruktur für das Starten und Landen von CAT „certified“ UAV, sogenannte Vertiports, entsprechende Parkmöglichkeiten sowie Taxiways benötigt. Der nahegelegene Flugplatz Nardt stellt perspektivisch eine gute Ergänzung zu SivaS und TAFAS dar, insbesondere für nicht VTOL fähige UAV die aufgrund ihres spezifischen Raumbedarfs nicht auf dem Forschungsgelände starten und landen können. Dieser kann jedoch nicht die Verfügbarkeit und den Durchsatz des C3-Links (Command, Control, and Communication) gewährleisten und verfügt nicht über einen Vertiport gemäß geltender Richtlinie „Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category“ (PTS-VPT-DSN). Darüber hinaus können nur TAFAS und SivaS Sicherheitssysteme wie Bodenfessel und geschützte Arbeitsplätze sowie die Verfügbarkeit von Forschungsequipment (z.B. Hindernisse, Sensorik) aufweisen. Die öffentlichkeitswirksame überregionale Wahrnehmung des Gesamtvorhabens wird durch die Möglichkeit von Starts und Landungen großer UAVs auf dem Forschungsgelände wesentlich erhöht. Mittel-langfristig soll das SML Teil eines 3D Reallabors für Flüge >50 km werden.

Versuchsaufbau Außenflugversuche

²⁸ Änderung: Bisher nicht bekannt

Vernetzung von TAFAS und Landeplätzen für anwendungsorientierte Forschung und Flugertesting unter „realen“ Bedingungen. Ausbau des 3D Reallabors für Flüge >50 km und Forschung an neuen 3D-Logistikkonzepten.



Abbildung 11: Ausmaß des geplanten 3D Reallabors Flugsektor: Kamenz- Hoyerswerda- Rothenburg- Görlitz

Hierfür werden mind. 1× Vertiport, 2× Standplätze und notwendige Taxiways für die unter Punkt 0 genannten Fluggeräte unter Einhaltung der Richtlinien „Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category“ (PTS-VPT-DSN) benötigt.

Platzbedarf Außenflugversuche

Nachfolgend werden die Kernpunkte für eine Entwurfsplanung aus PTS-VPT-DSN zusammengefasst. Konkrete Werte sind PTS-VPT-DSN zu entnehmen. Die Infrastruktur ist für „certified“ UAV bis 20 m Durchmesser (D) und 3175 kg (siehe 2.2.1.1) auszulegen.

Vertiport

Innerer Durchmesser: $1.5 \times D$

Sicherheitsbereich: $0.25 \times D$ (mind. 3 m)

Departure/arrival surface + Side-slope: Ein Vertiport sollte mit mindestens einer geschützten Seitenböschung versehen sein, die in einem Winkel von 45 Grad vom Rand der SA nach außen ansteigt und sich bis zu einer Entfernung von 10 m erstreckt. Die Oberfläche einer geschützten Seitenböschung sollte nicht von Hindernissen durchdrungen sein.²⁹

²⁹ Änderung: nicht umsetzbar wegen Platzverhältnissen auf dem Grundstück

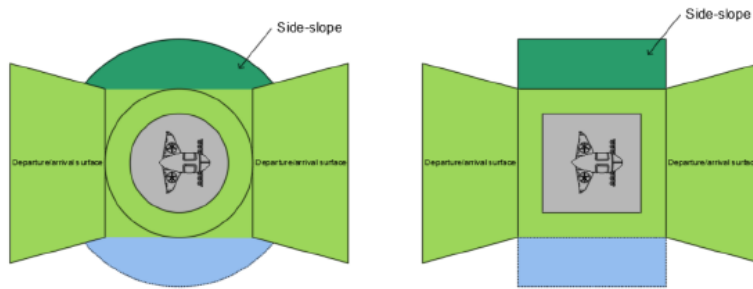


Abbildung 12: FATO simple SA and side slope protection

Taxiway

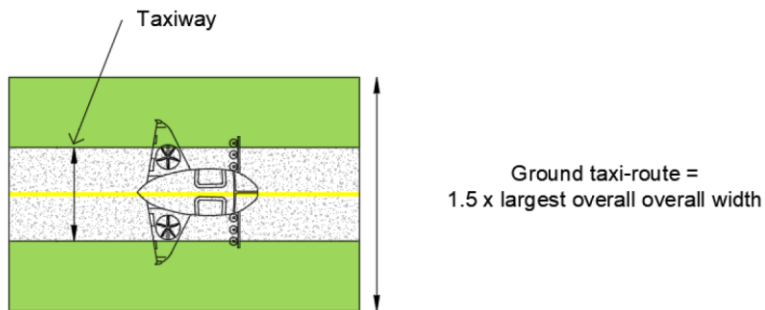


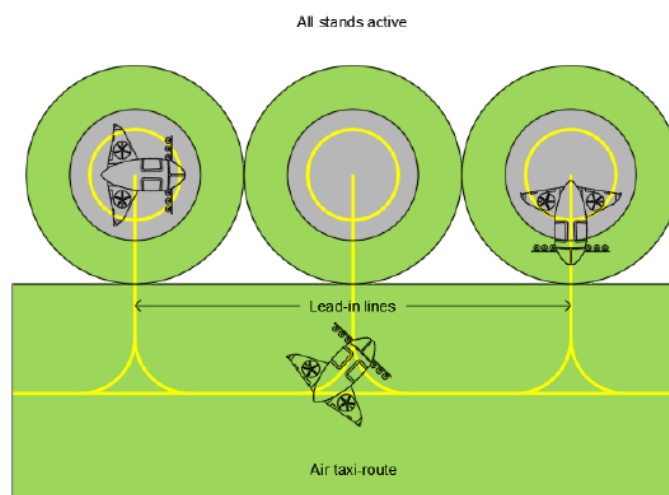
Abbildung 13: VTOL-capable aircraft taxiway/ground taxi-route

Stands

Die Mindestabmessungen eines Standes sollten sich nach der Geometrie und der Leistung des VTOL-fähigen UAVs richten, das den Stand nutzen soll, und folgende Mindestabstände gewährleisten:

VTOL-capable aircraft width	Clearance (see Figure C-7)
Up to but not including 24 m	3 m
24 m up to but not including 36 m	4.5 m
36 m up to but not including 80 m	7.5 m

Abbildung 14 Turning VTOL-capable aircraft stands (with air taxi-routes) — simultaneous use



Medienbedarf Außenversuche

- Wartungshalle für UAV ³⁰
- Zugang Verladung UAV/Straße
- Ladeinfrastruktur für UAV an stands³¹
- Beleuchtung gemäß PTS-VPT-DSN
- sämtliche Befehrerung/Beleuchtung mit flugbetrieblichem Bezug (Hindernisfeuer, Bodenbefehrerung für Vertiports, FATO etc.) nach Richtlinien der EASA auslegen, d.h. PTS-VPT-DSN bzw. EASA CS-ADR-DSN. ³² Siehe <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/98016/en>, Chapter M bzw. in Bezug auf Lichtstärken, lichttechnische Auslegung etc. CS ADR-DSN.U.940 Aeronautical ground light characteristics.
- Anforderungen an die Vorfeldausleuchtung mit Flutlicht sind in CS ADR-DSN.M.750 Apron floodlighting enthalten. Die Beleuchtungsstärken müssen einen sicheren Vorfelddbetrieb ermöglichen (also auch Reparaturen, Loading/Unloading etc.) ³³

Messtechnik Außenversuche

- Hochpräzise Lokalisierung der operierenden UAV im gesamten Außenbereich

Auswertungsstation Außenversuche

- 1x Geschützter Arbeitsbereich außen mit zwei Arbeitsplätzen (Mehrfachnutzung) ausgestattet mit:
 - Internet IPv6
 - 100 GBit Netzwerk/Switches/PoE
 - WLAN Access Points
 - 4G/5G Basisstationen, Campusnetz
 - Beheizt
 - Einsehbarkeit der gesamten Versuchsfläche: das sichere Steuern der UAV muss gewährleistet werden

Sicherheitsmaßnahmen Außenversuche

- Specific Operational Risk Assessment (SORA) und Conops gemäß geltender Regularien für „specific“ CAT Operationen
- Versenkbare Fesselung der UAV, um Kollision mit Infrastruktur bei risikobehafteten Flugversuchen auszuschließen oder UAV mit Strom/Datenverbindung zu versorgen.³⁴
- Persönliche Schutzausrüstung: gemäß geltenden Vorschriften (VO (EU) 2016/425, PSA-BV, UVV), je nach Anforderungen bspw. Helm, Schutzbrille, Schutzhandschuh, Gehörschutz
- Warnsignal (akustisch, optisch) und Schutzabstände während der Versuchsdurchführung
- Sicherer Abstand bei Versuchsdurchführung (geschützter Arbeitsbereich)
- Vorhalten von Feuerlöschern und Löschsandbehältern gemäß geltender Vorschriften. Feuerlöcher und Löschsandbehälter sind nach jeder Benutzung zu befüllen. Benutzte Feuerlöcher

³⁰ Änderung: Mitnutzung der mechanischen Werkstatt

³¹ Änderung: kann erst wenn das Entsprechende Fluggerät angeschafft ist dimensioniert werden, daher nicht Projektbudget

³² Änderung: Lösungsvorschlag der Bieter als Option angefragt

³³ Änderung: Richtlinie wird im Forschungskontext nicht umgesetzt

³⁴ Verankerung versenkt und abgedeckt, keine dynamische Versenkung vorgesehen

(gegebenenfalls auch solche mit verletzter Plombe) sind sofort mit dem vom Direktor des Instituts gegengezeichneten Brandbericht im Büro für Arbeitssicherheit der TU abzugeben und umgehend wieder.

- Vorhalten von Erste-Hilfe-Kästen gemäß geltender Vorschriften. Die sich im Verantwortungsbereich des Institutes befindlichen Erste-Hilfe-Kästen sind durch die beauftragten Mitarbeiter(innen) regelmäßig auf Vollständigkeit zu überprüfen und ggf. zu ergänzen.

Worst- Case- Szenarien Außenversuche

- Kontrollverlust der UAV
- Zusammenstoß mit Objekten im Wirkungsbereich

Emissionen Außenversuche

- Lärm

Anzahl und Dauer der Testvorgänge Außenversuche

- Testung mehrerer Setups
- Dauer einer Testvorgänge: je nach Komplexität 1 – 3 Tage
- Anzahl der Testvorgänge: 10 pro Jahr

Anforderungen an Klimastabilität Außenversuche

Keine

2.2.1.9 Abgeleitete Anforderungen

Versuchshalle

Flugversuche im gesamten Raum der Halle mit stützenfreiem Design

- Höhe: (lichte Hallenhöhe 30 m)
- Breite: 100 m
- Tiefe: 100 m
- Im Boden versenkte Bodenverankerung für UAV Fessel möglichst mittig in der Halle mit folgenden Anforderungen:³⁵
 - anliegender Strom- und Datenverbindung
 - Plane Abdeckung (Beachte Anforderung an Reibungskoeffizienten und Ebenheit gemäß Professur für Kraftfahrzeugtechnik)
 - Federzug mit variablen Seilauszug bis 30 m der einen geringen Widerstand erzeugt jedoch nicht genutztes Seil automatisch aufwickelt. Belastbarkeit beim Erreichen des Seilauszugs bis 200 kg.
- Großflächige, lichtstarke Ausleuchtung des Versuchsfelds
- Verdunklungsmöglichkeit der Halle
- Schutz kritischer Infrastruktur vor UAV mit < 25 kg Masse, < 3 m Durchmesser, < 100 km/h Flugeschwindigkeit

³⁵ Änderung: aufgrund der Ebenheitsanforderungen mittig der Halle, baulich nicht umsetzbar

- Tor/Zugang für UAV (ebenerdig) zwischen Halle und Außenfläche 20 x 6 m ³⁶

Partition

- Höhe: (lichte Hallenhöhe 30 m)
- Breite: 30 m
- Tiefe: 100 m
- Im Boden versenkte Bodenverankerung für UAV Fessel zentral in Partition mit folgenden Anforderungen: ³⁷
 - anliegender Strom- und Datenverbindung
 - Plane Abdeckung
 - Federzug mit variablen Seilauszug bis 15 m der einen geringen Widerstand erzeugt jedoch nicht genutztes Seil automatisch aufwickelt. Belastbarkeit beim Erreichen des Seilauszugs bis 200 kg.
- Großflächige, lichtstarke Ausleuchtung des Versuchsfelds
- Verdunklungsmöglichkeit der Halle
- Gesonderte Steuerung von Beleuchtung und Verdunkelung
- Separater Zugang zum Bürogebäude und sanitären Einrichtungen
- Separater Zugang zum Außengelände

Klimaraum

- Höhe: 10 m
- Breite: 20 m
- Tiefe: 20 m
- Installation eines schienengeführten/ auf Rollen installierten Windsystems 3x3x1 m ³⁸, dieses soll bei Bedarf in die Halle (Partition) geschoben werden (siehe Skizze Betriebskonzept)
- Luftdurchlässige Rückwand (z.B. 5 x 5 m Tor)
- Größtmögliche Öffnung zur Halle (optimal: 10 x 20 m Hub-Faltdoor, mind. jedoch 10 x 10 m) ³⁹
- Raum direkt an Halle (Partition) angegliedert
- zentral gelegen an einer der 100 m langen Seiten der Halle
- Im Boden versenkte Bodenverankerung für UAV Fessel zentral im Klimaraum mit folgenden Anforderungen: ⁴⁰
 - anliegender Strom- und Datenverbindung
 - Plane Abdeckung
 - Federzug mit variablen Seilauszug bis 10 m der einen geringen Widerstand erzeugt jedoch nicht genutztes Seil automatisch aufwickelt. Belastbarkeit beim Erreichen des Seilauszugs bis 10 kg.

³⁶ Änderung: Zufahrtsbreite 19 m

³⁷ Änderung: Verankerung versenkt und abgedeckt, keine dynamische Versenkung vorgesehen

³⁸ Änderung: Schienensystem wird baulich nicht umgesetzt; stattdessen: Rollen

³⁹ Änderung: Tor: (B x H) 10 x 9

⁴⁰ Änderung: Verankerung versenkt und abgedeckt, keine dynamische Versenkung vorgesehen

- Netz/Gitter zwischen Klimaraum und Halle um die Halle vor dem Eindringen der UAV zu schützen (Hub-Faltdor oder ähnlich "Ballschutznetz Sporthalle")⁴¹
- Haustechnische Anlagen für die Erweiterung weitere Klimafunktionen (Beregnung, Nebel, Temperatur) vorbereiten
- Zugang zwischen Lagerräumen und Bürogebäude über Treppenhaus/Flur gewährleisten

Windsystem

- Höhe: 3 m
- Breite: 3 m
- Tiefe: 3 m
- Energieverbrauch Winderzeuger: ~ 16kW/m²
- System wiegt ~1,500 kg und muss vor Betrieb entsprechend gesichert werden

Geschützter Arbeitsbereich

- Höhe: 2,5 m
- Breite: 4 m
- Tiefe: 2,5 m
- Muss vor Kollision mit „open“ CAT UAV (< 25 kg Masse, < 3 m Durchmesser, < 100 km/h Flugeschwindigkeit) schützen
- Wünschenswert in Form eines verglasten Balkons (Panzerglas) in 4-5 m Höhe und kurzen Wegen zur Testfläche⁴²
- Direkte Einsehbarkeit des gesamten Versuchsraums. Das sichere Steuern der UAV muss von diesem Ort gewährleistet werden. Das beinhaltet die Versuchshalle, die Partition und den Klimaraum, insbesondere die Bereiche vor dem Windsystem sowie Start und Landeflächen Innen. Entweder als Kombilösung oder Realisierung durch mehrere Arbeitsbereiche, dann mit jeweils 3 Arbeitsplätzen. Mehrfachnutzung mit anderen Professuren möglich.
- Ausstattung:
 - Internet IPv6
 - 100 GBit Netzwerk/Switches/PoE
 - WLAN Access Points
 - 4G/5G Basisstationen, Campusnetz
 - Beheizt und Wind(system)geschützt

Hindernisse

- Verschiedenartige aufblasbare Hindernisse als luftdichte Röhrenkonstruktion, Planenmaterial ~0,60mm Wandstärke, stehend ohne Dauergebläse für Innen und Außennutzung
- Die aufblasbaren Objekte werden von mehreren Professuren genutzt und hier einmal konsolidiert erfasst. Die Objekte werden mit blickdichtem Stoff behangen und mit Ösen für die Verankerung im Boden sowie die wahlweise Aufhängung in der Halle ausgestattet. Jedes Objekt

⁴¹ Änderung: Umsetzung als Tor

⁴² Änderung: Umsetzung eines verglasten Erkers, Sicherheitsbetrachtung wird Teil des Versuchsaufbaus

soll auf jede der sich ergebenden Flächen gestellt werden können um eine hohe Varianz zu schaffen.

- 5x kleines Objekt (PKW)
 - Höhe 1,55 m
 - Breite 1,8 m
 - Tiefe: 4,4 m
- 5x Objekt Mittel (LKW)
 - Höhe 4 m
 - Breite 20 m
 - Tiefe: 2,5 m
- 5x großes Objekt (Haus A)
 - Höhe 5 m
 - Breite 5 m
 - Tiefe: 5 m
- 5x großes Objekt (Haus B)
 - Höhe 10 m
 - Breite 5 m
 - Tiefe: 5 m
- 2x großes Objekt (Haus C)
 - Höhe 15 m
 - Breite 10 m
 - Tiefe: 5 m
- Gebläse + Stromleitung zur Erreichung aller Aufstellorte innen und außen oder alternative Gebläse (Benzin)
- 10-20 Gewichte zum Beschweren der Objekte (PKW und LKW) im Außenbereich. Vorzugsweise Wassertanks/ Tragbare Wasserblase/ Wasserspeicherbehälter à 350 L. Wasserschlauch zum Befüllen der Objekte an allen Aufstellorten des Außenbereiches.

Aufhängung

- Die aufblasbaren Objekte müssen mit einem Elektroseilzug aufgestellt werden und sollen bei Bedarf für Flugversuche hängend oder am Boden stehend montiert werden.
- Elektroseilzug
 - Tragkraft mind. 400 kg
 - Hubhöhe = Hallenhöhe (< 50 m)
 - Fernsteuerung
- Aufhängung der Objekte (verdreh sicher)⁴³
 - Partitionsbereich: Fixierung in einem 5 m Raster
 - Übriger Teil der Halle: Fixierung in einem 10 m Raster
- Begehbaren Deckenkonstruktion oder mehrere fest installierte Seilzüge⁴⁴
- Auslegung der Deckenkonstruktion für die gleichzeitige Aufhängung aller Objekte.⁴⁵

⁴³ Änderung: IBC-Container dienen auch der Verdreh sicherung, damit entfallen Bodenankerpunkte

⁴⁴ Änderung: Umsetzung im Traversensystem, sh. FLB

⁴⁵ Änderung: zulässige Last: 1 kN/ m je Stützenachse

- Falls möglich Tragkraft auf 3175 kg bzw. 600 kg auslegen um auch größere UAV zu heben.⁴⁶

Haltepunkte

- Mind. 25 im Boden versenkte Ösen mit planer Abdeckung im Partitionsbereich für die Fixierung der aufblasbaren Objekte am Boden (Schutz vor Kippen und Windsystem)⁴⁷

Funk- Auslösesystem

- Funk Auslösesystem (z.B. elektromagnetisch) für die Aufhängung und den Abwurf von UAV Dummies am Elektroseilzug. Tragkraft 25 kg.

Kraftmessplattform

- Kraftmessplattform (bzw. Druck-Sensoren) für Fall- und Crash Test, ausgelegt bis 34 kJ
 - Höhe 0,05 m
 - Breite 4 m
 - Tiefe: 4 m

Hochgeschwindigkeitskameras⁴⁸

Dummy

- 1 x Crashtest Dummy zur Messung der auf den menschlichen Kopf übertragenen Energie beim Aufprall eines UAV⁴⁹

Vertiport

- 1 x Vertiport innen gemäß „Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Air-craft Certified in the Enhanced Category“ (PTS-VPT-DSN)⁵⁰
 - Breite 10 m
 - Tiefe: 10 m
- Visual aids (Markierungen, Beleuchtung und Befeuerung) gemäß PTS-VPT-DSN
- Mittig vor Winderzeuger im Partitionsbereich (Multifunktionsfläche)

(LED-) Projektionsfläche

- Mittig vor Winderzeuger im Partitionsbereich (Multifunktionsfläche)
- Projektion (präferiert) oder mindestens 400 leistungsfähige LEDs/OLEDs im Boden, die variabel angesteuert werden
- Visualisierung unterschiedlicher Marker für visuelle Orientierung ähnlich QR-Codes siehe z.B. Abbildungen 15 und 16

⁴⁶ Änderung: zulässige Last: 1 kN/ m je Stützenachse

⁴⁷ Änderung: Befestigungspunkte im Wandbereich vorgesehen. Wassertanks als Bodenanker ausreichend.

⁴⁸ Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

⁴⁹ Änderung: Dummys spezifisch für den Forschungsauftrag daher nicht teil des Projektbudgets sondern im jeweiligen Forschungssetat

⁵⁰ Änderung: Die Richtlinie ist für die Ausgestaltung von Vertiports im Freien gedacht. Es werden nur Anforderungen umgesetzt die im Innern umsetzbar sind

- Wenn Projektoren, dann durch mehrere Projektoren sicherstellen, dass keine Verschattung durch Fluggerät eintreten kann ⁵¹
 - Breite 10 m
 - Tiefe: 10 m

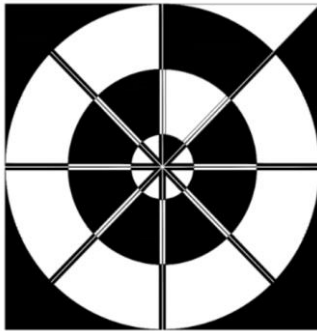


Abbildung 15: Orientierungs Marker gemäß Phong Ha Nguyen et al. 2017

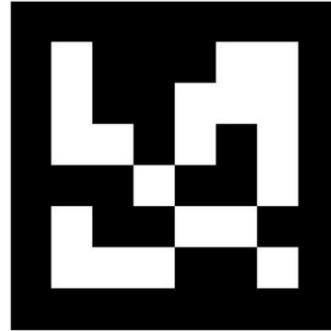


Abbildung 16: : ARTag fiducial marker gemäß Martin Rehak 2017

Airtaxi- Stellflächen (Stands)

- Stellfläche für Airtaxi im Partitionsbereich
- sporadischer Gebrauch im Falle von Wartungsarbeiten
- Ladeinfrastruktur für UAV (notwendige Ladeleistung bislang unbekannt, da Fluggeräte zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht existent. Dimensionierung als Schnellladestationen PkW)
 - Höhe 7 m ⁵²
 - Breite 20 m
 - Tiefe: 20 m

Lager für Hindernisse

- Lager für aufblasbare Hindernisse (Mehrfachnutzung)
- Befahrbar mit Elektrostapler/Gabelstapler
- Platz für 25 Objekte
 - Tiefe: 15-20 m
- kleine Objekte gelagert auf einer Europalette und große Objekte (vgl. „Haus A“ und „Haus B“) direkt in Lager ziehen, ggf. einmal Zusammenlegen(?) → Breiter, ebener Zugang, kurze Raumseite an Halle anliegend
- Objekte zwischen ~60-360 kg
- Raum direkt an Halle (Partition) angegliedert
- Zugangskontrolle

Lager Akkumulatoren

⁵¹ Änderung: Lösungsvorschlag der Bieter als Option angefragt

⁵² Änderung: Überdachung wird aufgrund Platzbedarf auf Grundstück nicht umgesetzt

- 10 Regalmeter für etwa 50 Akkus 24 V mit Sicherheitsboxen (z.B. Bat-Safe-XL 240x165x380mm) laden und lagern in einem Raum, aber separiert voneinander.
- Regal für Akkus nach Crashsituationen
- spezielle Behälter, Gefahrgutschränke, Ladegeräte
- Zugangskontrolle
 - Breite 3 m
 - Tiefe: 5 m

Lager UAV

- 10 Regalmeter für 10-20 „open“ CAT UAV (demontierte Rotoren 1-1.5 m Durchmesser)⁵³
- Nahe Lager für Lithiumionen Akkumulatoren
- Nahe an Versuchshalle/Zugang zur Partition
- Transport von UAV mit bis zu 3m Spannweite zur Halle gewährleisten (Üblicherweise können Rotorarme gefaltet werden)
- Zugangskontrolle
 - Breite 5 m
 - Tiefe: 5 m

Lager IFL Allgemein

- Befahrbar mit Elektrostabler/Gabelstapler
- 10 Regalmeter
- Raum direkt an Halle (Partition) angegliedert
- Lager u.A. für Kraftmessplattform
- Zugangskontrolle
 - Breite 5 m
 - Tiefe: 5 m

Stapler

- Tragkraft mind. 400 kg
- Transport von aufblasbaren Objekten auf Europaletten

Indoor Ortungsanlage

- Indoor Ortungsanlagen für UAV (Eigenortung) als Ersatz für fehlendes GPS Signal (siehe Betriebskonzept und Anforderungsliste ITVS)
- Vorrichtung zur Abschirmung/Abschaltung einzelner Ortungsanlagen
- Hochpräzise Lokalisierung der operierenden UAV im gesamten Raum der Halle und Außenbereich (siehe Betriebskonzept und Anforderungsliste ITVS)

Außenbeleuchtung

⁵³ Änderung: Umsetzung im Individuallager

- Anforderungen an die Vorfeldausleuchtung mit Flutlicht sind in CS ADR-DSN.M.750 Apron floodlighting enthalten. Die Beleuchtungsstärken müssen einen sicheren Vorfelddetrieb ermöglichen (also auch Reparaturen, Loading/Unloading etc.)⁵⁴

Leitstand Außen

- 2 Arbeitsplätze mit direkter Sicht auf das Vorfeld, insbesondere den Vertiport (Start - und Landefläche)
- Ausstattung:
 - Internet IPv6
 - 100 GBit Netzwerk/Switches/PoE
 - WLAN Access Points
 - 4G/5G Basisstationen, Campusnetz
 - beheizt

Vertiport

- VTOL-capable aircraft Vertiport¹⁾ gemäß geltenden Vorschriften „Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category (PTS-VPT-DSN)“ ausgelegt für UAV mit bis zu 20 m Durchmesser
 - Breite 46 m
 - Tiefe: 46 m
- Physikalische Merkmale (Abmessungen, Sicherheitsbereiche, Abwindschutz, geschützte Seitenneigung), Hindernisbegrenzungsfläche, hindernisfreies Volumen und visuelle Hilfsmittel gemäß PTS-VPT-DSN⁵⁵
- Im Boden versenkte Bodenverankerung für UAV Fessel zentral auf Vertiport mit folgenden Anforderungen: ⁵⁶
 - anliegender Strom- und Datenverbindung
 - Plane Abdeckung
 - Federzug mit variablen Seilauszug bis 30 m der einen geringen Widerstand erzeugt jedoch nicht genutztes Seil automatisch aufwickelt. Belastbarkeit beim Erreichen des Seilauszugs bis 200 kg.

¹⁾ Fläche wird nur zu Betriebszeiten genutzt

Aircraft- Stands

- 2 x VTOL-capable aircraft stands¹⁾ gemäß geltenden Vorschriften „Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category (PTS-VPT-DSN)“ ausgelegt für UAV mit bis zu 20 m Durchmesser
 - Breite 26 m (siehe PTS-VPT-DSN)
 - Tiefe: 26 m (siehe PTS-VPT-DSN)
- Ladeinfrastruktur UAV (notwendige Ladeleistung bislang unbekannt, da Fluggeräte zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht existent. Dimensionierung als Schnellladestationen PKW)

⁵⁴ Änderung: Richtlinie wird im Forschungskontext nicht vollumfänglich umgesetzt

⁵⁵ Änderung: Seitenböschung 10m nicht umsetzbar wegen Platzverhältnissen auf dem Grundstück

⁵⁶ Änderung: Verankerung versenkt und abgedeckt, keine dynamische Versenkung vorgesehen

- Davon 1x Auslegung als Garage wünschenswert (Stellfläche Mehrfachnutzung mit anderen Professuren)

¹⁾ Fläche wird nur zu Betriebszeiten genutzt

Taxiways

- Notwendige Taxiways¹⁾ für VTOL-capable aircraft gemäß geltenden Vorschriften „Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category (PTS-VPT-DSN)“ um vom Vertiport zu den Stands und in die Halle zu Rollen, ausgelegt für UAV mit bis zu 20 m Durchmesser
- Auslegung für 3175 kg maximum takeoff mass (MTOM) (VTOL Airtaxi gemäß Notice of Proposed Amendment 2022-06: Introduction of a regulatory framework for the operation of drones).
- Asphaltierte/Betonierte Fläche
- UAVs erzeugen starke Winde, lose Objekte (kleinere Steine, Kies u.Ä.) induzieren Risiko für Fluggeräte und dritte (z.B. auch beachten bei Platzierung/Schutz von Parkflächen)
- Befeuerung/Beleuchtung mit flugbetrieblichem Bezug (Hindernisfeuer, Bodenbefeuerung für Vertiports, FATO etc.) nach Richtlinien der EASA auslegen (EASA PTS-VPT-DSN bzw. CS-ADR-DSN). Siehe <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/98016/en>, Chapter M bzw. in Bezug auf Lichtstärken, lichttechnische Auslegung etc. CS ADR-DSN.U.940 Aeronautical ground light characteristics).⁵⁷

2.2.2 IFL- Arbeitsabläufe und Prozesse

Verwaltungsaufgaben und andere Bürotätigkeiten

- Technisches Personal (bis zu 5 Personen) für Betrieb Flug-drohnenhalle, Flugfreigelände, Erfassung und Auswertung von Verkehrsdaten im Testfeld, Betrieb Simulationslabor

Anlieferungsprozedere

- Anlieferung von „certified“ UAV auf Tieflader
- Abladen mit Seilwinde auf Freifläche oder in Halle
- Positionierung durch Personal von Hand auf Stellplatz innen/außen

Reinigung der Arbeitsplätze durch Fremdfirmen

- Reste, Schrott und Verunreinigungen durch Forschungstätigkeiten werden durch WMA entfernt bzw. gereinigt

Sanitäreinrichtungen und Umkleiden

- Sanitäreinrichtungen und Umkleiden sind von Vorteil, jedoch nicht zwingend erforderlich.

Anreise PKW/öffentliche Verkehrsmittel

- Anreise sporadischer MA vorwiegend mit PKW
- Anreise dauerhafter MA unbekannt

⁵⁷ Änderung: Richtlinie wird im Forschungskontext nicht vollumfänglich umgesetzt

- Anreise Studenten unbekannt

Übernachtung

- Übernachtungsmöglichkeiten für bis zu 5 sporadische MA sind von Vorteil, jedoch nicht zwingend erforderlich.

(Lehr-)Veranstaltungen

- Lehrveranstaltungen finden in Dresden statt, jedoch sind mittelfristig Praktika mit bis zu 30 Studenten geplant

Besucher/ Drittfirmen

Flughalle und Flugfreigelande sehen auch die Option von kleinteiligen **Mietflächen** durch **Start-Ups und Zulassungsbehörde** vor (Ableger des Luftfahrtbundesamtes (LBA) bzw. der Landesluftfahrtbehörden Sachsen/Brandenburg/Sachsen-Anhalt). Insgesamt wäre mit **bis zu 10 zusätzlichen neuen Arbeitsplätzen** zu rechnen. Die Ansiedlung von Start-Ups im Bereich Drohnenoperationen soll durch Bereitstellung von mietbaren Büroflächen unterstützt werden,⁵⁸ die Nähe zur Zulassungsbehörde soll Entwicklungsrisiken senken und damit die Attraktivität des Standorts nachhaltig fördern. Mittelfristig ist zu erwarten, dass die Ansiedlung von Start-Ups, die Messdaten aus den automatisierten Testfahrten-/flügen erheben sowie innovative Apps für die Verkehrsdatenweiterverarbeitung bzw. für die zentrale Verkehrssteuerung (analog VAMOS an der TUD) entwickeln oder die Sensor-/(4G/5G/WLAN) Messdatenerfassung und -verarbeitung ausbauen, insgesamt mind. 10 neue Arbeitsplätze schaffen wird.

2.2.3 IFL- Organisatorische Gliederung

Verwaltungsaufgaben und andere Bürotätigkeiten

Die wissenschaftlichen Mitarbeiter arbeiten in Gruppen von 1-3 Personen.

Kurzfristig:

- 1 dauerhafter Mitarbeiter: Gruppenleiter Forschung
- 3-5 dauerhafte Wissenschaftliche Mitarbeiter/ Promotionsstudenten
- bis zu 10 sporadische Wissenschaftliche Mitarbeiter/ Promotionsstudenten

Mittel- bis Langfristig:

- insgesamt bis zu 10 dauerhafte Wissenschaftliche Mitarbeiter/ Promotionsstudenten

2.2.4 IFL- Räumliche Gliederung

Gruppe/Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps:
Gruppenleiter/ Postdoc	Einzelbüro	Dauerhaft Präsenz

⁵⁸ Änderung: keine extern mietbaren Einheiten auf Baugrundstück, da so nicht förderfähig

Gruppe/Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps:
Dauerhafte WMA/ Promotionsstudenten	Büro	Dauerhafte Präsenz Wechsel zwischen Büro und Versuchsraum/ Geschützte Arbeitsbereiche
Sporadische WMA/ Promotionsstudenten	Coworking Arbeitsplätze	Gesamtanwesenheit etwa zwei Tage je Woche Beide Tage: Überwiegender Aufenthalt im Versuchsraum/ Geschützte Arbeitsbereiche. Sporadische Nutzung der Coworking Arbeitsplätze

2.2.5 IFL- Stoffströme

Stoff	In das Gebäude hinein	Verteilung im Gebäude	Entsorgung/ Abtransport aus dem Gebäude
Open UAV (sporadisch)	Anlieferung in Paketen über Rezeption/ Selbstständige Abholung	Abholung durch MA IFL an der Rezeption → Transport in UAV Lager/ Büro	Sammlung Elektroschrott, Abholung durch Dienstleister
Specific/Certified UAV (sporadisch)	Anlieferung des UAV mittels LKW auf Freifläche oder Landung des UAV am Vertiport Abladen des UAV mittels Kran LKW oder Stapler	Selbstständiges fahren in die Halle/Partition/Stellplatz oder ziehen des UAV mittels Tow-Bar oder electric aircraft tug (Bsp.)	Abholung durch LKW oder Start über Vertiport
Aufblasbare Hindernisse	Anlieferung der Hindernisse mittels LKW auf Freifläche (Hallenort)	Fahren des Hindernisses mit Stapler in Hindernislager	

Stoff	In das Gebäude hinein	Verteilung im Gebäude	Entsorgung/ Abtransport aus dem Gebäude
	Abladen mittels Kran LKW oder Stapler		
UAV Dummies für Crash-test (sporadisch)	Anlieferung in Paketen über Rezeption oder als Palette	Abholung durch MA IFL an der Rezeption → Transport in sonstiges Lager	Entsorgung über Hausmüll
Büromaterial/Papier (regelmäßig, monatlich)	Anlieferung in Paketen über Rezeption oder als Palette	Abholung durch Verwaltungspersonal an der Rezeption über Aufzug → Zwischenlagerung in den Kopierräumen auf den Etagen bzw. in Schränken im Büro → Verwendung üblicher Sammelbehälter im Büro und auf den Etagen	Entsorgung als Papier- und Restmüll (Abholung durch Entsorger)

2.2.6 IFL- Bauliche Strukturen

Raum Nr.	Raumtyp	Fläche [m ²]	Anzahl [Stck.]	Nutzung
1	Flughalle	10.000 (100x100)	1	Dynamische Flugversuche
2	Partition	3.000 (30x100)	1	Partition der Halle für Parallelbetrieb UAV/Bodenfahrversuche
3	Klimaraum	400 (20x20)	1	Stationäre Flugversuche mit Windsystem
4	Lager	25 (5x5)	1	Lager für 20 „open“ CAT UAV
5	Sonderlager	15 (3x5)		Lager Lithiumionen Akkumulatoren
6	Lager	25 (5x5)		Lager sonstiges
7	Lager (Mehrfachnutzung)	? (20x?)		Lager aufblasbare Hindernisse

Raum Nr.	Raumtyp	Fläche [m ²]	Anzahl [Stck.]	Nutzung
8	geschützter Arbeitsbereich in der Halle mit 3 Arbeitsplätzen (Mehrfachnutzung möglich)		1-3 ^{a)}	Versuchsdurchführung innen
9	geschützter Arbeitsbereich auf der Außenfläche mit 2 Arbeitsplätzen (Mehrfachnutzung möglich)		1	Versuchsdurchführung außen
10	Bürraum für einen permanenten MA		1	Versuchsvorbereitung und Auswertung
11	Bürraum für 3 permanente MA		2	Versuchsvorbereitung und Auswertung
12	Co-Working Arbeitsplätze für 10 sporadische MA (Mehrfachnutzung)		1	Versuchsvorbereitung und Auswertung (Strom, Datenanschluss)
13	Bürraum für 5 permanente technische MA		1	Technisches für Betrieb Flugdrohnenhalle, Flugfreigelände, Erfassung und Auswertung von Verkehrsdaten im Testfeld, Betrieb Simulationslabor.
14	Besprechungsraum für 20 Personen (Mehrfachnutzung)		1	Besprechung/Seminare/Präsentationen
15	Studentenlabor für 30 Studenten (Mehrfachnutzung)		1	Lehre/Praktika/Studentische Arbeiten Versuchsvorbereitung und Auswertung
16	Serverraum (Mehrfachnutzung)		1	Unterbringung eines Serverschranks ⁵⁹
17	Teeküche (Mehrfachnutzung)		1	

^{a)} Einsehbarkeit des gesamten Versuchsraums. Das sichere Steuern der UAV muss von diesem Ort gewährleistet werden. Das beinhaltet die Versuchshalle, die Partition, den Klimaraum und

⁵⁹ Änderung in Abstimmung mit dem ZIH erfolgt nur die Errichtung von Datenverteilschränken und die Aufschaltung auf die zentralen Server in Dresden. Weitere Server sind Sache der Institute und nicht Teil des Projektbudgets.

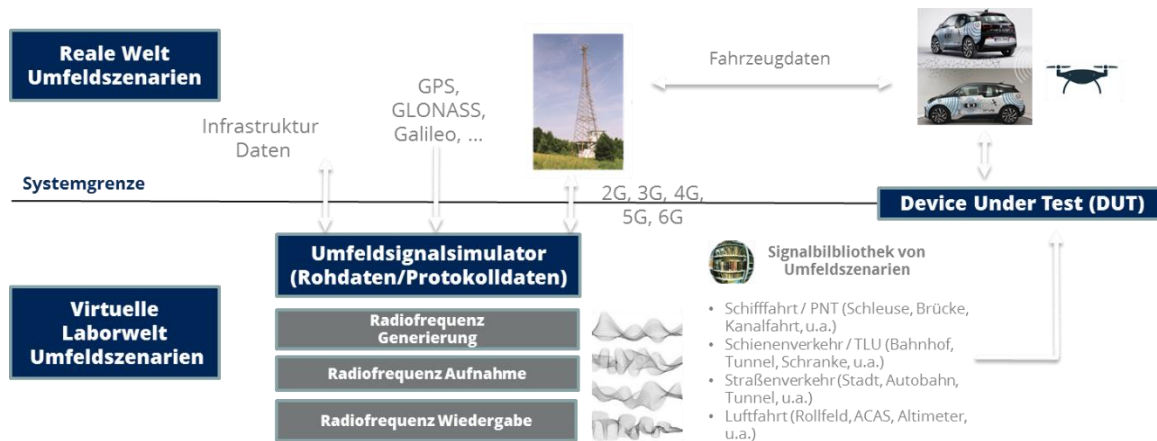


den Außenbereich, insbesondere die Bereiche vor dem Windsystem sowie Start und Landeflächen Außen. Entweder als Kombilösung oder Realisierung durch mehrere Arbeitsbereiche, dann mit jeweils 3 Arbeitsplätzen. Mehrfachnutzung mit anderen Professuren möglich.

2.3 Professur für Informationstechnik für Verkehrssysteme (ITVS)

2.3.1 ITVS- Forschungsthemen

Entwicklung, Validierung & Evaluierung von Kommunikationssystemen und Positionierungssystemen für verkehrstelematische seamless In-/Outdoor Szenarien (autonomer Flug/autonomes Fahren). Emulation von protokollkonformen physical Layer Funksignalen zur Ortung/Kommunikation und Sensing unter Nutzung von Software Defined Radios zur Untersuchung verkehrstelematischer Szenarien (z.B. Jamming, Spoofing von UAVs/FTS). Im Fokus liegen damit u.a. die derzeitigen und zukünftigen Car2X- bzw. Vehicle2X-Technologien wie WLANp, LTE-M, 5G-D2D und 6G LiFi. Diese werden in der Kombination mit Ortungstechnologien als Grundlage für zuverlässige automatisierte Anwendungen im Verkehrsbereich hinsichtlich von Integritätsanforderungen adaptiert, kombiniert und angewendet. Mit dem SML kann diesbezüglich ein neuartiger Ansatz realisiert werden einer verkehrstelematischen Evaluierungsplattform – Laborumgebung mit Mischung der realen und virtuellen Welt in Echtzeit.



Im Rahmen der Forschungsaktivitäten sollen zusätzlich neuartige Antennenkonstruktionen/-konzepte für intermodale verknüpfte Anwendungen im automotive und UAV-Bereich untersucht werden. Dabei wird der Fokus auf beamforming und beamswitching Technologien gelegt, welche es ermöglichen sollen, die Reichweite/Ortung und Sensing zielgerichtet zu erhöhen und anwendungsbezogen zu steuern (Situationsbezogene V2X-Kommunikation und Ortung).

2.3.2 ITVS- Flächenbelegung

Absorberraum

Der elektromagnetische Absorberraum dient zur geschützten und isolierten Untersuchung von UAVs, fahrerlosen Transportsystemen und funkbasierten Entwicklungen und Forschungen. Dabei werden Hochfrequenzemissionen komplett im Raum absorbiert und treten nicht an die Umgebung bzw. an benachbarte Grundstücke oder Versuchsflächen aus. Der Raum ist somit als geschlossenes System zu betrachten, welcher keinerlei Wechselwirkung mit anderen Versuchsraum bzw. -flächen bedarf.

Lagerräume

Die Lagerräume dienen primär der Aufbewahrung der mobilen Separatoren, Trennwände und Aufstellern sowie für ungenutzte Absorberkegel. Diese Elemente werden im Lager zwischengelagert und für projektspezifische Versuche genutzt. Nach den Versuchen werden diese Peripherien wieder im Lager untergebracht und aufbewahrt. Zusätzlich sollte im Lagerraum Platz für eine bis zwei Standardleitplanken (je 5m Länge) zur Verfügung stehen. Diese werden ebenfalls für Versuche im Außenbereich (Smart Fahrbahn) einzeln verwendet und für anstehenden Versuche und Untersuchungen gesondert aufgebaut und nach Beendigung abgebaut und wieder im Lager verstaut. Weiterhin könnten die Akkumulatoren ebenfalls im Lager untergebracht werden: Siehe Sicherheitskonzept (Gefahrengutschränk).

2.3.3 ITVS- Forschungsszenarien

2.3.3.1 Flugversuche

- Indoor & Outdoor-Flugversuche – automatisches Umschalten von der Außen- auf Innensteuerung Kommunikation, (Lokalisierung & Navigation) von Drohnen im Flug von der Freifläche ins Gebäude
- Indoor Flugversuche Hallenbereich - Erfassung elektronischer Signaturen und funktechnische Übernahme von Drohnen/ Erzwingen von Flug- und Landemanövern für Drohnen (Jamming/Spoofing)
- Outdoor Flugversuche - Erfassung elektronischer Signaturen und funktechnische Übernahme von Drohnen/ Erzwingen von Flug- und Landemanövern für Drohnen (Jamming/Spoofing)
- Freifläche & Hallenbereich – Grundlagenforschung Untersuchung/Bewertung und Ortungs- und Kommunikationstechnologien

Versuchsablauf Flugversuche

Drohnen werden in der Werkstatt abflugfertig auf einer Werkbank bzw. einem Tisch vorbereitet. Systemkomponenten werden initialisiert und ein langsames hochlaufend der Rotoren nach Bedienvorschrift durchgeführt (Eine Fesslung an der Werkbank ist möglich bei $m > 30\text{kg}$; Verankerung an der Seite der Werkbank.⁶⁰ Nach positiven Systemcheck und Sicherstellung der Funktionalität folgt der Start:

- Start wahlweise innen oder außen
- Flüge in verschiedenen Automatisierungsstufen (1-5) von außen nach innen und umgekehrt
- Überwachung der Drohnen mit Messdatenaufnahme während der Flugphasen
- Gegebenenfalls Übernahme der Flugsteuerung auf manuell bei Versuchen, welche keinen Automatisierungsgrad vorsehen.
- Kontrolliertes Landen innen in der Halle oder außen auf dem Testfeld. Dabei soll die dynamisch veränderbare Durchführung in der Halle versuchsbezogen verwendet werden.

Anforderungen Infrastruktur Flugversuche

⁶⁰ Änderung: Im Bereich einer Werkbank werden zwei Ankerösen in der Wand in Arbeitsplatzhöhe platziert.

- **Leitstand** außen zur Flugversuchskontrolle
 - Dieser dient der Überwachung der UAVs, dabei sollte der Flugbereich einsehbar sein.
 - Für die Flugmanöver outdoor nach indoor ist ein Blickfeld in die Halle zu gewährleisten.⁶¹
 - Der Leitstand sollte die Bedienung einer Lautsprecheranlage ermöglichen, um umgebendes Personal zu warnen bzw. Versuche anzukündigen
- **Werkstatt** zur Drohnenvorbereitung
 - Ablauf: Zusammenbau und Inbetriebnahme der UAVs, Abarbeitung Checkliste "Inbetriebnahme" und Test auf Funktionalität gegebenenfalls unter Zuhilfenahme der Fesselung an der Werkbank (Platzbedarf 5m²).⁶²
- **Einflugschneise variabler Größe in oberen Bereich der Hallenwand (Höhe >10m)**
 - Ein- und Ausfliegen, Variable Membranen/Fenster als Hindernisse für Drohnen (eckig, rund, elliptisch), Drohnen müssen hindurchfliegen können – siehe maximale Spannweite Drohne 2m x Sicherheitsfaktor 1,2⁶³
 - Verteilte Funksensornetze zur Kommunikation/Ortung und Sensing auf Versuchsfeld und in der Halle⁶⁴
 - Antennenstandorte in mindestens 10 m Höhe (z.B. Lampenmasten Versuchsfläche)

Platzbedarf Flugversuche

- Flugversuche auf Versuchsfläche außen (Luftraum) 100 x 50 m
- Hallenfläche 100 x100 m

Messtechnik Flugversuche

- Standorte der Funksensoren außen an Laternenmasten
 - dafür PoE
 - LAN Cat 7a
- Standorte der Funksensoren im Hallenbereich
 - dafür PoE
 - LAN Cat 7a
- Integration LCX-Antennen in Leitplanken außen auf der Versuchsfläche
 - HF Anschluss N Male/Female staub- und spritzwassergeschützt
- Zellulare Funkbasisstation 4G, 5G, 6G ready) mit Antennenarray auf Hallendach
- IP-Speed-Dome Kamera (optische Zoom 40x, IR-Nachtsicht) auf Hallendach für kompletten Bereich Testfeld⁶⁵

Medienbedarf Flugversuche

- **Gas**
 - Für die Forschung von ITVS wird kein Gas benötigt

⁶¹ Änderung: Umsetzung im Gesamtleitstand mit Sichtbeziehungen in Halle und auf Außenflächen gleichzeitig

⁶² Änderung: Durchführung nach Gefährdungsbeurteilung

⁶³ Änderung: Umsetzung als elektrisch betätigte Fenster mit Paneelfüllung

⁶⁴ Änderung: Ortungssystem spezifisch für den Forschungsauftrag daher nicht teil des Projektbudgets sondern im jeweiligen Forschungssetat

⁶⁵ Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

- **Wasser**
 - Außenfläche Versuchsfeld zur Befüllung/Ballastieren von aufblasbaren variabel platzierbaren Hindernissen und Bewässerung der Fahrbahn für Fahrversuche. Die Hindernisse werden übergreifend von mehreren Beteiligten genutzt. Eine genaue Spezifizierung ist in Abstimmung mit PMVTS und IFL erfolgt
- **Strom**
 - 230V/~ für Funksensoren an Laternenmasten
 - 230V/~ für Funksensoren im Halleninnenbereich

Technik Flugversuche

- Hubsteiger (mit allen Partnern nutzbar, 1 Person + 20kg Material)
- Laternenmasten mit Kabelführungen innen 230V/~ und PoE für Funksensoren und Antennen
- Ameise geteilt mit allen anderen Partnern

Auswertungstationen Flugversuche

- Leitstand zur Überwachung Versuchsfläche außen (siehe Spezifikation, 2 Arbeitsplätze)

Sicherheitsmaßnahmen Flugversuche

- Flugversuche werden mit Warnleuchte innen und außen visualisiert
- Kein Aufenthalt von Personen im Flugbereich
- Ggf. großer Screen (>86 Zoll) für Belegung/Aktivität im SML (Zentral zugänglich für alle)
- Lautsprecheranlage zur Versuchsankündigung, sicherheitsrelevante Durchsagen

Worst-Case-Szenarien Flugversuche

- Höchstgeschwindigkeiten:
 - UAV
 - Innen <30 km/h
 - Außen < 80 km/h
- Spannweiten
 - Drohen < 2m
- Aufprallmassen:
 - < 30 kg bei oben angegeben Geschwindigkeiten
- Sicherheitszonen nach Testflughanforderungen, Versuchskonzepten, frei bzw. teilweise frei Halle/Testfeld, Schleppkabel an Drohnen/FTS mit Wandverankerung

Anzahl und Dauer der Testvorgänge Flugversuche

- Messkampagnen in diversen Umfängen halbtags (<10 Flüge), ganztägig (<20 Flüge)

2.3.3.2 Fahrversuche mit führerlosen Transportsystemen (FTS)

- Indoor & Outdoor-Fahrversuche - sanftes Umschalten von der Außen- auf Innensteuerung (Lokalisierung & Navigation) von führerlosen Transportsystemen (FTS) während der Fahrt von der Freifläche ins Gebäude

- Indoor Fahrversuche Hallenbereich - Erfassung elektronischer Signaturen und funktechnische Übernahme von führerlosen Transportsystem (FTS) zum Erzwingen von Fahrmanövern für (Jamming/Spoofing)
- Outdoor Fahrversuche - Erfassung elektronischer Signaturen und funktechnische Übernahme von führerlosen Transportsystem (FTS) zum Erzwingen von Fahrmanövern für (Jamming/Spoofing)

Versuchsablauf Fahrversuche

- FTS werden in der Werkstatt fahrbereit vorbereitet
- Beginn der Messfahrten bodengestützt wahlweise innen oder außen
- Fahrten in verschiedenen Automatisierungsstufen (1-5) von außen nach innen und umgekehrt
- Überwachung der FTS mit Messdatenaufnahme während der Fahrmanöver
- Gegebenenfalls Übernahme der Fahrt auf manuell
- Kontrolliertes beenden der Fahrmanöver innen in der Halle oder außen auf dem Testfeld

Anforderungen Infrastruktur

- Leitstand außen zur Fahrmanöverkontrolle
- Werkstatt zur Vorbereitung der FTS
- Einfahrbereiche in die Halle zum automatisierten Ein- und Ausfahren
- Verteile Funksensornetze zur Kommunikation/Ortung und Sensing auf Versuchsfeld und in der Halle
- Antennenstandorte in mindestens 10 m Höhe (z.B. Lampenmasten Versuchsfläche)
- Leitplanke L- Eck als Begrenzung für das gesamte äußere Testfeld⁶⁶
- Leitplanken und Lichtmasten mit Datenkabeln und Leckwellenleiter-Antennen (LCX) ausgerüstet
- Aufputzinstallation in der Halle und Leerrohre für Antennentechnik

Platzbedarf Fahrversuche

- Fahrversuche auf Versuchsfläche außen (Luftraum) 100 x 50 m
- Hallenfläche 100 x 100 m

Messtechnik Fahrversuche

- Standorte der Funksensoren außen an Laternenmasten
 - dafür PoE
 - LAN Cat 7a
- Standorte der Funksensoren im Hallenbereich
 - dafür PoE
 - LAN Cat 7a
- Integration LCX-Antennen in Leitplanken außen auf der Versuchsfläche
 - HF Anschluss N Male/Female staub- und spritzwassergeschützt
- Zellulare Funkbasisstation 4G, 5G, 6G ready) mit Antennenarray auf Hallendach

⁶⁶ Änderung: Umsetzung als Leitplankenumgrenzung der Versuchsfläche

- IP-Speed-Dome Kamera (optische Zoom 40x, IR-Nachtsicht) auf Hallendach für kompletten Bereich Testfeld⁶⁷

Technik

- Hubsteiger (mit allen Partnern nutzbar)
- Laternenmasten mit Kabelführungen innen 230V/~ und PoE für Funksensoren und Antennen
- Ameise geteilt mit allen anderen Partnern

Auswertungsstationen

- Leitstand zur Überwachung Versuchsfläche außen

Medienbedarf Fahrversuche

- **Gas**
 - Für die Forschung von ITVS wird kein Gas benötigt
- **Wasser**
 - Außenfläche Versuchsfeld zur Befüllung/Ballastieren von aufblasbaren variabel platzierbaren Hindernissen und Bewässerung der Fahrbahn für Fahrversuche. Die Hindernisse werden übergreifend von mehreren Beteiligten genutzt. Eine genaue Spezifizierung ist in Abstimmung mit PMVTS und IFL erfolgt
- **Strom**
 - 230V/~ für Funksensoren an Laternenmasten
 - 230V/~ für Funksensoren im Halleninnenbereich

Sicherheitsmaßnahmen

- Fahrversuche werden mit Warnleuchte innen und außen visualisiert
- Kein Aufenthalt von Personen im Fahrbereich
- Ggf. großer Screen (>86 Zoll) für Belegung/Aktivität im SML
- Lautsprecheranlage zur Versuchsankündigung, sicherheitsrelevante Durchsagen

Worst-Case-Szenarien Fahrversuche

- Höchstgeschwindigkeiten:
 - UAV
 - Innen <30 km/h
 - Außen < 80 km/h
- Spannweiten
 - Drohnen < 2m
- Aufprallmassen:
 - < 30 kg bei oben angegeben Geschwindigkeiten
- Sicherheitszonen nach Testfluganforderungen, Versuchskonzepten, frei bzw. teilweise frei Halle/Testfeld, Schleppkabel an Drohnen/FTS mit Wandverankerung

Anzahl und Dauer der Testvorgänge

⁶⁷ Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

- Messkampagnen in diversen Umfängen halbtags (<10 Fahrten), ganztägig (<20 Fahrten)

2.3.3.3 Versuche im Absorberraum

- Absorberraum – Grundlagenforschung Untersuchung/Bewertung von Ortungs- und Kommunikationstechnologien
- Indoor Flugversuche Absorberraum - Erfassung elektronischer Signaturen und funktechnische Übernahme von Drohnen/ Erzwingen von Flug- und Landemanövern für Drohnen (Jamming/Spoofing).
- Indoor Fahrversuche Absorberraum - Erfassung elektronischer Signaturen und funktechnische Übernahme von führerlosen Transportsystem (FTS) zum Erzwingen von Fahrmanövern für (Jamming/Spoofing).

Versuchsablauf Absorberraum

- UAVs/FTS oder Systemkomponenten werden in der Werkstatt vorbereitet
- Händische Überführung ohne Zusatzgeräte in den Absorberraum
- Aufbau & Kalibrierung der Systeme im Absorberraum
- Beginn der Untersuchungen
- FTS – Fahrten (<1 m/s), FTS bis zu 2 x 1m in verschiedenen Automatisierungsstufen (1-5) im Absorberraum
- UAV – Hovering, kleinere Flugmanöver (< 0,1 m/s) in verschiedenen Automatisierungsstufen (1-5) im Absorberraum, UAVs bis 30 kg, Fesselung vorgesehen, Flughöhe im maximal möglichen Deckenbereich Absorberraum (in der Regel bis 4 m)
- Überwachung/Steuerung der UAVS/FTS und Systemkomponenten mit Messdatenaufnahme während der Fahrmanöver aus Nachbarraum (Labor)⁶⁸
- Gegebenenfalls Übernahme der Flug/Fahrt auf manuell
- Kontrolliertes beenden der Flug- und Fahrmanöver im Absorberraum

Anforderungen Infrastruktur

- Zugang vom Gebäudeinneren, vorzugsweise von der großen Halle aus, wegen Einfahrt Fahrzeuge. Nicht von außen und nur ein Zugang/Tür
- Elektromagnetischer Absorberraum für Mittelklassewagen oder äquivalente Drohne: Doppelboden erforderlich
- Schwachstelle: i. d. R. Tür/ Zugang mit EMV-Dichtung und innen beklebten Absorberkegeln
 - Absorberleistung 60 dB Schirmdämpfung bis 80 GHz⁶⁹
 - Höhe der Aufständerung 35 cm
 - Belastung ca. 3,5t (z.B. E-Crafter)
- Bewegliche einzelne Leitplanken und Lichtmasten mit Datenkabeln und Leckwellenleiter-Antennen (LCX) ausgerüstet

⁶⁸ Änderung: Vorhandene Messtechnik wird genutzt

⁶⁹ Änderung: Elektromechanische Schirmung von 1 MHz bis 70 GHz

- Die Leitplanken sind als mobiler „Versuchsstand“ bzw. Versuchsanordnung anzusehen. Sind portabel und werden für Versuche, Messungen und projektbezogene Szenarien auf- und wieder abgebaut. Diese sind nicht fest in der Halle verankert.⁷⁰

Platzbedarf

- Platz- und Flächenbedarf während der Versuche nur im Absorberraum und zugeordnetem Nachbarraum

Messtechnik

- Standorte der Funksensoren variabel je nach Versuch auf EMV geeigneten Aufständern
 - dafür 4 Bodentanks im Doppelboden quadratisch verteilt im Absorberraum mit geschirmter Kabeldurchführung in den Nachbarraum (unterbracht im Doppelboden)
 - 4 Bodentanks (2,5 - 3m Abstände zueinander ausgehend von der Mitte des Raumes)
 - PoE
 - LAN Cat 7a
 - 230V/~
 - 4 parallele Leerrohre für HF-Kabel je nach Bedarf/Versuche vom Absorberraum in den Nachbarraum

Medienbedarf

- **Gas**
 - Für die Forschung von ITVS im Absorberraum wird kein Gas/Wasser benötigt
- **Strom**
 - 230V/~ im Absorberraum für Versorgung von Systemkomponenten (Bodentanks)

Sicherheitsmaßnahmen

- Hohe Ansprüche an Frequenzschutz: Abschirmen der Sendesignale, Antennen auf definierte Flächen begrenzt
- Einrichtung durch IVTS nach behördlichen Vorgaben (Bundesnetzagentur)
- Absorberraum während der Messungen für Personen gesperrt

Worst-Case-Szenarien

- Brandschutz
 - Absorberkegel/-material wenn möglich brandhemmend
 - Brandschutz Überwachungsanlage im Absorberraum Deckenbereich⁷¹

Anforderungen an Klimastabilität während der Versuche⁷²

- Kondenswasserbildung im Absorberraum ist zu vermeiden
- Das Verhältnis von Temperatur und Luftfeuchte ist aus Erfahrung mit manueller Belüftung regulierbar

⁷⁰ Änderung: Mobile Leitplanken zu Forschungszwecken müssen eigenständig angebracht werden.

⁷¹ Änderung: Brandschutz im umgebenden Raum; Klimakammer als Raum im Raum nicht ausgestattet

⁷² Änderung: Es sind keine lufttechnischen Maßnahmen vorgesehen

Emissionen

- HF-Frequenzen im erlaubten BNetz-konformen Leistungsbereichen

Anzahl und Dauer der Testvorgänge

- Messkampagnen in diversen Umfängen halbtags (<10 Untersuchungen), automatisiert ganztägig (1 – 7 Tage)

2.3.4 ITVS- Arbeitsabläufe und Prozesse

Die nicht-forschungsbezogenen Arbeitsabläufe entsprechen weitgehend denen, die am ganzen SML üblich sind. Folgendes ist von Seiten ITVS vorgesehen:

- Anlieferung von Paketen und Post (vorzugsweise über einen zentralen Posteingang des SML mit anschließender Verteilung per Hauspost, sofern vorhanden)
- allgemeine Bürotätigkeiten und wissenschaftliche Projektbearbeitung
- Aufsuchen von Sanitäreinrichtungen (Toiletten, Waschbecken, Duschen)
- Anreise mit Pkw und ausreichende Parkplätze für die Mitarbeiter ohne die Behinderung von Versuchsflächen oder Versuchen
- Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln (vorzugsweise sollte der Zugang zum SML mit der Haltestelle zusammenpassen, also insbesondere nicht an einer entgegengesetzten Seite des Grundstücks liegen)
- Mittagessen (vorzugsweise in Räumlichkeiten des SML, die auch für die Verpflegung der Besucher genutzt werden, z.B. Kantine oder Versammlungsraum mit Kochnische; alternativ Gang zu einem nahegelegenen Imbiss o.ä., sofern dann vorhanden)
- Zubereitung von Getränken in einer zentralen Teeküche oder den Büros (Hausordnung SML)
- Sammlung von Personen im Bereich des Haupteingangs, beispielsweise vor Meetings mit externen Gästen oder vor dem gemeinsamen Gang zum Mittagessen.
- Führung von Gästen / Projektpartnern über das Areal (Innen- und Außenbereiche)
- Durchführung von Praktikas und Abschlussarbeiten mit messtechnischem Charakter die in Dresden nicht durchgeführt werden können (Außenbereiche und unter Realbedingungen --> UAVs, Smarte Fahrbahn, Freifeldmessungen)

2.3.5 ITVS- Organisatorische Gliederung

Nachfolgend sind die zu erwartenden Nutzer und Nutzergruppen für den Teilbereich des ITVS aufgelistet. Es wird von einer Steigerung über die Betriebsjahre des SML ausgegangen. Zielstellung ist es, eine Außenstandort für das ITVS mit Fokus auf UAV-Forschung mit Hilfe des SML zu etablieren sowie eine Bindung junger Wissenschaftlicher und Studierende an die Örtlichkeit des SML.

Nr	Gruppe	Erläuterung
1	Wissenschaftler:innen	Ziel: ständig: 2 – 3; sporadisch: bis zu 6, diese führen Versuche und werten diese aus; arbeiten mit allen anderen Gruppen zusammen; Anwesenheit gleichmäßig über das Jahr verteilt ggfls. mehr je nach Projektanforderungen / -umfang

Nr	Gruppe	Erläuterung
2	Technisches Personal	Ziel: ständig: 1; sporadisch: bis zu 2 bereiten Flug- und Fahrversuche vor; betreuen Messtechnik im Absorberraum, unterstützen bei den Versuchsaufbauten, arbeiten primär mit den Wissenschaftler:innen und Studierenden zusammen
3	Studierende und HiWis	Ziel: ständig: 1-2; sporadisch: bis zu 10 nutzen Infrastruktur z.B. für Praktika / Übungen / praktische Versuche / im Rahmen der Abschlussarbeiten; arbeiten primär mit den Wissenschaftler:innen und dem technischen Personal zusammen. Ziel: Arbeiten Vollzeit im SML wenn Wohnort es ermöglicht bzw. bei Reisebereitschaft im Rahmen des Studierenden-Status
4	Industrielle Forschungspartner	ständig: 0; sporadisch: bis zu 3 besuchen das SML zur Anbahnung und Durchführung gemeinsamer Forschungsprojekte; arbeiten primär mit den Wissenschaftler:innen zusammen
5	Externe Wissenschaftler:innen, Projektträger, Politiker:innen	ständig: 0; sporadisch: bis zu 3 besuchen das SML im Rahmen von Forschungsprojekten zur Begutachtung von Forschungsergebnissen; arbeiten primär mit den Wissenschaftler:innen zusammen
6	Besucher:innen	ständig: 0; sporadisch: bis zu 20 – 30 im Außenbereich z.B. Tag der offenen Tür, Lange Nacht der Wissenschaften; arbeiten primär mit den Wissenschaftler:innen und den Studierenden zusammen

2.3.6 ITVS- Räumliche Gliederung

Innenbereich

Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Büros, z.B. jeweils für 1 bis 2 Personen pro Büro	Gesamtanwesenheit: Permanentmitarbeiter 5 Tage die Woche / 40h Gesamtanwesenheit: Springer zwei Tage je Woche ständiger Wechsel zwischen Büro und Versuchsraum/-Fläche

Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Labor / Werkstatt	Gesamtanwesenheit zwei / drei Tage je Woche ständiger Wechsel zwischen Büro und Versuchsraum/-Fläche
Forschende und Studierende aus Gruppen 1 und 3, andere (Gruppen 4-6)	Konferenzraum / Meetingraum	Anwesenheit 3 bis 4x pro Woche (meist nicht ganztägig); Mehrfachnutzung möglich. Ein Ausweichraum sollte möglichst immer kurzfristig für Beratungen / Meetings zur Verfügung stehen
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Lager	gemeinsam mit ganzem SML genutzt, nahezu ständig mit mobilen Versuchsträgern, Kulissen, mobilen Wänden, Standard-Leitblanken für smarte Fahrbahn, Separatoren belegt

Außenbereich

Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Zusammenhängende Außenfahrbahn in Verbindung mit Innenfahrbahn (Übergang Innen und Außenbereich)	gemeinsam mit ganzem SML genutzt, von ITVS je nach aktueller Projektsituation an ca. 2 Tagen pro Woche tagsüber belegt
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Reiner Außenbereich für UAVs	gemeinsam mit ganzem SML genutzt, von ITVS je nach aktueller Projektsituation an ca. 2 Tagen pro Woche tagsüber belegt
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3,	Erhöhter Leitstand im Außenbereich	gemeinsam mit ganzem SML genutzt, von ITVS je nach aktueller Projektsituation an ca. 2 Tagen pro Woche tagsüber belegt

Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps
andere (Gruppen 4-6)		

2.3.7 ITVS- Stoffströme

Stoff	Stoffeingang	Verarbeitung	Entsorgung
Büromaterial / Pakete	Über zentralen Posteingang des SML	Transport per Hauspost, Lagerung in Labor oder Büros	Sammlung in Müllcontainern, zentrale Entsorgung organisiert durch SML
Batterien / Akkumulatoren	In kleinen Mengen über zentralen Posteingang des SML	Transport per Hauspost, Lagerung in Labor, Büros oder Gefahrgutschrank bei Defekten	Sammlung in zentraler Batteriesammelstelle des SML, zentrale Entsorgung organisiert durch SML (Gefahrgutschrank)

2.3.8 ITVS- Ausstattung

Anbau / Gebäude

- Einflugsöffnungen an der Haupthalle (2x2m)⁷³ adaptierbar in der Geometrie (rund, rechteckig)⁷⁴

Allgemein:

- eine schnelle Datenverbindung zur TU Dresden
- Büro, Werkstatt und Besprechungsraum mit Verdunklungsoption
- Zugänge zum Strom- und Datennetz des SML von den Außenflächen aus

Im Labor und der Werkstatt sollte ein separat abgesicherter Stromkreis für Experimentalhardware vorhanden sein. Die Büros und der Konferenzraum sollen im gängigen Stil beheizbar sein und mit Tageslicht versorgt werden. Der Konferenzraum soll für Präsentationen oder Videovorführungen abgedunkelt werden können. Direktes Sonnenlicht auf die Projektionsfläche soll verhindert werden können. Folgende IT-Ausstattung sind für die Büros, Labore und Werkstatt notwendig:

- Internet IPv6 100 GBit Netzwerk / Switches / PoE
- WLAN Access Points
- eine schnelle Datenverbindung zur TU Dresden
- Steckdosen 16A / 230V, PoE++ CAT 7a, 802bt
- Digitales Schließ- / Berechtigungssystem für alle nutzbar mit Berechtigungsmanagement

⁷³ Änderung: Umsetzung als elektrisch betätigte Fenster mit Paneelfüllung

⁷⁴ Änderung: Mit vorgespannten Membranen adaptierbar

- Infoscreen >86 Zoll im Hallenvorbereich möglichst für alle Partner gut sichtbar

2.3.9 ITVS- Sicherheit

Sicherheitsrisiken gehen in den von ITVS genutzten Bereichen lediglich von Akkumulatoren für UAVs und kleineren mobilen Endgeräten aus. Lithiumionen Akkumulatoren (ca. 50 Stk. 24V mit ca. 0,5 kWh). Um dieses Risiko zu mindern, sollte separater Standort für einen Gefahrgutschrank eingeplant werden, in welchem defekte oder aufgeblähte Akkumulatoren gelagert werden können ohne, dass ein Brandrisiko entsteht. Zusätzlich sollten für die UAVs Bodenverankerungen für Fesseln berücksichtigt werden (Indoor sowie Outdoor), welche es ermöglichen die Flugobjekte vor unkontrolliertem Davonfliegen zu sichern.⁷⁵ Weiterhin geht von den geplanten Untersuchungen ein Risiko hinsichtlich der zulässigen HF-Strahlung aus. Diese wird eigenverantwortlich durch die Einhaltung der Grenzwerte sowie Frequenzen nach BNetzA überwacht und reguliert und stellt somit keine Anforderungen an das Gebäude. Der Leitstand soll zum Schutz der darauf befindlichen Personen erhöht sein, was zugleich die Übersicht und damit die Gefahrenerkennung verbessert. Im Bürobereich sind allgemeinübliche Sicherheitsstandards einzuhalten. So sollen Erste-Hilfe-Koffer, Feuerlöscher, Defibrillator in jeder Etage zugreifbar und leicht auffindbar sein. Fluchtwege gemäß den geltenden baulichen Anforderungen. Innerhalb der Labore ist für eine Absaugung zu sorgen, welche giftige Dämpfe bei Löt- und Aufbau- und Inbetriebnahmearbeiten aufnimmt und abführt.

Alle Innenräume sowie der Leitstand sollen eine Schließanlage enthalten, bestenfalls mit elektronischen Schlüsseln. Besondere Anforderungen an die Zaunanlage bzw. den Sichtschutz bestehen von ITVS nicht.

Das unbeabsichtigte Einschließen in der Absorberkammer ist zu verhindern.

⁷⁵ Änderung: Vorgesehen sind Ankerpunkte mit 5 kN Belastung statisch.

2.4 Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik (IVST)

2.4.1 IVST- Forschungsthemen

Grundlage für die von der Professur IVST geplante Forschungstätigkeit bildet das Reallabor im innerörtlichen Straßenverkehrsraum Hoyerswerda.

Dazu werden im/in der Nähe des Straßenverkehrsraums nach jetzigem Stand keine dezidierten Flächen benötigt. Es ist geplant die notwendige Messtechnik in Absprache mit der Stadt Hoyerswerda an bestehende Einbauten und deren Infrastruktur anzuschließen (Lichtmaste, Signalgeber, Verkehrszeichen).

Im SML-Gebäude müssen für die Professur IVST keine eigenen, dezidierten Räume eingeplant werden. Hilfreich wäre jedoch die Möglichkeit einer seltenen, temporären Mitnutzung zweier Arbeitsplätze in einem Büroraum für administrative Aufgaben sowie einer Werkstatt inkl. Werkzeug zur Montage- und Demontage einzelner Kamerasysteme im Falle von Wartungs- oder Reparaturarbeiten.⁷⁶ In beiden Fällen ist ein Ethernet-Anschluss mit Internetzugang für PC´s und Kameras von Nöten. Darüber hinaus ist die Mitnutzung eines Lagerraums für Ersatzteile und Zubehör für die Messtechnik des Reallabors hilfreich.

Am Standort Dresden werden überdies in Absprache mit dem ZIH ein oder mehrere Server benötigt, an welche die Daten von der Messtechnik des Reallabors übertragen werden.⁷⁷

Weitere Anforderungen hinsichtlich Technik, Medienbedarf, Sicherheitsmaßnahmen, Emissionen oder Klimastabilität sind nicht zu berücksichtigen.

2.4.2 IVST- Arbeitsabläufe und Prozesse

Tätigkeiten vor Ort in Hoyerswerda sind notwendig im Falle der Installation neuer oder der Wartung bestehender Messtechnik des Reallabors im innerörtlichen Straßenverkehrsraum. In diesen (seltenen) Fällen ist neben der Arbeit im Verkehrsraum auch eine Mitnutzung von Büroräumen und der Werkstatt in der SML-Halle geplant. Folgende Tätigkeiten sind geplant:

- Wartung und Reparatur von Messtechnik des Reallabors
- Überprüfung der Datenübermittlung der Messtechnik des Reallabors zu den ZIH-Servern
- Erledigung sonstiger administrativer oder inhaltlicher Aufgaben

Die Anreise erfolgt dabei je nach zu transportierenden Gegenständen mit dem Pkw oder mit der Bahn. Übernachtungen sind nur in Ausnahmefällen geplant, daher müssen dafür keine Vorkehrungen getroffen werden.

⁷⁶ Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

⁷⁷ Änderung in Abstimmung mit dem ZIH erfolgt nur die Errichtung von Datenverteilschränken und die Aufschaltung auf die Zentralen Server in Dresden. Weitere Server sind Sache der Institute und nicht Teil des Projektbudgets.

Neben Angehörigen der TU Dresden kommt (wenn möglich) auch die Anreise von Mitarbeitenden von Drittfirmen und deren (seltene) Mitbenutzung der o.g. Ressourcen in der SML-Halle in Betracht, die mit der Installation, Reparatur oder Wartung der Messtechnik im Reallabor im innerörtlichen Straßenverkehrsraum Hoyerswerdas beauftragt werden.

Alle weiteren Arbeitsabläufe und Prozesse finden am Standort Dresden statt. Lehrveranstaltungen in Hoyerswerda sind nicht geplant.

2.4.3 IVST- Organisatorische Gliederung

Für den Aufbau und den Betrieb des Reallabors im innerörtlichen Straßenverkehrsraum durch die Professur IVST und von ihr beauftragte Drittfirmen wird von einer geringen Besuchsfrequenz ausgegangen (Anfangs 3-4, im laufenden Betrieb 1-2 Besuche vor Ort pro Quartal). Die Anwesenheitszeit beschränkt sich dabei meist auf wenige Stunden pro Besuch. Dabei sind in der Regel Besuche durch 1 bis 3 Personen zu erwarten. Aufgrund der seltenen Besuche und der Mitbenutzung von Räumlichkeiten sind keine weiteren organisatorischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

2.4.4 IVST- Räumliche Gliederung

Wie oben beschrieben ist die Mitbenutzung folgender Räume geplant:

Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps:
Forschende der Professur IVST und Mitarbeitende beauftragter Drittfirmen	Zeitweise mitgenutztes Büro	Anfangs 3-4, im laufenden Betrieb 1-2 Nutzungstage pro Quartal durch 1 bis 3 Personen
Forschende der Professur IVST und Mitarbeitende beauftragter Drittfirmen	Zeitweise mitgenutzte Werkstatt	Anfangs 3-4, im laufenden Betrieb 1-2 Nutzungstage pro Quartal durch 1 bis 3 Personen
Forschende der Professur IVST und Mitarbeitende beauftragter Drittfirmen	Mitgenutztes Lager	Permanent

2.4.5 IVST - Bauliche Strukturen

Im mitgenutzten Lager wird ein Stauraum von 2 m³ als ausreichend erachtet. Bezüglich der Anzahl und die Größe der benötigten Räumlichkeiten gibt es von Seiten der Professur IVST keine weiteren Anforderungen.

2.4.6 IVST- Ausstattung

Bezüglich der technischen oder baulichen Ausstattung der Räumlichkeiten gibt es von Seiten der Professur IVST keine besonderen Anforderungen.

2.4.7 IVST- Haustechnische Anlagen

Es werden Stom- und Ethernet-Anschlüsse an den mitgenutzten Arbeitsplätzen und (wenn möglich) in der mitgenutzten Werkstatt benötigt.

Darüber hinaus gibt es von Seiten der Professur IVST keine besonderen Anforderungen an haustechnische Anlagen.

2.4.8 IVST- Sicherheit

Neben allgemeinen PC-Tätigkeiten wird Messtechnik mit max. Netzspannung betrieben. Ein deziertes Sicherheitskonzept wird daher nicht für notwendig erachtet. Bezüglich des äußeren Sicherheitskonzepts gibt es von Seiten der Professur IVST keine besonderen Anforderungen.

2.5 Professur für Luftfahrzeugtechnik (LFT)

2.5.1 LFT- Forschungsthemen

Die Forschungstätigkeiten der Professur für Luftfahrzeugtechnik am Institut für Luft- und Raumfahrttechnik (ILR) entwickeln sich um das Forschungsflugzeug der Professur, in Abbildung 1 links dargestellt. Dabei handelt es sich um eine viersitzige, propellergetriebene Cessna 172 mit Kolbenmotor und einem maximalen Startgewicht von 1,2t, die für Forschungszwecke modifiziert wurde. Perspektivisch mittelfristig ist die Erweiterung der Forschungsflugzeugflotte um die noch in der Entwicklung befindliche Apus i-5 geplant.

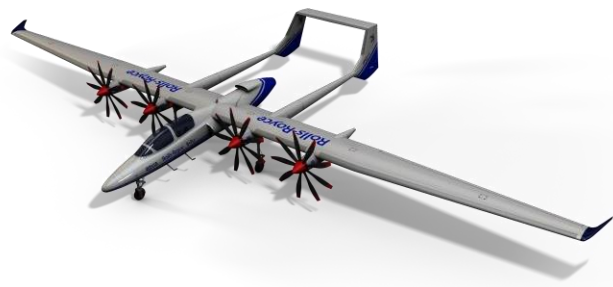


Abbildung 17: Links: Forschungsflugzeug der TUD vom Typ Cessna 172N; Rechts: Mögliches zukünftiges Forschungsflugzeug der TUD vom Typ Apus i-5

Zunächst ist Gegenstand der Forschungen des ILR allerdings die Cessna 172 selbst und unbemannte Luftfahrzeuge (UAVs), die mit dem Forschungsflugzeug auf verschiedene Weisen interagieren. Die folgenden Tätigkeiten sind geplant:

2.5.1.1 UAV An- und Abdocken

Versuchsablauf UAV An- und Abdocken

- Erprobung des manuellen und automatisierten An- und Abdockens von UAVs an Flugzeuge im Flug und am Boden
 - Forschungsflugzeug wird am Deckenkran (Simulation des Flugzustandes) oder auf der elektrischen Plattform (Simulation Bodenbewegung) im Innen- oder Außenbereich passiv bewegt (ohne laufenden Motor).⁷⁸
 - UAVs docken an das fahrende oder stehende Flugzeug aus verschiedenen Richtungen und Höhen an und ab.

Platzbedarf UAV An- und Abdocken

- 50m x 15m x 10m in Halle (Flugzeug am Kran) und im Außenbereich (ideal befestigt, Flugzeug auf Tug)

⁷⁸ Änderung: In der Halle ist kein Deckenkran vorgesehen. Die Traversen sind nicht für die Last des Flugzeugs vorgesehen.

- kurzfristig 12m x 10m x 3m in Halle zum Ein- und Anbau von Equipment ans Flugzeug

Messtechnik UAV An- und Abdocken

- mobil

Medienbedarf UAV An- und Abdocken

- Strom

Technik UAV An- und Abdocken

- Kranbahn
- Electric Aircraft Tug (siehe Dok. Anforderungen)

Auswertungsstationen UAV An- und Abdocken

- keine

Sicherheitsmaßnahmen UAV An- und Abdocken

- kein Aufenthalt v. Personen unter hängendem Flugzeug
- Warnsignale vor sich bewegendem Flugzeug im Außenbereich

Worst- Case- Szenarien UAV An- und Abdocken

- Flugzeug fällt von Deckenkran (1,2t Aufprallmasse)⁷⁹

Emissionen UAV An- und Abdocken

- keine

Anzahl und Dauer der Testvorgänge UAV An- und Abdocken

- sporadisch jährlich
- Tage bis wenige Wochen (Größenordnung)

Klimastabilität UAV An- und Abdocken

- keine

2.5.1.2 Hochpräzisionssteuerung

Versuchsablauf Hochpräzisionssteuerung

- Entwicklung einer Hochpräzisionssteuerung für Kleinflugzeuge im autonomen Flugmodus unter IFR-Bedingungen
 - Durch bodenbasierte Sender wird dem Flugzeug übermittelt ob es sich auf einem vordefinierten Pfad befindet (horizontale und vertikale Information).⁸⁰

⁷⁹ Änderung: Dieses Szenario stellt eine außergewöhnliche Belastung dar. Das Gebäude wird in diesem Fall beschädigt. Es sind entsprechende Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.

⁸⁰ Änderung: Ortungssystem spezifisch für den Forschungsauftrag daher nicht teil des Projektbudgets sondern im jeweiligen Forschungsetat

- Installation dieser Sender in Halle oder im Außenbereich. Flugzeug wird passiv bewegt (Kran oder Tug) um der Bahn zu folgen.

Platzbedarf Hochpräzisionssteuerung

- 50m x 15m x 10m in Halle (Flugzeug am Kran) und im Außenbereich (ideal befestigt, Flugzeug auf Tug)
- kurzfristig 12m x 10m x 3m in Halle zum Ein- und Anbau von Equipment ans Flugzeug

Messtechnik Hochpräzisionssteuerung

- mobil

Medienbedarf Hochpräzisionssteuerung

- Strom

Technik Hochpräzisionssteuerung

- Kranbahn⁸¹
- Electric Aircraft Tug (siehe Dok. Anforderungen)

Auswertungsstationen Hochpräzisionssteuerung

- keine

Sicherheitsmaßnahmen Hochpräzisionssteuerung

- kein Aufenthalt v. Personen unter hängendem Flugzeug
- Warnsignale vor sich bewegendem Flugzeug im Außenbereich

Worst- Case- Szenarien Hochpräzisionssteuerung

- Flugzeug fällt von Deckenkran (1,2t Aufprallmasse)

Emissionen Hochpräzisionssteuerung

- keine

Anzahl und Dauer der Testvorgänge Hochpräzisionssteuerung

- sporadisch jährlich
- Tage bis wenige Wochen (Größenordnung)

Klimastabilität Hochpräzisionssteuerung

- keine

2.5.1.3 Drohnenschwarmflüge

Versuchsablauf Drohnenschwarmflüge

- Erforschung von Drohnenschwarmflügen unter Nutzung eines Flugzeuges als Hubelement

⁸¹ Änderung: In der Halle ist kein Deckenkran vorgesehen. Die Traversen sind nicht für die Last des Flugzeugs vorgesehen.

und Entwicklung geeigneter Daten- und Signalübertragungsmechanismen zur Kommunikation zwischen Flugzeug und UAV

- Im und am Forschungsflugzeug werden geeignete Datenübertragungs- und Datenverarbeitungsgeräte ergänzt. UAVs werden in unmittelbarer Nähe um das Flugzeug im Schwarmflug betrieben.

Platzbedarf Drohnenschwarmflüge

- 50m x 15m x 10m in Halle (Flugzeug am Kran) und im Außenbereich (ideal befestigt, Flugzeug auf Tug)
- kurzfristig 12m x 10m x 3m in Halle zum Ein- und Anbau von Equipment ans Flugzeug

Messtechnik Drohnenschwarmflüge

- mobil

Medienbedarf Drohnenschwarmflüge

- Strom

Technik Drohnenschwarmflüge

- Kranbahn⁸²
- Electric Aircraft Tug (siehe Dok. Anforderungen)

Auswertungsstationen Drohnenschwarmflüge

- keine

Sicherheitsmaßnahmen Drohnenschwarmflüge

- kein Aufenthalt v. Personen unter hängendem Flugzeug
- Warnsignale vor sich bewegendem Flugzeug im Außenbereich

Worst- Case- Szenarien Drohnenschwarmflüge

- Flugzeug fällt von Deckenkran (1,2t Aufprallmasse)

Emissionen Drohnenschwarmflüge

- keine

Anzahl und Dauer der Testvorgänge Drohnenschwarmflüge

- sporadisch jährlich
- Tage bis wenige Wochen (Größenordnung)

Klimastabilität Drohnenschwarmflüge

- keine

⁸² Änderung: In der Halle ist kein Deckenkran vorgesehen. Die Traversen sind nicht für die Last des Flugzeugs vorgesehen.

2.5.1.4 UAV- Steuerung

Versuchsablauf UAV- Steuerung

- Erprobung der manuellen Steuerung von Drohnen aus dem Forschungsflugzeug
 - Flugzeug wird am Boden passiv mittels Tug in Bewegung gesetzt. Drohnenpilot steuert die Fluggeräte aus dem Flugzeug heraus.

Platzbedarf UAV- Steuerung

- 50m x 15m x 5 m in Halle (Flugzeug am Kran) und im Außenbereich (ideal befestigt, Flugzeug auf Tug)

Messtechnik UAV- Steuerung

- mobil

Medienbedarf UAV- Steuerung

- Strom

Technik UAV- Steuerung

- Electric Aircraft Tug (siehe Dok. Anforderungen)

Auswertungsstationen UAV- Steuerung

- keine

Sicherheitsmaßnahmen UAV- Steuerung

- Warnsignale vor sich bewegendem Tug

Worst- Case- Szenarien UAV- Steuerung

- Arbeitsunfall mit Tug

Emissionen UAV- Steuerung

- keine

Anzahl und Dauer der Testvorgänge UAV- Steuerung

- sporadisch jährlich
- Tage bis wenige Wochen (Größenordnung)

Klimastabilität UAV- Steuerung

- keine

2.5.2 LFT- Arbeitsabläufe und Prozesse

- Verwaltungsaufgaben und andere Bürotätigkeiten
 - werden in den angegebenen Büroarbeitsplätzen erledigt
 - Kopierraum zur Mitbenutzung
 - (Kaffee-)Küche zur Mitbenutzung

- Anlieferungsprozedere
 - Anlieferungen sind denkbar, sperrige und schwere Bestellungen sind unwahrscheinlich (selten)
 - ggf. wäre ein kleiner Lagerraum zur Gemeinnutzung sinnvoll
- Reinigung der Arbeitsplätze durch Fremdfirmen
 - Reinigung des Bodens, Entsorgung von Papiermüll ist wünschenswert
- Reparatur und Wartung der Haustechnik/Anlagen
 - kann nicht vom Personal durchgeführt werden
 - Beauftragung Dritter notwendig
- Sanitäreinrichtungen und Umkleiden
 - Sanitäreinrichtungen sind zwingend notwendig (Damen & Herren)
 - Umkleiden sind optional bzw. eine gemeinsame Nutzung wäre denkbar⁸³
- Anreise PKW/ öffentliche Verkehrsmittel
 - bei Stand der gegenwärtigen Anbindung mit ÖPNV ist die Anreise mit Pkw extrem wahrscheinlich
 - ideal: 2 kostenfreie Pkw-Stellflächen verfügbar (auf dem Gelände oder in unweiter Entfernung)
- Übernachtung
 - keine
- (Lehr-)Veranstaltungen
 - evtl. kurze Führungen für Studierende (2 mal pro Jahr)
- Besucher / Drittfirmen
 - Besuch durch Forschungspartner ist denkbar (max. 1 mal pro Quartal)
 - Konferenzraum zur Mitbenutzung
 - (Kaffee-)Küche zur Mitbenutzung

2.5.3 LFT- Organisatorische Gliederung

Anzahl der anwesenden Personen

- 2 Wissenschaftliche Mitarbeiter (WiMi)
- 1 Studentische Hilfskraft (SHK)
- evtl. andere Besucher oder Projektpartner

Anwesenheitszeit / Frequenz der Besuche vor Ort

- WiMi 1: dauerhafte Präsenz
- WiMi 2: sporadisch anwesend (ca. 2 mal wöchentlich)
- SHK: sporadisch anwesend (ca. 2 mal wöchentlich)
- andere: ggf. als Verstärkung zur Bearbeitung der Forschungstätigkeiten

Struktur/ Hierarchiebeziehungen

- gleiche Hierarchiestufe der WiMi
- SHK untersteht den WiMi

⁸³ Änderung: Umkleiden sind im Werkstattbereich vorgesehen.

- gemeinsame Bearbeitung der Forschungsaufgaben, d.h. am Schreibtisch jeder unabhängig voneinander, aber experimentellen Untersuchungen am Forschungsflugzeug werden gemeinsam erledigt

2.5.4 LFT- Räumliche Gliederung

Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps:
WiMi 1 aus Gruppe 1	Büro	Dauerhafte Präsenz
WiMi 2 aus Gruppe 1	Büro	2 Tage pro Woche, dann allerdings dauerhaft besetzt
SHK aus Gruppe 1	SHK-Büro (Studentenlabor)	2 Tage pro Woche, dann allerdings dauerhaft besetzt
Forschende aus Gruppe 1	Versuchsraum (Forschungshalle)	Dauerhafte Präsenz: Wechsel zwischen Büro und Versuchsraum
Forschende aus Gruppe 1	Werkstatt	2-3 Tage pro Woche, dann allerdings dauerhaft besetzt

2.5.5 LFT- Stoffströme

Stoff	In das Gebäude hinein	Verteilung im Gebäude	Entsorgung/ Abtransport aus dem Gebäude
Büromaterial/ Papier	Anlieferung in Paketen über Rezeption oder als Palette	Abholung durch Verwaltungspersonal an der Rezeption über in den Kopierräumen auf den Etagen bzw. in Schränken im auf den Etagen (regelmäßig, monatlich)	Entsorgung als Papier- und Restmüll (Abholung durch Entsorger)
Flugzeugbenzin	keine Aufbewahrung innerhalb des Gebäudes	keine Verteilung im Gebäude, genereller Ablauf: Forschungsflugzeug kommt auf Gelände an → wird über mobile Pumpen entleert, Treibstoff wird in Tank im Außenbereich ge-	keine Entsorgung notwendig

Stoff	In das Gebäude hinein	Verteilung im Gebäude	Entsorgung/ Abtransport aus dem Gebäude
		speichert → nach Abschluss der Forschungstätigkeiten wird mittels mobilen Pumpen der Kraftstoff zurück ins Flugzeug gepumpt ⁸⁴ (sporadisch, quartalsweise)	
Motoröl, Hydraulikflüssigkeit, Schmiermittel im Forschungsflugzeug	in Leitungen des Forschungsflugzeuges	keine Verteilung im Gebäude, gemeint sind Kleinstmengen dieser Stoffe durch kleinere Leckagen an den Leitungssystemen bei Stillstand des Flugzeuges (sporadisch, quartalsweise)	Kleinstmengen an Sondermüll
Kleingeräte, Werkstattmaterial	Anlieferung in Paketen über Rezeption	Abholung durch Forschende an der Rezeption über Aufzug/Treppenhaus → Zwischenlagerung in Büro oder Werkstatt in Schränken oder Regalen → Überführung an Endbestimmungsort (Versuchsraum, Werkstatt oder Büro) (regelmäßig, monatlich)	Entsorgung von Verpackungsmaterial als Papier-, Kunststoff- oder Restmüll (Abholung durch Entsorger); Entsorgung von defekten Altgeräten über übergeordnete Strukturen der TUD (selten)
Großgeräte/Maschinen (-teile)	Anlieferung auf Palette über Zulieferungsfahrt und -tor	Empfang durch Forschende am Zulieferungstor → Transport mittels Hubwagen zum Endbestimmungsort (selten, jährlich)	Entsorgung von Verpackungsmaterial als Papier-, Kunststoff- oder Restmüll (Abholung durch Entsorger); Entsorgung von

⁸⁴ Änderung: Die Entleerung der Tanks auf dem Heimatflughafen ist vorgesehen.

Stoff	In das Gebäude hinein	Verteilung im Gebäude	Entsorgung/ Abtransport aus dem Gebäude
			defekten Altgeräten über übergeordnete Strukturen der TUD (selten)
Baumaterial	Anlieferung in Paketen oder über Palette	Abholung durch Forschende an der Rezeption oder am Zulieferungstor → Zwischenlagerung in Büro oder Werkstatt (je nach Größe) in Schränken oder Regalen → Überführung an Endbestimmungsort (Versuchsraum) (sporadisch, quartalsweise)	Entsorgung von Verpackungsmaterial als Papier-, Kunststoff- oder Restmüll (Abholung durch Entsorger)

2.5.6 LFT- Bauliche Strukturen

Funktionsbereiche

Raum Nr.	Raumtyp	Fläche [m²]	Anzahl [Stk.]	Nutzung
1	Büro (Mitbenutzung)	25	1	Forschungstätigkeiten (Auswertung, Planung, Dokumentation) / Verwaltung / Projektmanagement
2	Besprechungsraum (Mitbenutzung)	100	1	Präsentationen / Seminare / Projekttermine
3	Werkstatt (Mitbenutzung)	50	1	Versuchsvorbereitungen / Fertigung von Hilfsbauteilen
4	Studentenlabor (Mitbenutzung)	40	1	Forschungstätigkeiten (Auswertung, Planung, Dokumentation)

Raum Nr.	Raumtyp	Fläche [m ²]	Anzahl [Stk.]	Nutzung
5	Kopierraum (Mitbenutzung)	6	1	Verwaltungstätigkeiten
6	(Kaffee-)Küche (Mitbenutzung)	12	1	Zubereitung von Heißgetränken
7	Serverraum (Mitbenutzung)	12	1	Unterbringung eines Serverschranks ⁸⁵

Sonderbereiche

Raum Nr.	Raumtyp	Fläche [m ²]	Anzahl [Stk.]	Nutzung
1	Sonderlager (Mitbenutzung)	15	1	Lager für defekte Elektrogeräte und anderen Sondermüll bis zur Entsorgung
2	Versuchshalle (Mitbenutzung)	1000	1	Versuchsdurchführungen mit Forschungsflugzeug; Standfläche für Electric Aircraft Tug ¹ und Ground Power Unit ²

¹ Elektrische Verfahrplattform zum Bewegen von Flugzeugen ohne deren eigenen Antrieb,

² Einheit zur Versorgung des Flugzeugbordnetzes mit elektrischer Energie,

Außenanlagen

Außenbereich Nr.	Typ	Fläche [m ²]	Anzahl [Stk.]	Nutzung
1	Standfläche (für Forschungsflugzeuge)	405	1	Abstellen von Forschungsflugzeugen bis zum geplanten Einsatz

⁸⁵ Änderung in Abstimmung mit dem ZIH erfolgt nur die Errichtung von Datenverteilschränken und die Aufschaltung auf die Zentralen Server in Dresden. Weitere Server sind Sache der Institute und nicht Teil des Projektbudgets.

2	Standfläche (für Kraftstofftank)	8	1	Einlagerung von Flugzeugtreibstoffwähren den Versuchsdurchführungen ⁸⁶
3	Befestigte Zufahrt	befestigte Zufahrtsbreite = 3m; Breitehindernisfreier Korridor entlang der Zufahrt = 13m	1	Beförderung des Flugzeuges vom Geländetor zur Forschungshalle

2.5.7 LFT- Ausstattung

2.5.7.1 Büro

Das Büro (Funktionsraum 1) ist der Arbeitsmittelpunkt der Wissenschaftlichen Mitarbeiter des ILR für die Versuchsplanung. Dabei handelt es sich um einen Raum mit Fenster und mindestens Abmessungen von 6,25m x 4m und einer Höhe von 3m.⁸⁷ Ein WiMi belegt dort dauerhaft einen Arbeitsplatz, ein weiterer WiMi wird voraussichtlich teilweise vor Ort arbeiten. Der Boden ist mit einem pflegeleichten Belag versehen, an Wände und Decken bestehen keine besonderen Anforderungen. Die Fenster des Büros besitzen Außenjalousien, um ganztägig Blendeffekte bei der Arbeit am PC zu vermeiden.⁸⁸ Alle Arbeitsplätze sind mit zehn Steckdosen (230V), von denen sechs an ein Stromnetz mit geringeren Schwankungen (ebenso 230V) gekoppelt sind, um die verwendete Rechentechnik zu schützen, auszustatten.⁸⁹ Darüber hinaus ist durch vier Netzwerkbuchsen der Zugang zum Ethernet an jedem Arbeitsplatz sicherzustellen. Über diese erfolgt außerdem der Anschluss des Diensttelefons (TU-Telefonnetz). Zur Grundausstattung jedes Arbeitsplatzes gehört ein Schreibtisch, ein Bürostuhl, ein Rollcontainer und ein Büroschrank. Wünschenswert wäre zudem ein Garderobenschrank. Der Strombedarf überschreitet die für einen solchen Funktionsraum üblichen Anforderungen nicht. Die Bürotür muss abschließbar sein, hat des Weiteren aber keine besonderen Anforderungen zu erfüllen.

2.5.7.2 Besprechungsraum

Der Besprechungsraum (Funktionsraum 2) bietet Platz für mindestens zehn Personen und weist eine entsprechende Bestuhlung und Tische auf. Alle Fenster sind mit Außenjalousien bestückt um den Raum für Präsentationen verdunkeln zu können. Die Grundmaße sollten mindestens 6m x 8m

⁸⁶ Änderung: Die Entleerung der Tanks auf dem Heimatflughafen ist vorgesehen.

⁸⁷ Änderung: Es ist ein Standard-Doppelbüro vorgesehen.

⁸⁸ Änderung: Es ist Sonnenschutz vorgesehen (Lamellen).

⁸⁹ Änderung: Standard-Ausstattung Büro

bei einer Höhe von 3m betragen.⁹⁰ An den Sitzplätzen stehen 230V-Steckdosen (insgesamt mindestens zehn) zur Verfügung. An eine Wand wird ein interaktiver Monitor verbaut, der gleichzeitig zu Präsentationszwecken und als Whiteboard genutzt werden kann. An dieser Wand müssen ebenfalls Steckdosen und Netzwerkzugangsbuchsen zur Verfügung stehen. Der Betrieb von stromintensiven Geräten ist in diesem Raum nicht geplant. Der Boden ist mit einem pflegeleichten Belag zu versehen, an die übrigen Wände und Decken bestehen keine besonderen Anforderungen. Der Besprechungsraum wird nur sporadisch zu planbaren Terminen von den Mitarbeitern des ILR und ggf. Besuchern / Projektpartnern genutzt werden. Aus diesem Grund ist es ratsam, dass der Raum und alle seine Zugänge barrierefrei gestaltet werden.

2.5.7.3 Werkstatt

Die Werkstatt (Funktionsraum 3) wird von den Mitarbeitern des ILR genutzt um das Equipment für Versuche vorzubereiten, sowie kleiner Hilfsbaugruppen zu fertigen oder Änderungen an bestehenden vorzunehmen. Dabei ist ein einzelner Arbeitsplatz mit den Abmessungen von ca. 2m x 2m in einer gemeinschaftlich genutzten Werkstatt ausreichend. Dieser ist mit einer Werkbank, auf der ein Löt Arbeitsplatz eingerichtet wird, und einem Rollcontainer sowie einem Werkstattregal auszustatten.⁹¹ In unmittelbarer Nähe am Arbeitsplatz sind sechs 230V Steckdosen und zwei 400V Anschlüsse verfügbar, ebenso wie vier Netzwerkzugänge zum Ethernet um Telefon und ggf. Laptop an das Universitätsnetz anzuknüpfen. Genaue Strombedarfe können zum jetzigen Zeitpunkt nicht abgeschätzt werden, da die benötigten Gerätschaften mit den zukünftigen Forschungsprojekten variieren. Allerdings ist die Beschaffung von verbrauchsintensiven Großgeräten derzeit nicht vorgesehen. Am Arbeitsplatz muss ein Not-Aus-Schalter vorhanden sein. In der Werkstatt – nicht am Arbeitsplatz selbst – sollte ein Ablaufbecken mit Kaltwasseranschluss zur Gemeinbenutzung zugänglich sein. Selbiges gilt für einen Druckluftanschluss.⁹² An Böden, Wände und Decken werden keine über die für Werkstätten üblichen Anforderungen gestellt.

2.5.7.4 Studentenlabor

Das Studentenlabor (Funktionsraum 4) beinhaltet einen Arbeitsplatz für die studentische Hilfskraft (SHK) vom ILK, der sich an zwei Arbeitstagen pro Woche am SML befinden wird.⁹³ Die SHK unterstützt die WiMi bei Ihren Forschungstätigkeiten und führt nach Einweisung selbstständig computerbasierte Arbeiten oder praktische Tätigkeiten in der Versuchshalle oder Werkstatt aus. Der einzelne Arbeitsplatz sollte mindestens Abmessungen von 1,5m x 2m besitzen bei einer Deckenmindesthöhe von 3m. Die Ausstattung hinsichtlich Büromöbeln, Steckdosen, Netzwerkzugängen, Telefon, Verdunkelungsvorrichtungen und Bodenbelag ist identisch zu den für Funktionsraum 1 beschriebenen. Der Strombedarf ist ebenso wie der eines mehrfach belegten Büros einzuschätzen.

2.5.7.5 Kopierraum

Der Kopierraum (Funktionsraum 5) besitzt Abmessungen von 3m x 2m und dient dem Zweck einen Kopierer/Drucker und einen Aktenvernichter zu betreiben sowie in Form von einem Büroschrank

⁹⁰ Änderung: im Multifunktionsraum vorgesehen

⁹¹ Änderung: Mitnutzung der Elektrowerkstatt

⁹² Änderung: Druckluftanschluss nur in mechanischer Werkstatt vorgesehen

⁹³ Änderung: Studentenarbeitsräume im Multifunktionsraum,

Stauraum für Kopierpapier und ggf. andere Büroverbrauchsmaterialien bereitzustellen.⁹⁴ Tageslicht ist optional in diesem Raum. Der Bodenbelag ist pflegeleicht zu wählen und es sind mindestens sechs Steckdosen und ein vier Netzwerkzugänge bereitzustellen. Weitere Anforderungen an diesen Raum sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht erkennbar.

2.5.7.6 Küche

Die (Kaffee-)Küche (Funktionsraum 6) dient der Zubereitung von Heißgetränken, dem Erwärmen mitgebrachter Speisen und der Reinigung benutzen Geschirrs. Die Abmessungen sollten mindestens 3m x 4m betragen damit ausreichend Platz besteht um eine einfache Küchenzeile mit Arbeitsflächen, Küchenschränken, Spülbecken, Geschirrspüler und Kühl-Gefrierkombination zu integrieren. Zudem werden eine Mikrowelle, ein Wasserkocher und eine Kaffeemaschine in diesem Raum betrieben werden, sodass mindestens fünf Steckdosen vorzusehen sind. Der Strombedarf ist als typisch für einen Raum dieser Funktion einzuschätzen. Der Bodenbelag sollte leicht zu reinigen und wasserbeständig sein. Idealerweise werden die Wände über der Arbeitsfläche mit Fliesen versehen. Ein Herd und zugehöriger Dreiphasenstromanschluss sind optional. Zum jetzigen Planungsstand sind keine weiteren Anforderungen an diesen Raum ableitbar.

2.5.7.7 Serverraum

Der Serverraum (Funktionsraum 7) ist ein durch mehrere Parteien genutzter Raum zur Unterbringung von Serverschränken und Rechentechnik.⁹⁵ Der Raum benötigt kein Tageslicht und sollte mindestens eine Grundfläche von 3m x 4m aufweisen. Der Raum ist mit einer Vielzahl von Steckdosen und Netzwerkanschlüssen auszustatten und muss über eine unterbrechungsfreie Stromversorgung und ein Notstromsystem verfügen, damit im Fall eines Stromausfalls ein kontrolliertes Abschalten der Server gewährleistet bleibt, um den Verlust von Forschungsdaten auszuschließen.⁹⁶ Darüber hinaus muss der Raum klimatisiert werden damit die Server nicht überhitzen. Besondere Anforderungen an die Fußbodenbeläge oder die Beschaffenheit der Wände und Decken sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht abzuleiten.

2.5.7.8 Sonderlager

Der Raum für das Sonderlager (Sonderbereich 1) sollte in der Grundfläche mindestens 3m x 5m bei einer Höhe von mindestens 3m betragen.⁹⁷ Dort werden defekte Geräte und sonstiger Gewerbemüll in Regalen oder Behältnissen gelagert bis eine fachgerechte Entsorgung erfolgt.⁹⁸ In diesem Raum wird kein Tageslicht benötigt. Des Weiteren liegen keine weiteren Anforderungen an diesen Sonderbereich vor.

2.5.7.9 Versuchshalle

⁹⁴ Änderung: Mitnutzung Kopierraum

⁹⁵ Änderung in Abstimmung mit dem ZIH erfolgt nur die Errichtung von Datenverteilschränken und die Aufschaltung auf die Zentralen Server in Dresden. Weitere Server sind Sache der Institute und nicht Teil des Projektbudgets.

⁹⁶ Änderung: Notstromversorgung ausschließlich serverintegriert; keine Netzersatzmaßnahmen

⁹⁷ Änderung: Unterbringung im Individuallager

⁹⁸ Änderung: Abgesehen vom Batterielager sind keine Sonderlager vorgesehen.

Die Forschungshalle (Sonderbereich 2) stellt den Kernbereich für die Forschungen der Professur für Luftfahrzeugtechnik dar. Geplant sind Forschungstätigkeiten an den im Abschnitt Forschungstätigkeit beschriebenen Themengebieten. Diese erfolgen nicht durchgehend im SML sondern über die Dauer einiger Wochen je nach Beschaffenheit der laufenden Projekte. Mehrere Untersuchungen sind am und mit dem Forschungsflugzeug geplant. Die praktischen Versuche werden durch die WiMi mit Unterstützung der SHK und ggf. weiteren Projektpartnern durchgeführt. Von besonderem Interesse ist dabei das Flugzeug an einen Deckenkran (Beispiel) zu hängen und mithilfe des Deckenlaufkrans zu bewegen, um so in geschützter Umgebung den Flugzustand nachzustellen.⁹⁹ Um das Flugzeug am Kran zu befestigen, wird eine freie Fläche unterhalb der Aufnahme von 13m x 10m benötigt. Der Deckenkran selbst sollte mindestens einen Verfahrweg von 50m über einen 20m breiten Korridor zulassen, idealerweise entlang der gesamten Hallenbreite. Für die Versuche wäre es optimal das Flugzeug bis unmittelbar unter die Hallendecke ziehen zu können, mindestens jedoch sollte eine Höhe von 10m über dem Hallenboden realisiert werden können. Eine Tragfähigkeit von mindestens 1t (besser wären 1,2t) ist dabei notwendig um das Flugzeug anheben zu können. In diesem Fall ist eine Warnleuchte vorzusehen, die die situative Aufmerksamkeit der am Boden arbeitenden Mitarbeitenden erhöht. Je nach Einstufung der Gefährdungslage sind zusätzliche mobile Absperrungen vorzunehmen. Diese werden in einer noch anzufertigenden Gefährdungsbeurteilung entsprechend adressiert. Für stationäre Versuche am Flugzeug wird eine Stellfläche von 13m x 10m benötigt, um Versuche am stehenden Flugzeug durchführen zu können, bzw. Versuche unter Zuhilfenahme des Krans vorbereiten zu können. Entlang des Deckenlaufkrans ist eine Stromleitung (230V) zu verlegen, mit der das Luftfahrzeug während des Versuchs bodenunabhängig mit Strom zum Betrieb der Bordelektronik versorgt werden kann.¹⁰⁰ In der Forschungshalle sollte eine Vielzahl an Steckdosen (230V) an den Hallenwänden, idealerweise auch im Boden eingelassen, verfügbar sein, um für Experimente oder deren Vorbereitung notwendige Geräte mit Strom versorgen zu können. An ausgewählten Punkten sollten Auswertungsstationen in den Randbereichen vorgesehen werden, die neben Steckdosen (230V) auch zu Zugängen zum Ethernet verfügen. So können Messlaptops an diesen Stellen zur Aufnahme und Übermittlung von Daten platziert werden. Weiteres Versuchsequipment wird bei Bedarf in der Halle montiert und nach Durchführung der Versuche wieder demontiert. Um das Flugzeug in die Forschungshalle bewegen zu können, wird ein mindestens 13m breites und 3,5m hohes Hallentor benötigt. Dieses muss in unmittelbarer Nähe zur Aufnahme an den Deckenkran positioniert werden, um den Weg des Flugzeuges durch die Halle möglichst kurz zu halten. Der Boden muss darüber hinaus eine Mindesttragfähigkeit von 1,2t aufweisen. An Wände und Boden sind keine gesonderten Anforderungen zu definieren.

In der Forschungshalle soll zudem der Electric Aircraft Tug dauerhaft untergestellt werden.¹⁰¹ Dieser

benötigt eine Fläche von 2m x 2m bei einer Höhe von 0,5m. Falls diese Anforderung nicht umsetzbar ist, wäre die Unterstellung des Tug in einem Nebengebäude oder im überdachten, witterungsgeschützten Außenbereich denkbar.

⁹⁹ Änderung: In der Halle ist kein Deckenkran vorgesehen. Die Traversen sind nicht für die Last des Flugzeugs vorgesehen.

¹⁰⁰ Änderung: Die Stromzufuhr zum Flugzeug während des Versuches wird nicht baulich vorgesehen.

¹⁰¹ Änderung: für die Unterbringung von Fahrzeugen sind die Garagen vorgesehen. Die Halle wird für Versuche frei gehalten.

Abbildung 2 und Abbildung 3 sowie die zugehörige Tabelle 3.1 veranschaulichen die Außenabmaße des Forschungsflugzeuges der Professur und die vorausgegangenen und nachfolgenden Beschreibungen der verschiedenen Bereiche.

In der weiteren Beschreibung wird näher auf die benötigte Beschaffenheit der Außenflächen und Zufahrten eingegangen, die für den Gesamtbetrieb der Forschungsinfrastruktur der Professur für Luftfahrzeugtechnik ebenso relevant sind wie die Ausstattung der Innenräume.

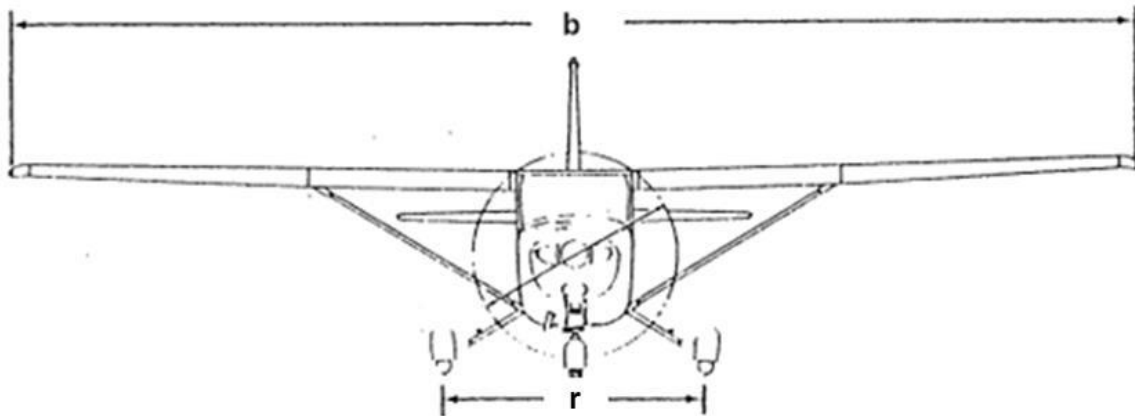


Abbildung 18: Skizze zur Frontansicht des Forschungsflugzeuges Cessna 172 mit der Spannweite b als eine für die Planung von Toren und Zufahrten zentrale Größe

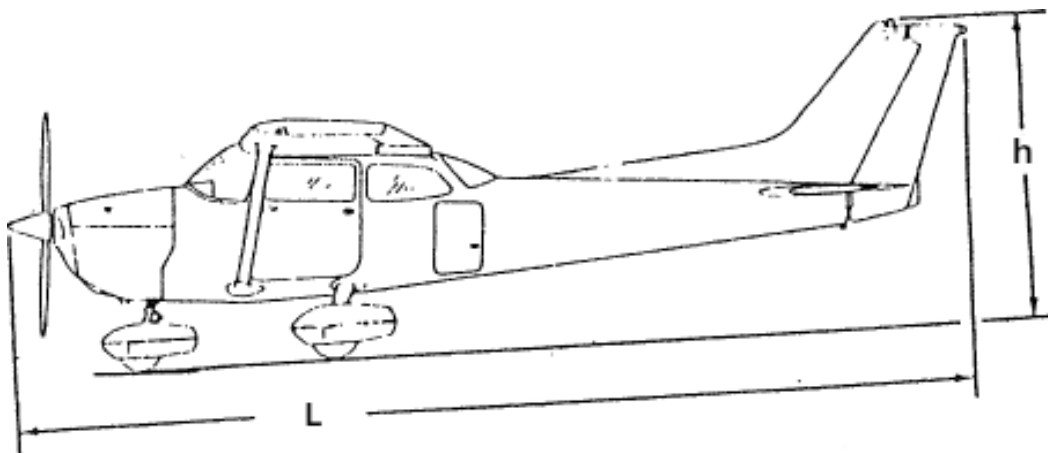


Abbildung 19: Skizze zur Seitenansicht des Forschungsflugzeuges Cessna 172 mit der Flugzeughöhe h als planerisch relevante Größe

Kenngröße	Cessna 172
Spannweite b	10,97m
Radstand r	2,55m

Gesamtlänge L	8,20m
Gesamthöhe h	2,68m

2.5.7.10 Stellfläche für Forschungsflugzeuge

Die Stellflächen für Forschungsflugzeuge (Außenbereich 1) dienen zum Abstellen der Forschungsflugzeuge bis zu deren Einsatz in der Forschungshalle oder im Außenbereich. Zum Abstellen der Cessna 172 wird eine Fläche von 13m x 10m benötigt, die bis 1,2t belastbar ist. Das zweite Forschungsflugzeug (perspektivisch) ist die Apus i-5, das eine Abstellfläche von 27m x 15m benötigt, die einer Belastung von 4,5t standhält. Die Flächen dürfen keine Neigung aufweisen.¹⁰² Notwendig wäre zudem eine Überdachung in 5m Höhe um die Flugzeuge vor direktem Niederschlag zu schützen.¹⁰³

2.5.7.11 Stellfläche Kraftstofftank

Die Standfläche für einen Kraftstofftank (Außenbereich 2) ist mit Abmaßen von mindestens 2m x 4m, neigungsfrei und mit einer Tragfähigkeit bis 0,5t zu gestalten. Während das Forschungsflugzeug zu Experimenten in der Halle steht und dort bewegt wird, ist es sinnvoll den hochentzündlichen Kraftstoff vorher aus den Flügeltanks zu entfernen und in einem Tank auf dem Gelände zu lagern bis das Flugzeug das SML wieder verlässt.¹⁰⁴ Weitere Anforderungen an diesen Bereich sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu formulieren.

2.5.7.12 Zufahrt zur Versuchshalle

Die befestigte Zufahrt zwischen Forschungshalle und Geländetor (Außenbereich 3), inklusive dem Zufahrtstor, müssen ebenfalls einigen Kriterien genügen. Die Spannweite der Flugzeuge ist für die Breite des Zufahrtstores zum Gelände maßgeblich. Diese muss mindestens 13m betragen, ideal wären 27m.¹⁰⁵ Die sich anschließende Zufahrt muss befestigt sein, eine Mindestbreite von 3m aufweisen (Radstand des Fahrwerks der Flugzeuge) und mindestens bis 1,2t, idealerweise bis 4,5t belastbar sein. Entlang dieser Zufahrt ist vom Boden bis zu einer Höhe von 5m in einem 27m, mindestens jedoch 13m, breiten Korridor Hindernisfreiheit bis zum Tor der Forschungshalle bzw. bis zum Außenstellplatz der Flugzeuge zu gewährleisten.¹⁰⁶ Darüber hinaus ergeben sich keine weiteren Anforderungen.

2.5.8 LFT- Haustechnische Anlagen

Anforderung	Funktionsbereiche							Sonderbereiche		
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3

¹⁰² Änderung: Im Freien ist ein Gefälle von > 2 % zur Ableitung von Niederschlagswasser baulich erforderlich.

¹⁰³ Änderung: Für die Unterbringung der Forschungsflugzeuge ist keine Überdachung vorgesehen.

¹⁰⁴ Änderung: Die Anforderung muss bereits am Flugplatz umgesetzt werden.

¹⁰⁵ Änderung: Die Torbreite wird mit 19 m festgelegt.

¹⁰⁶ Änderung: Im Randbereich der Zufahrt sind Leitplanken angeordnet. Es wird davon ausgegangen, dass die Tragflächen über diese hinausragen können.

Temperierung des Raumes	o	o	o	o	o	o	A 1	o	o	o
Konditionierung der Raumluft	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Wasserversorgung	o	o	A 2	o	o	A 3	o	o	o	o
Medienversorgung	A 4	o	A 5	o	o	o	A 4	o	A4, A6	o
Abwasserbehandlung	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Wärmeübergabe	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Notstromversorgung	o	o	o	o	o	o	A 7	o	o	o
Anlagen zur Energiegewinnung	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Anforderung an Beleuchtung	A 8	A 8	o	A 8	o	o	o	o	o	o
IT-Anforderungen	A 9	A 9	A 9	A 9	A 9	o	A 9	o	A9	o

- o - keine besonderen Vorgaben
- A1 – Klimaanlage
- A2 – Wasserversorgung und Abwasseranschluss mit Spül- bzw. Ausgussbecken
- A3 – Zwei Warmwasser- und Abwasseranschlüsse für Spülbecken und Geschirrspüler A4 – Steckdosen zu Stromnetz mit geringer Schwankung
- A5 – Druckluftanschluss
- A6 – Zugangspunkte zum Stromnetz an mehreren Punkten bodennah in der Halle und an der Hallendecke
- A7 – Unterbrechungsfreie Stromversorgung, Notstromversorgung A8 – Außenjalousien an allen Fenstern
- A9 – Ethernet Zugang, eduroam Abdeckung, Anschluss an Campusnetz der TU Dresden (1Gbit Anschluss pro Arbeitsplatz)

2.5.9 LFT- Sicherheit

Über die gesetzlich und durch die Technische Universität Dresden (TUD) vorgeschriebenen Maßnahmen zur Gewährleistung der Betriebssicherheit hinaus sind aus Sicht der Professur für Luftfahrzeugtechnik zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine gesonderten Aspekte zu berücksichtigen.



Für die Versuchsräume und Laborgeräte werden nach Festsetzung der Umsetzbarkeit und Realisierbarkeit der beantragten Infrastruktur umfangreiche Gefährdungsbeurteilungen zur Minimierung von Risiken im Forschungsbetrieb durchgeführt und entsprechende korrektive und präventive Maßnahmen abgeleitet.

Aus Sicht der Professur für Luftfahrzeugtechnik ist die Umsetzung der durch die TUD vorgegebenen Sicherheitsmaßnahmen ausreichend um Schutz der geplanten Forschungstätigkeiten, -infrastruktur und der beteiligten Personen zu gewährleisten.

2.6 Professur für Kraftfahrzeugtechnik (LKT)

2.6.1 LKT- Forschungsthemen

Die Nutzung des Smart Mobility Labs (SML) durch die Professur für Kraftfahrzeugtechnik (LKT) lässt sich in folgende Szenarien unterteilen:

- Vorbereitung der Fahrsimulatorstudien
- Fahrsimulatorstudien mit dem statischen Fahrsimulator,
- Fahrsimulatorstudien mit dem dynamischen Fahrsimulator im stationären Betrieb,
- Fahrsimulatorstudien mit dem dynamischen Fahrsimulator im dynamischen Betrieb,
- Parametrierung und Testversuche dynamischer Fahrsimulator,
- Fahrversuche auf der Freifläche,
- Fahrversuche auf der Freifläche und in der Halle.

2.6.1.1 Vorbereitung der Fahrsimulatorstudien

- Die Vorbereitung der Studien erfolgt zunächst zum Großteil an den Büroarbeitsplätzen.
- Im weiteren Verlauf werden die Programme auf die Simulatoren aufgespielt und im statischen Betrieb (betreffend dynamischen Simulator) getestet. Das Arbeiten erfolgt im Betriebsraum des statischen Simulators oder der Garage des dynamischen Simulators.
- Final werden die Studien (bei Zielsystem dynamischer Simulator) im dynamischen Betrieb getestet – welcher sich, abgesehen von den ausbleibenden Probanden, nicht vom Probandenbetrieb unterscheidet.

2.6.1.2 Fahrsimulatorstudien mit dem statischen Fahrsimulator

Der statische Fahrsimulator besteht aus einer Projektionsfläche (ca. 180°), Projektionstechnik (3 große Projektoren), Audioanlage und einem Pkw (BMW 3er).

Es wird ein Raum mit 80 m² Grundfläche benötigt, der vollständig verdunkelbar und klimatisiert ist.

In diesem Raum sollen auch 2 PC-Arbeitsplätze für den Betrieb und die Überwachung des Fahrsimulators eingerichtet werden.

Ablauf der Fahrsimulatorstudien

- Vorbereitung des statischen Fahrsimulators bzw. Programmierung und Testen der Fahrscenarien → 2 Mitarbeiter im Raum des statischen Fahrsimulators
- Vorbereitungsraum mit den Probanden → Vorbereitungsraum
- Vorbereitung der Probanden → Raum mit 15 m² Fläche, der als Arbeitsraum (3 PC-Arbeitsplätze) und als Warteraum für bis zu 5 Personen genutzt werden kann.¹⁰⁷
- Fahrten im statischen Fahrsimulator durch die Probanden (max. 90 Minuten) → Steuerung/Überwachung durch 2 Mitarbeiter im Raum des statischen Fahrsimulators
- Nachbesprechung/Auswertung mit den Probanden → Nachbesprechungsraum (kann nicht mit Vorbereitungsraum zusammengelegt werden)

¹⁰⁷ Änderung: separate Warteräume sind vorgesehen

- Es ist geplant, dass maximal 10 Probanden gleichzeitig vor Ort sind. Größere Gruppen werden aufgeteilt.

Ablauf Probandenbetrieb

- Eigenständiger Zutritt des Probanden am Eingang entsprechend erfolgter Einladung (Voraussetzung: Anmeldung am Eingang des SML → Pförtner)
- Eigenständiger Zutritt des Probanden in den Warteraum 1
 - Je nach Ankunftszeit und ggf. aktueller Verzögerung im Probandenbetrieb sind Wartezeiten eines Probanden von wenigen Minuten bis max. 2 Stunden möglich (länger ist nicht zumutbar)
- Abholung des Probanden durch Personal und Überführung in den Vorbereitungsraum
 - Begrüßung
 - Aushändigung von Studieninformationsbögen, Datenschutzerklärung
 - Vorbefragung (ggf. Projektor für Vorführungen notwendig)
 - Aufenthalt von i.d.R. nur einem Probanden mit Personal je nach Studienzweck zwischen 5-30min
- Überführung des Probanden zum Betriebsraum statischer Fahrsimulator
 - Ggf. kurze Einweisung durch Personal bzgl. Zustieg, Briefing Ablauf (Dauer: 5-10 min)
 - Einrichtung des Probanden im Simulator
 - Ggf. Anlegen spezieller Messtechnik etc. (5-15 min)
- Durchführung der Studie
 - Mögliche Einrichtungszeiten des Simulatorsystems (z. B. Sicherheitschecks, Laden der Szene) sowie spezieller Messtechnik (z. B. Kalibrierung Blickbewegungssystem), Studiendauer von 10 min bis 2 Std. möglich
 - Personal bleibt permanent mit im Raum
 - Ggf. Ablegen von spezieller Messtechnik etc. (5-15 min)
- Überführung des Probanden zur Nachbefragung durch Personal
 - Versorgung Proband durch Personal (Getränke, Snacks) + ggf. Ruhezeit notwendig (Simulator Sickness)
 - Je nach Studienzweck Beantwortung von Nachbefragung (ggf. Projektor für Wiederholung von Situationen notwendig)
 - Aufenthalt von i. d. R. nur einem Probanden mit Personal je nach Studienzweck zwischen 5-30 min
- Überführung des Probanden zum Warteraum
 - Akklimatisieren des Probanden
 - Möglichkeit zum Verweilen der Probanden für Anschlussmöglichkeiten der Heimreise (z. B. Zugsanbindung)
- Eigenständiges Verlassen des Warteraums zum Ausgang
- Eigenständiges Verlassen des Betriebsgeländes sowie Abmeldung beim Pförtner

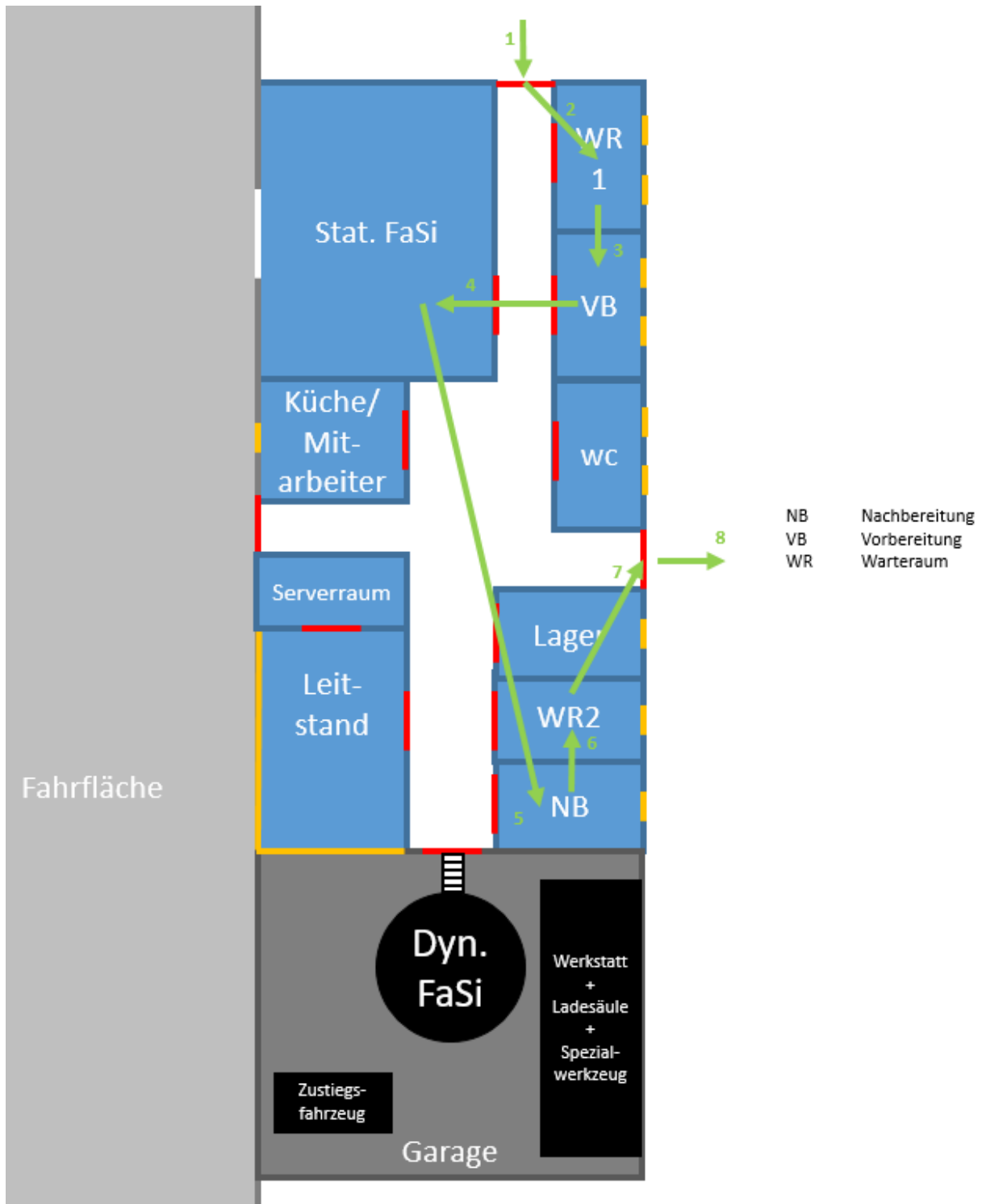


Abbildung 20: Ablauf Probandenstudien statischer Fahrsimulator

2.6.1.3 Fahrsimulatorstudien mit dem dynamischen Fahrsimulator im stationären Betrieb

Der dynamische Fahrsimulator (vgl. Abbildung 21) kann auch für statische Studien genutzt werden.

Dabei verbleibt das Fahrwerk in Ruhe und es wird entweder lediglich der Visualisierungsdom bewegt oder das System verübt keine Bewegung. Anwendungen mit reduzierter oder ohne Dynamik können in der Garage/Werkstatt durchgeführt werden.

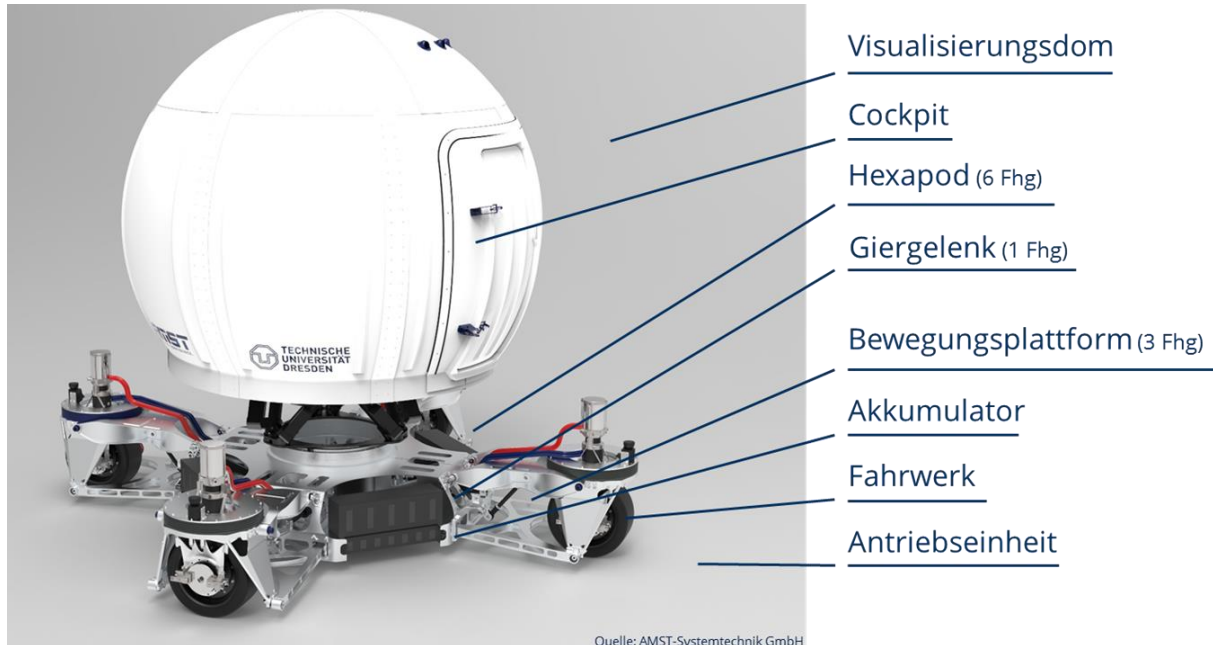


Abbildung 21: Dynamischer (hochimmersiver) Fahrsimulator

Der Ablauf dieser statischen Studien erfolgt analog dem Vorgehen beim statischen Fahrsimulator.

Ablauf der Fahrsimulatorstudien Dynamischer Fahrsimulator

- Vorbereitung des statischen Fahrsimulators bzw. Programmierung und Testen der Fahrscenarien → 2- 3 Mitarbeiter im Bedienraum des statischen Fahrsimulators
- Vorbereitungs/Schulung der Probanden → Beratungsraum für bis zu 10 Personen mit Präsentationstechnik (Beamer oder großer Bildschirm) erforderlich
- Vorbereitung der Probanden → Raum mit 15 m² Fläche, der als Arbeitsraum (3 PC-Arbeitsplätze) und als Warteraum für bis zu 5 Personen genutzt werden kann.¹⁰⁸
- Fahrten im dynamischen Fahrsimulator (stationär) durch die Probanden (max. 90 Minuten) → Steuerung/Überwachung durch 2-3 Mitarbeiter im Bedienraum des dynamischen Fahrsimulators
- Nachbesprechung/Auswertung mit den Probanden → Nachbesprechungsraum (kann nicht mit Vorbereitungsraum zusammengelegt werden)
- Es ist geplant, dass maximal 10 Probanden gleichzeitig vor Ort sind. Größere Gruppen werden aufgeteilt.
- Anzahl der Studientage pro Jahr (vornehmlich inkl. Nutzung der Fahrfläche): 75-100 Tage

Ablauf Probandenbetrieb Dynamischer Fahrsimulator

¹⁰⁸ Änderung: separate Warteräume sind vorgesehen

- Eigenständiger Zutritt des Probanden am Eingang entsprechend erfolgter Einladung (Voraussetzung: Anmeldung am Eingang Betriebsgelände □ Pförtner)
- Eigenständiger Zutritt des Probanden in den Warteraum 1
 - Je nach Ankunftszeit und ggf. aktueller Verzögerung im Probandenbetrieb sind Wartezeiten eines Probanden von wenigen Minuten bis max. 2 Stunden möglich (länger ist nicht zumutbar)
- Abholung des Probanden durch Personal und Überführung in Vorbereitungsraum
 - Begrüßung
 - Aushändigung von Studieninformationsbögen, Datenschutzerklärung
 - Vorbefragung (ggf. Projektor für Vorführungen notwendig)
 - Aufenthalt von i. d. R. nur einem Probanden mit Personal (Personal) je nach Studienzweck zwischen 5-30 min
- Überführung des Probanden zur Garage
 - Ggf. kurze Einweisung durch Personal bzgl. Zustieg, Briefing Ablauf (Dauer: 5-10 min)
- Zustieg des Probanden in den dynamischen Fahrsimulator über eine Treppe/Gangway (vgl. Abbildung 3) in ca. 2 m Höhe. Der Zugang zum Fahrsimulator sollte von der Ebene des Vorbereitungsraums über eine Art Brücke (ähnlich wie bei Flugzeugen, ggf. mit Sichtschutz versehen) erfolgen. Dafür ist eine Treppe hinauf zur Gangway im Flur vorzusehen (vgl. Abbildung 4).
 - Einrichtung des Probanden im Simulator
 - Ggf. Anlegen spezieller Messtechnik etc. (5-15min)

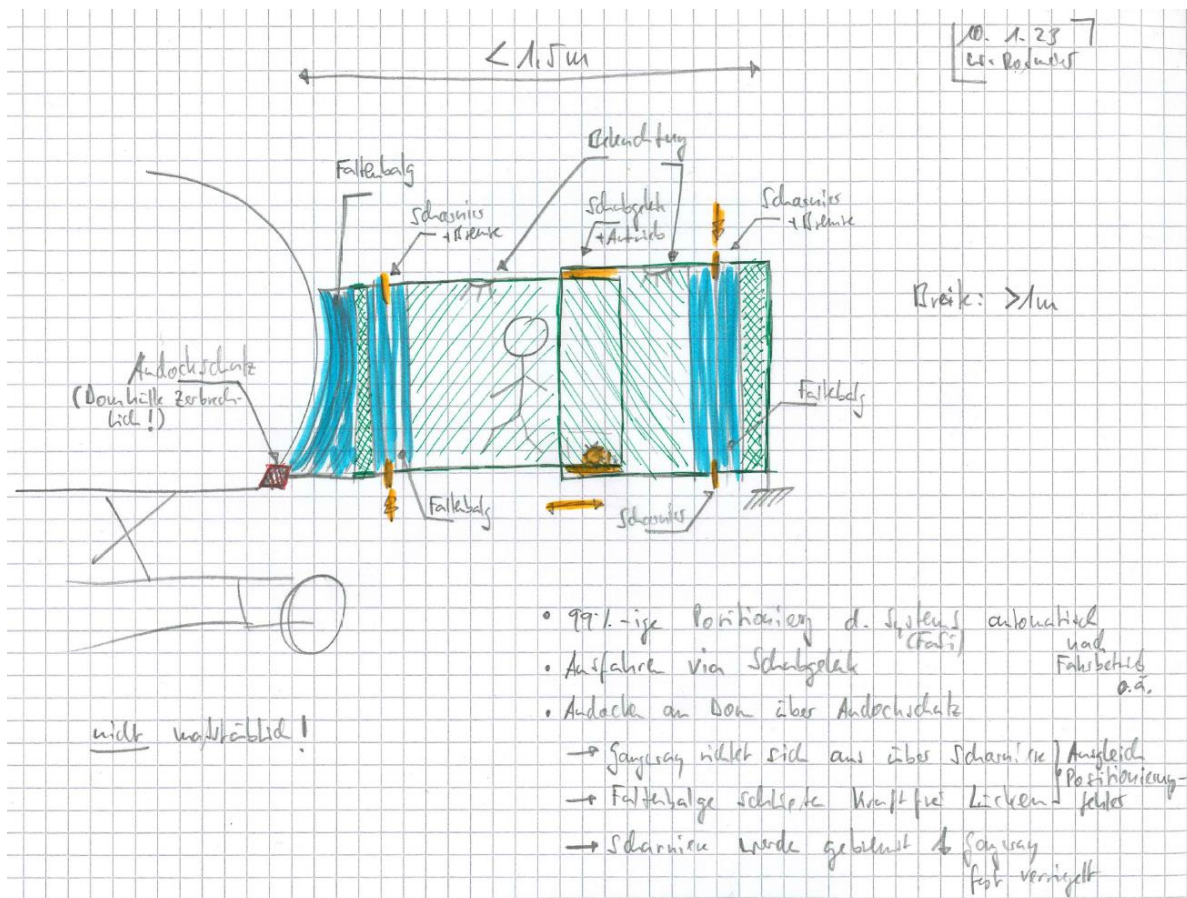


Abbildung 22: Zustieg Dynamischer Fahrsimulator über Gangway

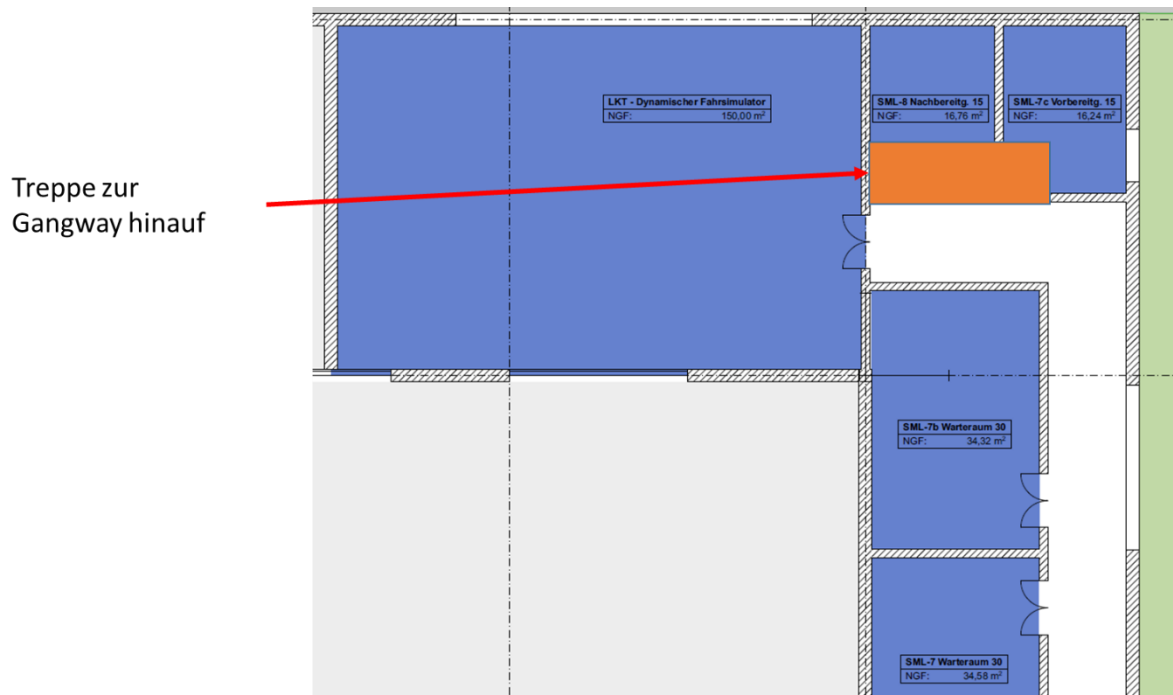


Abbildung 23: Vorschlag zur Positionierung einer Gangway

- Durchführung der Studien
 - Je nach Studienzweck verbleibt der Fahrsimulator in der Garage (semi-dynamischer Betrieb) oder fährt auf die Fahrfläche (voldynamischen Betrieb) hinaus (Während des Betriebs des Fahrsimulators dürfen sich keine Personen in der Halle aufhalten. Es ist eine Zutrittskontrolle vorzusehen.
 - Mögliche Einrichtungszeiten des Simulatorsystems (z. B. Sicherheitschecks, Laden der Szene) sowie spezieller Messtechnik (z. B. Kalibrierung Blickbewegungssystem), Studiendauer von 10-45 min möglich (Begrenzung durch Batteriekapazität im voll-dynamischen Betrieb) → bei Verbleib in Garage theoretisch auch längerer Betrieb pro Proband (bis zu 3 Std.) möglich, da direkte Netzversorgung
 - Personal ist permanent im Leitstand zur Systemüberwachung und Kommunikation mit dem Probanden via Gegensprechanlage zum Simulator
 - Es ist stets ein direkter Blickkontakt zwischen Leitstand und Fahrsimulator erforderlich. Zusätzlich sollen die Garage und die Fahrfläche lückenlos mittels Kameras überwacht werden.¹⁰⁹
- Ausstieg des Probanden aus dem dynamischen Fahrsimulator über Treppe/Gangway
 - Wiederempfang durch Personal
 - Ggf. Ablegen von spezieller Messtechnik etc. (5-15 min)
- Überführung des Probanden zur Nachbefragung durch Personal
 - Versorgung des Probanden durch Personal (Getränke, Snacks) + ggf. Ruhezeit notwendig (Simulator Sickness)

¹⁰⁹ Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

- Je nach Studienzweck Beantwortung von Nachbefragung (ggf. Projektor für Wiederholung von Situationen notwendig)
 - Aufenthalt von i. d. R. nur einem Probanden mit Personal je nach Studienzweck zwischen 5-30 min
 - Überführung des Probanden zum Warteraum
 - Akklimatisieren des Probanden
 - Möglichkeit zum Verweilen der Probanden für Anschlussmöglichkeiten der Heimreise (z. B. Zusanbindung)
 - Eigenständiges Verlassen des Warteraums zum Ausgang
 - Eigenständiges Verlassen des Betriebsgeländes sowie Abmeldung beim Pförtner. Es sollte möglichst eine Begegnung der Probanden, die an der Studie noch teilnehmen, und derer, die bereits an der Studie teilgenommen haben, vermieden werden (z. B. durch entsprechende Wegführung). Separate Toiletten sind jedoch nicht erforderlich.
-
-

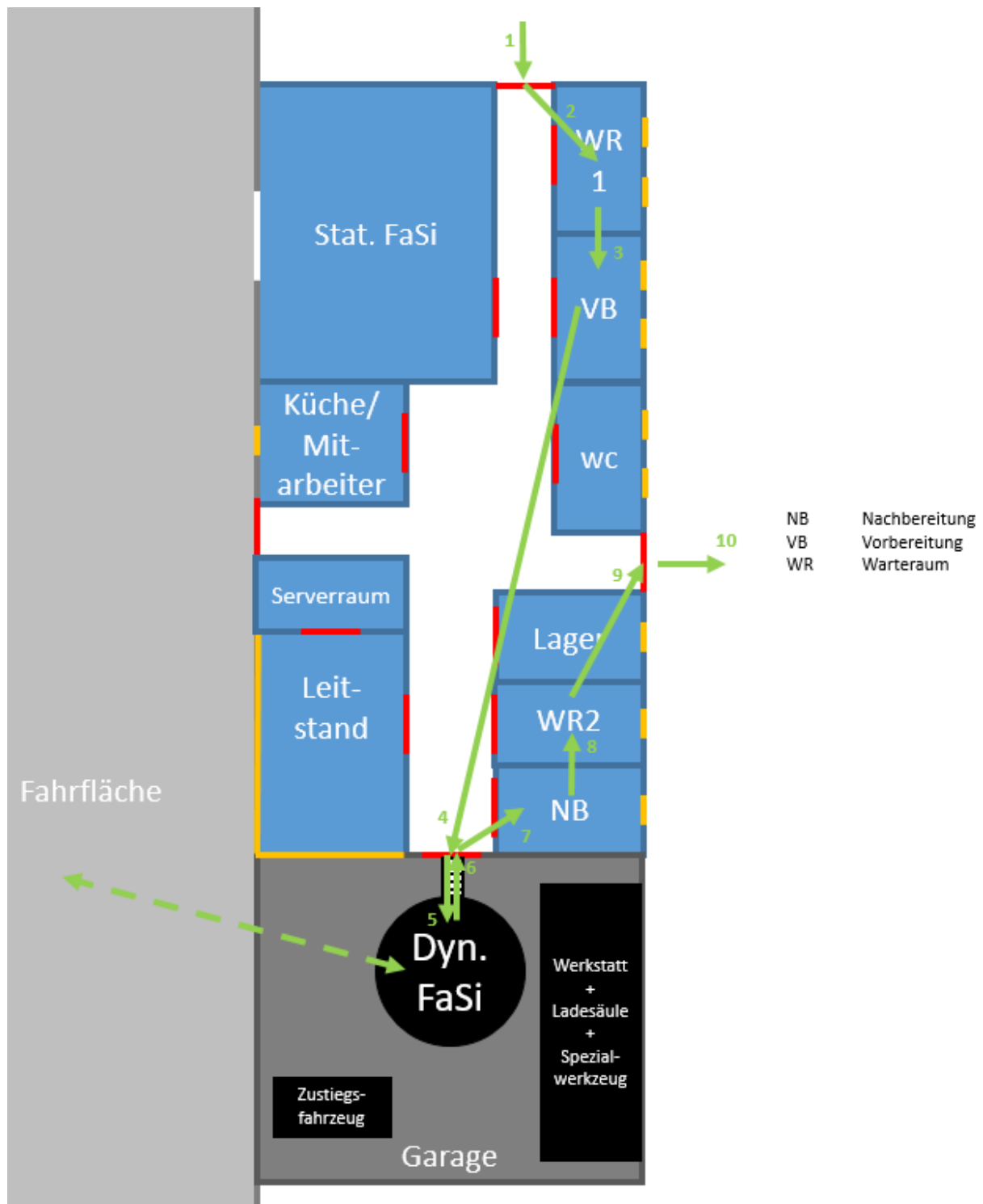


Abbildung 24: Ablauf Probandenbetrieb Dynamischer Fahrsimulator

2.6.1.4 Fahrsimulatorstudien mit dem dynamischen Fahrsimulator im dynamischen Betrieb

Betriebsvor- bzw. -nachbereitung

Zeitliche Abfolge für einen Tag:

- Hochfahren der Systeme im Leitstand (min. 1 Person folgend dauerhaft im Leitstand)

- Hochfahren des Simulators (min. 1 Person für weitere dynamische Arbeiten)
- Stationäre Systemtests (Mockup und Projektion)
- Einfahren der Gangway
- Quasi-stationäre Systemtests (Hexapod und Giergelenk)
- Sicht- und funktionale Prüfung der Sicherheitselemente (Kamerasysteme, Lichtgitter)
- Abstecken der Ladevorrichtung
- Ausfahrt aus Garage
- Anfahrt auf definierten Ausgangspunkt auf Fahrfläche
- Durchfahren aller Bewegungsachsen
- Rückfahrt auf definierten Ausgangspunkt auf Fahrfläche
- Rückfahrt in Garage
- Ausfahren der Gangway
- Zustieg der Testperson
- Einfahren der Gangway
- Ausfahrt aus Garage
- Anfahrt auf definierten Ausgangspunkt auf Fahrfläche
- Testfahrt
- Rückfahrt auf definierten Ausgangspunkt auf Fahrfläche
- Rückfahrt in Garage
- Ausfahren der Gangway
- Ausstieg der Testperson
- Anstecken an Ladevorrichtung
- → Durchlauf des Probandenbetriebs, siehe 2.6.1.2
- Fahrsimulator herunterfahren
- Leitstand herunterfahren

Fahrfläche

Der dynamische Fahrsimulator kann beliebige Fahrbewegungen auf einer zuvor definierten Fahrfläche ausführen, um einen besonders hohen Grad der Immersion bei den Probanden zu erzielen. Die zur Verfügung stehende Grundfläche in der Halle soll 100 x 100 m (stützenfrei) betragen. Der dynamische Fahrsimulator hat eine Masse von max. 6 t. Die maximale Fahrgeschwindigkeit beträgt 50 km/h. Die Fahrfläche muss besonderen Anforderungen an deren Ebenheit genügen (Fahrbahn mindestens der Güte A gemäß ISO 8608 in Längs- und Querrichtung, Reibkoeffizient $\mu = 1,2$). Die Nettofahrfläche soll min. 70 x 70 m betragen.¹¹⁰ An diese schließt sich eine 3 m breite Warnzone an. In dieser wird der Fahrsimulator automatisch auf die Fahrfläche rückgeführt sowie die Geschwindigkeit reduziert. An die Warnzone schließt sich eine 10 m breite Abschaltzone an. In dieser erfolgt eine automatische Notbremsung mit mindestens 0,8-facher Erdbeschleunigung bis zum Stillstand des Fahrsimulators. Zusätzlichen Schutz für die Insassen des Fahrsimulators, den Fahrsimulator und das Gebäude sollen Anprallelemente der Firma TECPRO Barriers (www.tecprobarriers.com) bieten. Je nach Konfiguration beträgt deren Breite maximal 3 m (vgl. Abbildung 25).

¹¹⁰ Änderung: Nur auf der Netto- Fahrfläche wird die erforderliche Ebenheit erzielt.

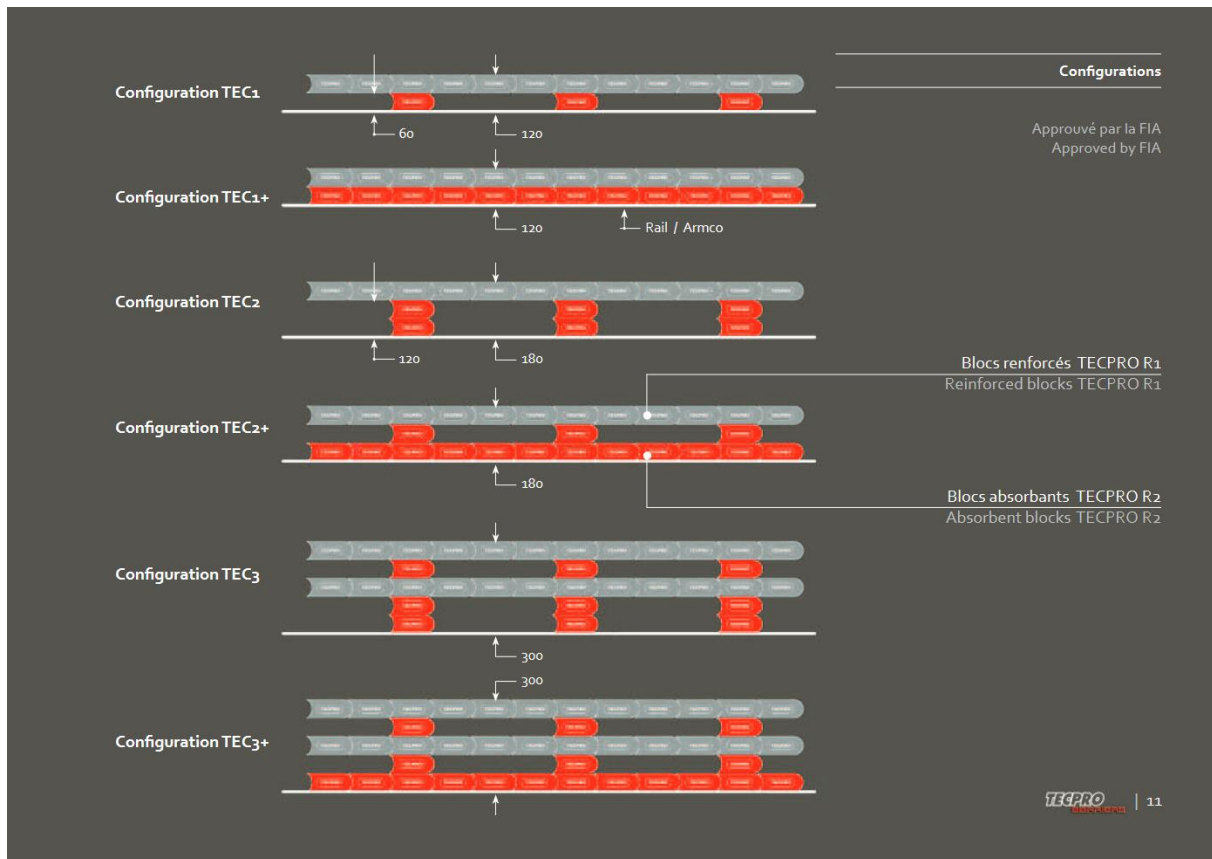


Abbildung 25: Unterschiedliche Konfigurationen der TECPRO Barriers (Quelle: www.tecprobarriers.com)

Sollten andere technische Lösungen einen mindestens gleichwertigen Schutz und andere Vorteile (z. B. Logistik) bieten, so kann auch auf diese Lösungen zurückgegriffen werden. Es kann sich auch um fest installierte Anprallelemente handeln. Für die Türen und Tore sind bewegliche Elemente vorzusehen.¹¹¹ Für die mobilen Elemente bzw. den Teil der TECPRO Barriers, die für den Schutz der Türen und Tore vorgesehen sind, müssen Lagerflächen zur Verfügung stehen.

Für eine eindeutige Positionierung des Fahrsimulators auf der Fahrfläche wird ein Lidar System genutzt, welches eine ebene zur Fahrbahn senkrecht stehende umlaufende Begrenzungsfläche (ca. 0,8 bis 1,4 m hoch, möglichst lückenlos) benötigt, die nicht spiegelt (Dies kann bspw. durch die TECPRO Barriers realisiert werden).¹¹² Ferner wird der Eintritt in Sicherheitsfläche mittels einer Infrarotschranke detektiert,¹¹³ welche innerhalb der Fläche jedoch außerhalb der Fahrfläche des Regelbetriebs liegt.

¹¹¹ Änderung: Tore erhalten Betonabweiser, alle weiteren Lösungen sind mobil (bspw. Mittels TECPRO-barriers) zu gestalten

¹¹² Änderung Lidar- System ist Teil des Fahrsimulators und daher nicht Teil des Projektbudgets

¹¹³ Änderung: Umsetzung als mobile Lösungen

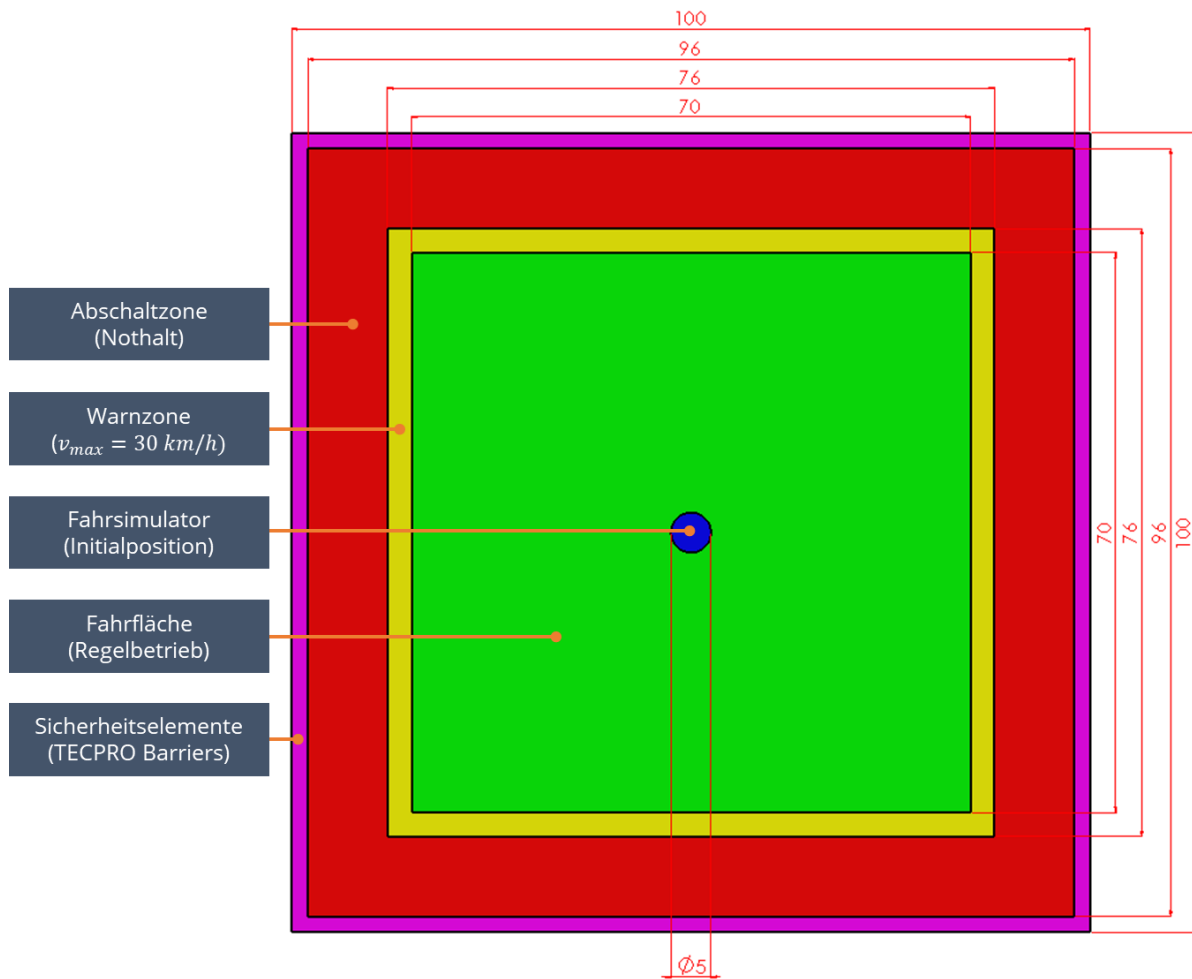


Abbildung 26: Fahrsimulatorfläche (Angaben in [m])

2.6.1.5 Parametrierung und Testversuche Dynamischer Fahrsimulator

- Der dynamische Fahrsimulator wird stetig weiterentwickelt. Hierbei stehen primär Änderung der Software und der Bewegungsansteuerung im Fokus. Im eingeschwungenen Betrieb teilt sich der Probandenbetrieb (inkl. Vorbereitung/Rüstung) zur Weiterentwicklung in etwa zu 75/25 auf.
- Der Ablauf hierzu beinhaltet die Unterabläufe für die Betriebsvor- bzw. -nachbereitung des dynamischen Fahrsimulators sowie das eigentliche Testen des Systems.
- Das eigentliche Testen des Systems lässt sich aufgrund derzeitig fehlender Erfahrungslage nicht genau beschreiben, wird aber im Kern dem regulären Fahrsimulatorbetrieb entsprechen.

2.6.1.6 Fahrversuche auf der Freifläche

Damit Deutschland als Vorreiter und internationaler Impulsgeber im Mobilitätssektor auch weiterhin eine führende Rolle übernehmen kann, sind strategische Ausrichtungen beim automatisierten und vernetzten Fahren (AVF) notwendig. Ein wichtiger Faktor ist die Sicherheit von AVF.

Um die Sicherheit von AVF während des Fahrzeugentwicklungsprozesses zu überprüfen, kommen heute als auch in Zukunft in der Homologation, Verbraucherschutztest und Fahrzeugvalidierung Realfahrversuche auf einer abgegrenzten Versuchsfläche zum Einsatz. Diese Realfahrversuche stellen an die dafür benötigte Freifläche unterschiedlichste Anforderungen und können heute in drei Kategorien eingeteilt werden. Diese stellen den Verkehr im urbanen Bereich, Landstraßen und auf Autobahnen dar. Je nach Betriebskonzept müssen andere Anforderungen erfüllt werden. Das SML soll sich vor allem auf AVF im Bereich des urbanen Verkehrs als auch teilweise der Landstraße konzentrieren. Nachfolgend werden diese Szenarien detailliert beschrieben.

Versuchsablauf Realfahrversuche

Betriebsvorbereitung, Durchführung und Nachbereitung über einen Arbeitstag:

- Anliefern von Versuchsfahrzeugen / Ausfahrt aus den Garagen
- Vorbereitung der Fahrzeuge in der Fahrzeugvorbereitung
 - Entnahme von Messmitteln, Messtechnik, aus Lagerraum/Lagerräumen
 - Anfertigen von Adaptern, Halterungen, Kabeln, Steckern usw. in mech./elektr. Werkstatt
- Vorbereitung zusätzlicher Szenarioteilnehmer
- Vorbereitung des Szenarios auf der Versuchsfläche (z.B. Kulissen)¹¹⁴
 - Kulissen/Targets/Lichtanlagen aus Lagerraum in Position bringen
 - Fahrbahnmarkierungen aufbringen, falls noch nicht vorhanden
 - Absperren/Absichern von Prüffläche
- Hochfahren des Leitstands und Aufbau einer stabilen Datenübertragung zwischen Leitstand und den Szenarioteilnehmern
- Sicht- und Funktionsprüfung aller Systeme (sowohl Leitstand als auch Fahrzeuge)
- Einlernen der Systeme
 - Gegebenenfalls zuvor Kalibrieren von Messtechnik in Werkstatt
- Anfahrt auf definierte Punkte auf der Versuchsfläche (Start des Szenarios)
- Durchführung Realfahrversuch
 - Gegebenenfalls Umbau des Versuchsfahrzeugs in Fahrzeugvorbereitung
 - Tanken/Laden Versuchsfahrzeug
 - Aufenthalt in Pausenräumen/Büros oder Verlassen des SML Geländes während Mittagspause durch Forscher/Testfahrer
- Abbau des Szenarios
 - Entfernen von Markierungen
- Herunterfahren des Leitstands
- Ausbau der Messtechnik aus den Fahrzeugen
- Einlagerung der Kulissen, Messtechnik etc.
- Abholung/Aufladen von Versuchsfahrzeugen / Abstellen in Garagen oder parken

Bürotätigkeiten

¹¹⁴ Änderung: Herstellung der Kulissen in Holwerkstatt, kein Projektbudget für Kulissen vorgesehen; ggf. Mitnutzung aufblasbarer Hindernisse (sh. IFL)

- Ständiger Sitzplatz von mindestens 2-3 Forschern und Entwicklern und 2-3 technischen Mitarbeitern
- Bürofläche für Studierende, welche studentische Arbeiten schreiben als auch Hilfstätigkeiten ausüben
- Nutzung zur Erstellung der Versuchsplanung, -durchführung und -auswertung
- Besprechungsräume zur Nutzung von Kundenterminen mit externen Personen in Präsenz und via Webkonferenz

Aufgaben des Versuchsgeländes

- Homologation von Fahrfunktionen
- Verbraucherschutztest (z.B. Euro NCAP und UN ECE)
- Fahrversuche zur Validierung von Simulationen (z.B. Fahrzeug- und Fahrermodelle)
- Sensorprüfung (z.B. Untersuchung Lidar- und Radarsensoren und dessen Auswirkung auf die Wirksamkeit von FAS/HAF)
- Fahrversuche zur Entwicklung von Fahrzeugmesstechnik

Art der Szenarien

- Kreuzungsszenarios mit/ohne Ampeln und WVZ

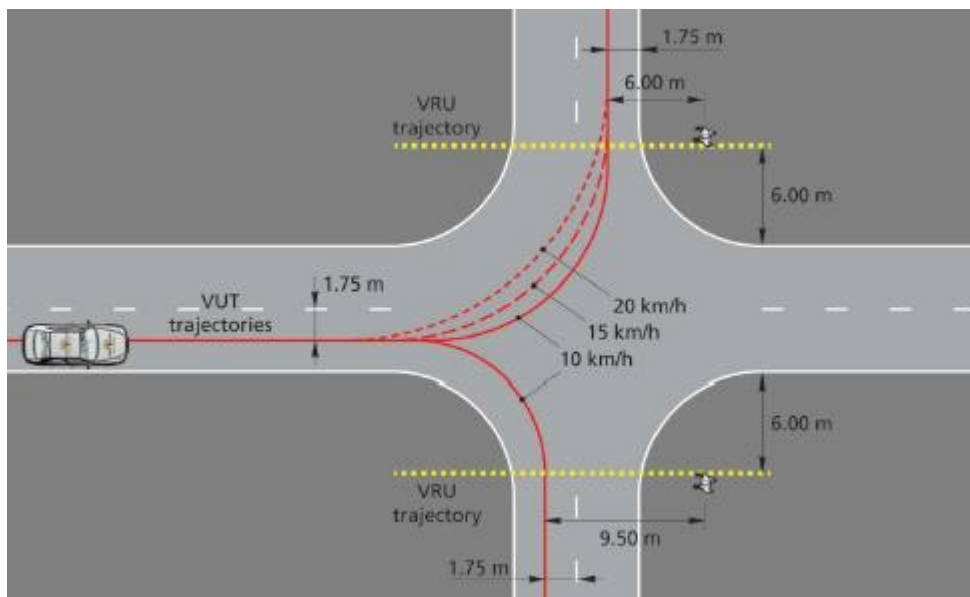


Abbildung 27: Versuchsaufbau Fahrzeug und kreuzender Fußgänger (Quelle Euro NCAP VRU)

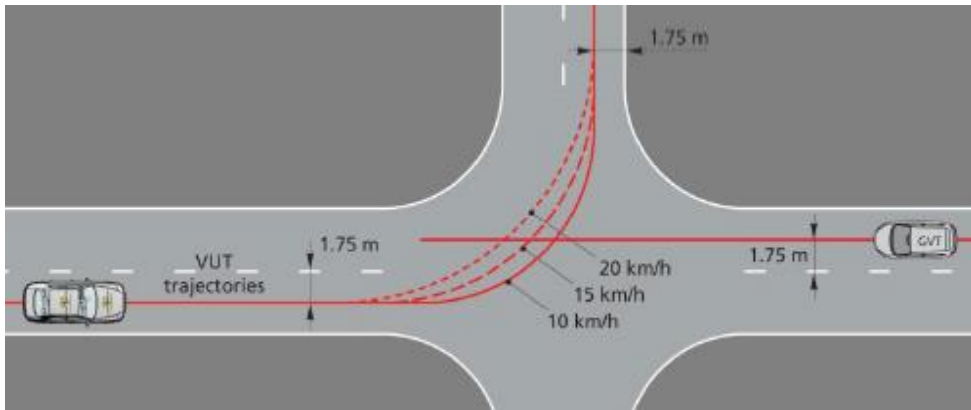


Abbildung 28: Versuchsaufbau Fahrzeug und kreuzendes Fahrzeug (Quelle: Euro NCAP C2C)

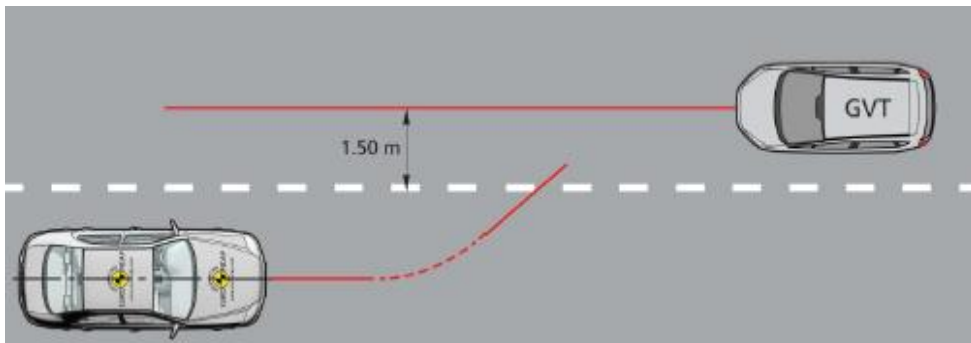


Abbildung 29: Versuchsaufbau Fahrzeug und entgegenkommendes Fahrzeug (Quelle: Euro NCAP LSS)

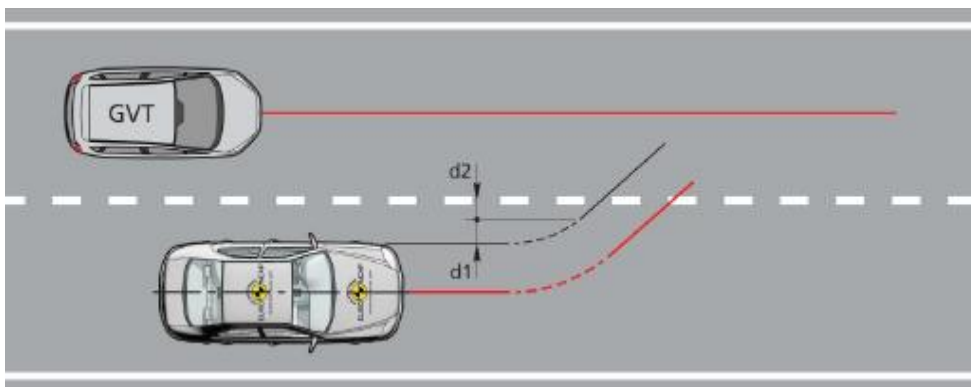


Abbildung 30: Versuchsaufbau Fahrzeug und überholendes Fahrzeug (Quelle: Euro NCAP LSS)

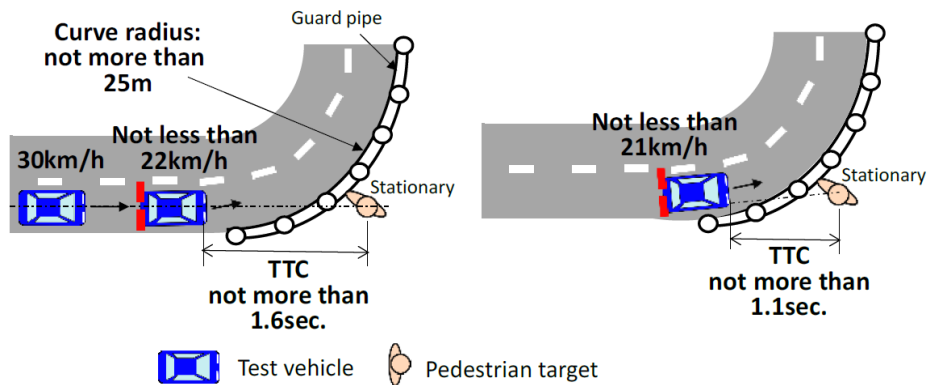


Abbildung 31: Versuchsaufbau UNECE R152 – False Reaction Scenario (Quelle: UNECE)



Abbildung 32: Versuchsaufbau Realszenarien mit mobilen Kulissenwänden, Ampeln etc. (Quelle: M-City)

- Spurwechsel auf einer zweispurigen Landstraße
- Fahrversuche im Kreisverkehr
- Doppelter Spurwechsel bis ca. 70 km/h
- Stationäre Kreisfahrt (Durchmesser ca. 70-80 m)
- Bremsen in der Kurve aus z.B. 80 km/h
- Parkieren

Planung von Szenarien

- Die Identifikation von Szenarien erfolgt in der Regel am Arbeitsplatz
- Szenarien werden durch eine separate Arbeitsgruppe zur Verfügung gestellt, welche sich mit dem Sammeln von Daten, Datenbanken und weiteren Methoden der Erzeugung einer Datenbasis beschäftigen.
- Datenbasis:
 - Homologationsvorschriften
 - Verbraucherschutztests: Vorschriften und Regularien z.B. Euro NCAP und UN-ECE
 - Verkehrsbeobachtung

- Fahrsimulator und Fahrsimulatorstudien
- Realfahrt
- Unfalldatenbanken
- Natürliche Fahrdaten
- Planung bezüglich Ressourcen des SML (Buchen von Streckenteilen, Räumen, Garagen, Messtechnik, ...)

Versuchsgelände

- Das Versuchsgelände gliedert sich in einen Innen- und einen Außenbereich. Der Innenbereich wird durch die Fahrsimulatorhalle dargestellt. Der Außenbereich gliedert sich in mehrere Teilbereiche:
 - Rundkurs um die Fahrsimulatorhalle mit lang- und kurzgezogenen Kurven mit zum Teil Sichtverdeckungen¹¹⁵
 - Freifläche auf der rechten Seite ca. 160m x 80m¹¹⁶
 - Zwei Ein- und Ausfahrten in Richtung Osten, um ein Ein- bzw. Ausfahren in die Fahrsimulatorhalle zu realisieren
 - Teilstück Landstraße mit Beleuchtung¹¹⁷
- Das Versuchsgelände ist ein in sich geschlossenes Gelände, welches in der Regel während des Versuchsbetriebes für niemanden zugänglich ist.¹¹⁸
- Die Planung und Überwachung des gesamten Versuchsbetriebes (indoor und outdoor) erfolgt zentral im Leitstand. Die Überwachung erfolgt mittels realen Positionsdaten der Szenarioteilnehmer auf einer Karte, sowie weiteren Kamerabildern (siehe Abbildung 32)

¹¹⁵ Änderung: Aufgrund des Gebäudezugangs/ der Eingangssituation ist ein vollständiger Rundkurs um das Gebäude aus Sicherheitsgründen nicht darstellbar

¹¹⁶ Änderung: Aufgrund Bauplanungsrechtlicher Bestimmungen sind maximal 75 x 75 m umsetzbar ggf. weniger. Es wird die maximal mögliche Fläche beplant.

¹¹⁷ Änderung: Lampenmasten stellen Flughindernisse dar. Die Anzahl wird so weit wie möglich reduziert.

¹¹⁸ Änderung: Abgesehen von den Leitplanken sind keine weiteren Umgrenzungen des Versuchsfelds vorgesehen



Abbildung 33: Überwachung des Versuchsfelds mit dem Leitstand (Quelle: M-City)

- Aufgrund des Versuches sind einzelne Versuchsflächen, Streckenabschnitte oder Ausgänge aus dem Gebäude zu sperren und mithilfe eines Lichtbalkens für Dritte zu kennzeichnen¹¹⁹
- Während der Durchführung kann auf der Versuchsfläche angehalten und aus dem Fahrzeug ausgestiegen werden.
- Ein zentraler Unterstand im Außenbereich sorgt dafür, dass die Versuchsfahrer für kurze Aufenthalte vor Wärme und Regen geschützt sind (Überprüfung Messtechnik, Klemmwechsel, Datenspeicherung, Fahrprogramme laden etc.). An diesem Unterstand sind Stromversorgung, WLAN und Sitzmöglichkeiten verfügbar.¹²⁰

Versuchsgelände

- Umbau des Versuchsträgers (z.B. Vehicle under Test) in der Fahrzeugvorbereitung
 - Ausstattung ähnlich einer normalen Fahrzeugwerkstatt mit Hebebühne, Ölabscheider, Werkstattwagen
 - Veränderung der Fahrzeugkonfiguration (z.B. Austausch oder Umbau von Fahrzeugkomponenten (z.B. Reifen, Querlenker) oder Fahrzeugsystemen (z.B. Achsen))
 - Einbau Lenk-, Brems- und Gasroboter
 - Einbau INS-System (Inertialmesssystem)
- Konfiguration und Vorbereitung der Versuchsträger (z.B. Aufbau der selbstfahrenden Targets, Einbau der Funktechnik zur Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Targets)
- Aufbau des Szenarios (z.B. Aufbau von Kulissen, Straßenmarkierungen)
 - Transportfahrzeug mit Ladefläche zum schnellen Transport zwischen Lagerraum und Versuchsfeld
- Positionierung der Szenarioteilnehmer und Einlernen der unterschiedlichen Trajektorien bzw. Bewegungsabläufe z.B. Abfahren von x- und y-Koordinaten (siehe Abbildung

¹¹⁹ Änderung: stattdessen wird eine Überwachung der Türanlagen vorgesehen

¹²⁰ Änderung: Umsetzung als mobile Containerlösung



Abbildung 34: Kreuzungsszenario mit individueller Straßenmarkierung (Quelle: 4activeSystems)

- Vortests des Versuchsablaufs (z.B. Kontrolle der Sollgeschwindigkeiten und Bewegungsabläufe)
- Die reine Versuchsvorbereitung pro Szenario kann je nach Komplexität des Szenarios und der Anzahl der Szenarioteilnehmer 3-4 h bis zu 2 Tage andauern.
- Versuchsdurchführung
 - In einem Szenario sind in der Regel mehrere Szenarioteilnehmer involviert (z.B. das zu testende Fahrzeug, Targets (Fußgänger, Radfahrer, Motorradfahrer, Tiere))
 - Der Versuch wird über einen Leitstand überwacht. Durch die zentrale Position des Leitstands kann das gesamte Versuchsfeld überblickt werden. Zusätzliche Kameras helfen, um weitere Details während der Versuchsdurchführung vom Leitstand sichtbar zu machen.
 - In Unterstand im Außenbereich ist ebenfalls Testpersonal präsent zur zusätzlichen Beobachtung und für schnelle Eingriffe (Feuerlöscher!)
 - Durch eine WLAN-Datenübertragung werden alle Steuerungs- und Fahrzeugdaten an den Leitstand übertragen. Durch vorher festgelegte Randbedingungen ist der Leitstand in der Lage den Versuch jederzeit abubrechen. ¹²¹
 - Neben den einzelnen Messdatenerfassungssystemen in den Fahrzeugen werden die Versuche durch breitgefächerte Kameratechnik (Stationär und dynamisch) festgehalten. ¹²²
 - Alle Daten müssen zur späteren Versuchsauswertung auf einem Server abgelegt werden. ¹²³

¹²¹ Änderung: Der Leitstand kann über eine Lautsprecheranlage Kommandos zum Abbruch geben.

¹²² Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

¹²³ Änderung in Abstimmung mit dem ZIH erfolgt nur die Errichtung von Datenverteilschränken und die Aufschaltung auf die Zentralen Server in Dresden. Weitere Server sind Sache der Institute und nicht Teil des Projektbudgets.

- Um einen möglichst offenen Datenaustausch auch für Dritte zu gewährleisten, ist eine API-Schnittstelle angestrebt.
- Nach dem Versuch werden die Fahrzeuge entweder in der Fahrzeugvorbereitung abgerüstet oder aufgrund der preisintensiven Messtechnik in der Garage abgestellt.
- Serienversuchsfahrzeuge können auf dem abgesperrten Gelände im Freien abgestellt werden (ohne Messtechnik)¹²⁴
- Prototypenfahrzeuge müssen in einem abgeschlossenen Raum untergebracht werden¹²⁵
- Versuchsauswertung
 - Die Versuchsauswertung erfolgt in der Regel nach dem Versuch. Dazu werden die Daten vom Server geladen und an die entsprechenden Mitarbeiter weitergeleitet.
 - Wenn Versuche direkt auf dem Versuchsfeld ausgewertet werden müssen, geschieht dies nicht über den Zentralen Messdatenserver des Leitstands bzw. SML
- Wartungs- und Reparaturarbeiten
 - Wartungsarbeiten an Fahrzeugen und Targets erfolgen in der Fahrzeugvorbereitung oder in den jeweiligen Garagen¹²⁶
 - Dafür werden mehrere Werkstattwagen mit der gleichen Grundausstattung benötigt
 - Umbau, Anpassung und Erstellung von unterschiedlichen Kulissenleinwänden zur Nutzung auf dem Versuchsgelände
- Lagerung von Material
 - Unterbringung und Lagerung von Targets
 - Unterbringung und Lagerung von Messtechnik
 - Unterbringung, Lagerung von Kulissen, mobilen Wechselverkehrszeichen, Ampeln, etc.
 - Farben/Folien für Markierungen

2.6.1.7 Fahrversuche in der Versuchshalle

Die Halle soll ebenfalls für Fahrversuche genutzt werden. Die Beschreibungen des Kapitels 2.6.1.6 können auf diese Art von Versuchen übertragen werden. In der Halle sollen Verkehrs- und/oder Umfeldsituationen (Szenarien) gezielt nachgestellt werden. Durch die vor Witterungseinflüssen geschützten Versuchsaufbauten ergeben sich Vorteile hinsichtlich der Versuchsvorbereitung, -durchführung und Reproduzierbarkeit. Die Halle soll mit Pkws bis 3,5 t zulässiger Gesamtmasse mit maximal 100 km/h befahren werden.¹²⁷ Die Befahrung mit Nutzfahrzeugen (bis 7,5 t) soll ebenfalls (mit geringerer Geschwindigkeit) gewährleistet werden.¹²⁸

In der Versuchshalle soll zu diesem Zweck eine Versuchs- und Beobachtungsfläche (Point of Interest, vgl. Abbildung 35) mit einem Durchmesser von mindestens 30 m eingerichtet werden. Diese ist mit Hochgeschwindigkeitskameras und kontinuierlicher Beleuchtung (kein Flackern bei Hochgeschwindigkeitsaufnahmen) in großer Beleuchtungsstärke (ähnlich einer Crash-Test-Anlage) auszustatten. Zudem wird Projektionstechnik für dynamische Bodenmarkierungen benötigt.

¹²⁴ Änderung: nur in Absprache mit den übrigen Nutzern

¹²⁵ Änderung: Die Nutzung und damit die Belegung der Garagen ist organisatorisch zu lösen.

¹²⁶ Änderung: gilt auch für die Fahrzeugreinigung; Waschplatz in der Fahrzeugvorbereitung vorgesehen

¹²⁷ Änderung: In der Halle sind maximal 70 km/h zugelassen.

¹²⁸ Änderung: In der Halle sind für Fahrzeuge > 3,5 t bis 7,5 t mit 30km/h zulässig.

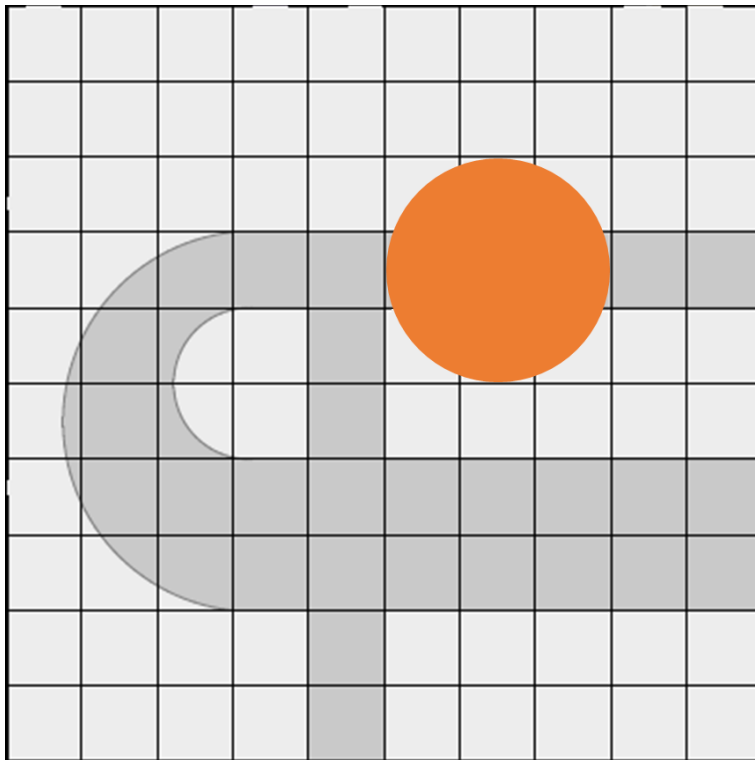


Abbildung 35: Versuchs und Beobachtungsläche in der Versuchshalle

2.6.2 LKT- Arbeitsabläufe und Prozesse

2.6.2.1 Allgemeines

- Reinigung der Fahrflächen (Es ist eine regelmäßige Reinigung der Fahrflächen innen und außen jeweils vor der Versuchsdurchführung erforderlich. Dazu soll eine Kehrmaschine am SML stationiert sein.);¹²⁹ Reinigung der Probandenräume, Reinigung der Arbeitsräume
- Testen/ Einstellen/ Parametrieren des Fahrsimulators; Nutzung der vollständigen Fahrfläche für solche Fälle in ca. 50 -75 Tagen pro Jahr
- Auf-/Abbau des dynamischen Fahrsimulators (Deckenkran mit mindestens 8 m Hakenhöhe wird benötigt), ca. 3-mal pro Jahr
- Ein-/Ausbau des Mockup dynamischer sowie statischer Simulator
- Allgemeine Bürotätigkeiten von mehr als 5 Mitarbeitern
- Besucher/ Drittfirmen werden regelmäßig den Fahrsimulator und zugehörige Räume besuchen
- Durchführung von Praktika (ca. 10 – 15 Studenten)
- Anreise der Probanden durch private Pkw oder Shuttle Busse (Parkplätze und Lademöglichkeiten sind vorzusehen)

2.6.2.2 Ablauf Systembetrieb – Personal

¹²⁹ Änderung: Vergabe ggf. an eine externe Firma, da die Entsorgung des Kehrguts nicht vorgesehen ist.

- Aufenthalt des Studien- und Betriebspersonals, wenn nicht wie im Probandenbetrieb bereits beschrieben, größtenteils im Leitstand für dynamischen Fahrsimulator und dem Betriebsraum des statischen Fahrsimulators oder in der Garage
- Sporadische Zwischenwege zu Küche/Aufenthaltsraum, Lager, Toiletten sowie zur Kontrolle/Aufbereitung der Warteräume und des Vor-/Nachbereitungsraums
- Sporadische Zwischenwege zu Büroräumlichkeiten sowie ggf. Konferenzraum SML etc. notwendig

2.6.2.3 Fehlerfall dynamischer Fahrsimulator im dynamischen Betrieb

- Stillstand des Simulators auf einem beliebigen Punkt
- Ein Mitarbeiter verbleibt im Leitstand
- Ein anderer Mitarbeiter begibt sich schnellstmöglich zum Zustiegsfahrzeug in der Garage
- Zustiegsfahrzeug wird schnellst möglich zum Fahrsimulator auf der Fahrfläche gefahren
- Proband wird geborgen und mittels Zustiegsfahrzeug zur Garage gebracht
- Proband wird in Warteraum gebracht
- Fehler am Simulator wird diagnostiziert
- Ggf. muss der Fahrsimulator mittels Stapler in die Garage geschleppt werden

2.6.2.4 Wartungsarbeiten dynamischer Fahrsimulator

- Reifenwechsel
 - Fahrsimulator steht in Garage
 - Fahrsimulator wird spannungsfrei geschaltet
 - Radgondel des Simulators wird mittels Gabelstaplers oder Deckenkran angehoben
 - Radgondel wird mittels Unterstellböcke arretiert
 - Rad wird abgenommen
 - Neuer Reifen wird aus Lager geholt
 - Reifen und Rad werden zur Radwechsel- und Wuchtmaschine gebracht
 - Reifen wird gewechselt
 - Rad wird wieder an Simulator angebracht
 - Simulatorgondel wird mittels Stapler oder Deckenkran abgelassen
 - Altreifen wird entsorgt
 - Ggf. gleicher Vorgang bei den restlichen 3 Rädern
- Wechsel / Lagerung der Akkumulatoren
 - Fahrsimulator steht in Garage
 - Fahrsimulator wird spannungsfrei geschaltet
 - Akkutransportwagen wird an Simulator herangerollt
 - Akku wird entnommen und auf Transportwagen platziert
- Reinigung
 - Fahrsimulator steht in Garage
 - Fahrsimulator wird spannungsfrei geschaltet
 - Reinigung innen (Staubsaugen, Wischen) findet statt
 - Reinigung außen (Lange Lanze mit feuchten Bürstenkopf) findet statt
- Allgemeine Systemtests

2.6.2.5 Sonderabläufe

- Einbau eines alternativen Mockups (statischer sowie dynamischer Simulator)
 - Statischer Simulator: Das Testfahrzeug wird aus dem Raum des statischen Simulators entfernt und das neue Fahrzeug eingebracht. Hier handelt es sich jeweils um komplette, handelsübliche Pkw.¹³⁰
 - Die An- und Ablieferung erfolgt mittels eines Pkw-Transporters.
 - Dynamischer Fahrsimulator: Das Mockup wird aus dem Dome des Simulators demontiert. Dies erfolgt mit einem Radlader oder Gabelstapler mit langen Kufen. Hierzu wird der Simulator auf eine lichte Stelle bewegt (entweder Fahrfläche oder Garage mit Domeöffnung zum Tor), dass dem Stapler ausreichend Raum zum Manövrieren zur Verfügung steht. Anschließend wird das alte Mockup ausgebaut; auf ein Transportgestell gestellt und zum Transporter bewegt. Der Einbau geschieht Vice-Versa.¹³¹
- Verschiffung des dynamischen Simulators
 - Der Simulator muss demontiert werden – hierzu wird mittels Deckenkran der Dome von der Bewegungsplattform abgenommen.
 - Anschließend erfolgt die Verpackung des Simulators und des Domes in die Transportkisten, welche hierzu aus dem Lager geholt werden müssen.
 - Die Verpackung selber muss mithilfe eines Deckenkrans oder alternativen Kransystems auf einer lichten Fläche (z. B. Bewegungsfläche) mit einer Fläche von min. 15 x 15 m erfolgen
 - Die Domekiste; Fahrsimulatorkiste; 20ft Leitstand; Peripherie werden auf mehrere Lkws verladen und abtransportiert
 - Der Aufbau erfolgt Vice-Versa

2.6.3 LKT- Organisatorische Gliederung

- Anzahl der anwesenden Personen:
 - Mitarbeiter: min. 2; max. 6 (Arbeit in Gruppen)
 - Probanden: 0 – 10 Probanden zeitgleich
- Anwesenheitszeit:
 - Mitarbeiter: ca. 200 Tage pro Jahr
 - Probanden: ca. 100 Tage pro Jahr (Anwesenheit Externer)
- Besucher: ca. 40 Tage pro Jahr (Anwesenheit Externer)

¹³⁰ Änderung: Die Einbringöffnung wurde gemäß dieser Vorgabe dimensioniert.

¹³¹ Änderung: Nutzung der mechanischen Werkstatt

2.7 Professur für Prozessmodellierung für vernetzte technische Systeme (PMVTS)

2.7.1 PMVTS- Forschungsthemen

Die Professur für Prozessmodellierung für vernetzte technische Systeme (PMVTS) fokussiert ihre Forschungstätigkeit im SML auf die Untersuchung kooperativer vernetzter Fahrzeuge, insbesondere im Hinblick auf deren Sicherheit. Die Erforschung verschiedener Aspekte kooperativer Fahrzeuge und die Validierung der Gesamtsysteme erfordert einerseits eine exakte Spezifikation über deren Sollverhalten, insbesondere in kritischen Situationen, was aufgrund der Vielfalt der in der Realität auftretenden Situationen eine komplexe Angelegenheit ist. Andererseits müssen die zu evaluierenden Teil- und Gesamtsysteme im Rahmen der Leistungsbewertung bis hin zur Zulassung in möglichst vielen dieser Situationen auch praktisch überprüft werden.

Dazu bedarf es flexibler Versuchsflächen, die groß genug für derartige Untersuchungen sind. So müssen auf der verfügbaren Fläche die nötigen Geschwindigkeiten, Abstände und Verschattungscharakteristika erreichbar sein.

Fahrzeugkolonnen (Platoons) fahren typischerweise auf langen Strecken mit wenigen Kurven, z.B. auf Autobahnen. Für einen realitätsnahen Test dieser Situationen ist daher eine lange, zusammenhängende Strecke mit wenigen Kurven bzw. einem möglichst großen Kurvenradius am geeignetsten. Da die verfügbaren Flächen am geplanten Standort Schwarzkollm dies nicht zulassen, sollen derartige Versuche auf zweierlei Weise durchgeführt werden:

- Einbeziehung des Lausitzrings (EuroSpeedway Lausitz)
- Versuche mit Fahren „im Kreis“ bei reduzierter Geschwindigkeit (mehrfaches Durchfahren derselben Strecke ohne anzuhalten oder zu wenden, Dauer der Versuche zwischen 5 Minuten und einer Stunde)

Für Fahrten „im Kreis“ muss der Radius so groß wie möglich sein. Dies hat verschiedene Gründe:

- je größer der Radius, desto schneller kann gefahren werden, ohne dass die Fahrzeuge eine gefährliche Fahrdynamik annehmen, was für die Realitätsnähe der Tests von hoher Wichtigkeit ist
- je größer der Radius, desto länger ist der Kreisumfang, und desto mehr Fahrzeuge können ins Platoon aufgenommen werden, was v.a. bei Versuchen zum Aufteilen längerer Platoons wichtig ist
- je größer der Radius, desto größer sind die verwendbaren Fahrzeuge, was wichtig ist, weil Platooning insbesondere bei großen Lastkraftwagen Einsatz findet (z.B. 40-Tonner Mercedes-Benz Actros)
- Kurvenfahrten erzeugen immer auch eine größere Abweichung der Fahrzeuge untereinander in lateraler Richtung (d.h. quer zur Fahrtrichtung), was indirekt auch Einfluss auf die longitudinale Positionsregelung hat

Neben einer **zusammenhängenden Strecke** für z.B. Platoon-Versuche ist am SML zudem eine größere asphaltierte „**Dynamikfläche**“ vorgesehen, die auch für die Simulation innerstädtischer Verkehrssituationen gedacht ist. Auf dieser sollen daher Fahrbahnmarkierungen reversibel und

mit wenig Aufwand simuliert werden können, z.B. per Projektion oder mit Leuchtkörpern im Boden. Sollte das nicht umsetzbar sein, können diese Versuche als Notlösung auch im Innenbereich passieren, sofern Markierungen dort möglich sind. Auch sicht- und (sofern möglich) funkundurchlässige Trennwände sollen auf der Dynamikfläche aufgestellt werden können. Dafür sollen die im Betriebskonzept des IFL näher beschriebenen aufblasbaren Objekte benutzt werden, welche für ihre Aufhängung im Innenbereich Traversen erfordern und für die Aufstellung im Außenbereich Wasseranschlüsse zum Befüllen der Gewichte. Zudem wird für die Aufbewahrung dieser „Kulissen“ das im Betriebskonzept des IFL beschriebene Lager benötigt, das mit einem Stapler befahrbar sein soll. Die Aufhängung der Objekte im Innenbereich soll den Lastenkrane (der vom PMVTS außer ggf. zur Aufhängung der Objekte nicht benötigt wird) nicht behindern.¹³² Beide Flächen sollen mit Fahrzeugen bis zu 40 Tonnen belastbar sein. Es bestehen keine besonderen Anforderungen an die Beschaffenheit des Belags, er sollte aber dem realer Straßen in etwa entsprechen (keine extreme Glätte, kein extremer Rollwiderstand), damit einerseits Testfahrer gefühlsmäßig wie auf einer Straße (oder einem Parkplatz) fahren können und auch für die Regelung autonomer Fahrzeuge keine SML-spezifischen Besonderheiten implementiert werden müssen. Auf der vom LKT geplanten **Beschleunigungsstrecke** sollen auch von PMVTS Versuche mit Geschwindigkeiten bis zu 100km/h erfolgen, an den anderen Orten liegen die Geschwindigkeiten niedriger (bis maximal 50km/h, im Kurvenbereich bis maximal 30km/h). Zudem sollen auch im **Innenraum** Fahrversuche stattfinden können,¹³³ wozu der Innenraum zum Außenbereich hin so verbunden sein soll, dass Fahrzeuge ungehindert und ohne anzuhalten zwischen dem Innen- und Außenbereich wechseln können (Torhöhe mindestens 4 Meter, Torbreite mindestens 3 Meter). Zusammengenommen ermöglicht dies also die Nutzung von kombiniertem Innen- und Außenbereich oder dem Außenbereich allein. Es ist wichtig, dass **im Außenbereich allein auch eine geschlossene Kreisbahn** realisiert werden kann, weil der Innenbereich durch die hohe Auslastung durch LKT, IFL und andere Lehrstühle von PMVTS voraussichtlich nur wenige Tage im Jahr genutzt werden kann. Alle Fahrflächen sollen so umbaut sein, dass im Fall eines außer Kontrolle geratenden Fahrzeugs Personen nicht gefährdet werden, insbesondere Personen außerhalb des Geländes und solche Personen im Innenbereich (Büroräume), die über die aktuell stattfindenden Versuche nicht informiert sind. Dasselbe gilt im Falle einer Kollision zwischen Fahrzeugen oder einem in Brand geratenden Fahrzeugs, wobei diese Fälle äußerst unwahrscheinlich sind. Man kann sie bei Versuchen mit autonomen Fahrzeugen, die noch nicht die Serienreife erlangt haben, jedoch nicht völlig ausschließen. Insbesondere Ausgänge bzw. Ausfahrten aus Innenräumen, die nicht Teil der Versuchsstrecke selbst sind, sollen deshalb mit ausreichend Sicherheitsabstand zu Versuchsstrecke und -fläche gestaltet sein. **Entlang von Fahrbahn und Dynamikfläche** sollen zudem über z.B. Bodentanks **Strom und Netzwerkanschluss** aus einem Kabelschacht zur Verfügung stehen.¹³⁴ Es ist wünschenswert, dass man von jedem Punkt der Fahrbahn aus in maximal 20m Entfernung einen Zugangspunkt (z.B. Bodentank) zu Strom und Netzwerk vorfindet;¹³⁵ beispielsweise, um an jedem beliebigen Punkt mit vertretbarem Aufwand Road Side Units aufbauen zu können (z.B. UPS-APLP4F-A20-0432 UP

¹³² Änderung: In der Halle ist kein Deckenkrane vorgesehen.

¹³³ Änderung: In der Halle sind maximal 70 km/h zugelassen.

¹³⁴ Änderung: Parallel zur Fahrbahn und zu Versuchsfläche sind an den Leitplanken die erforderlichen Leitungen mit den Anschlüssen vorgesehen.

¹³⁵ Änderung: vorgesehen sind Strom- und Datenanschlusspunkte aller 25m und Kraftstromanschlüsse aller 50m

Squared Board mit bis zu 8 angeschlossenen Antennen).¹³⁶ Das Netzwerk soll eine direkte Verbindung zum Büronetzwerk haben, damit ein Zugriff auf dieselben Server möglich ist, um Messdaten direkt in die entsprechenden Datenbanken einspeisen zu können. Zwecks Sicherheit soll auch an jedem Punkt der Außenfläche eine **Warnanlage** sicht- und hörbar sein (z.B. Rundumleuchte und Lautsprecher), um bei Fahrversuchen mit autonomen Fahrzeugen ungeplant auftretende Personen zu warnen. Es soll nicht möglich sein, von einem Gebäude oder dem Besucher- und Parkplatzbereich aus die Fahrbahn zu betreten ohne eine solche Warnanlage in unmittelbarer Nähe passieren zu müssen. Eine Gegensprechanlage, über welche Personen an zentralen Punkten der Versuchsstrecke (im Innen- und Außenbereich) mit dem Leitstand eine Verbindung aufnehmen können, wäre optional schön, kann zwecks Kosteneinsparungen aber auch fehlen.¹³⁷ Der Fahrbereich benötigt durchgängig 5G- und GPS-/Galileo-Versorgung, wobei 5G aus einem eigenen Campus-Netz verfügbar sein soll. Innen- und Außenbereich sollen auch für Versuche mit **Drohnen** (konzeptuell: Quadcopter unter 1m Durchmesser) genutzt werden. Im Innenbereich ist dazu eine ausreichende lichte Höhe und ein Traversensystem zur Anbringung von z.B. Hindernissen oder Fangnetzen wichtig. Die Fesseln, die vom IFL für deren Drohnen geplant werden, sollen mit genutzt werden, soweit sie allen SML-Lehrstühlen zur Verfügung stehen.

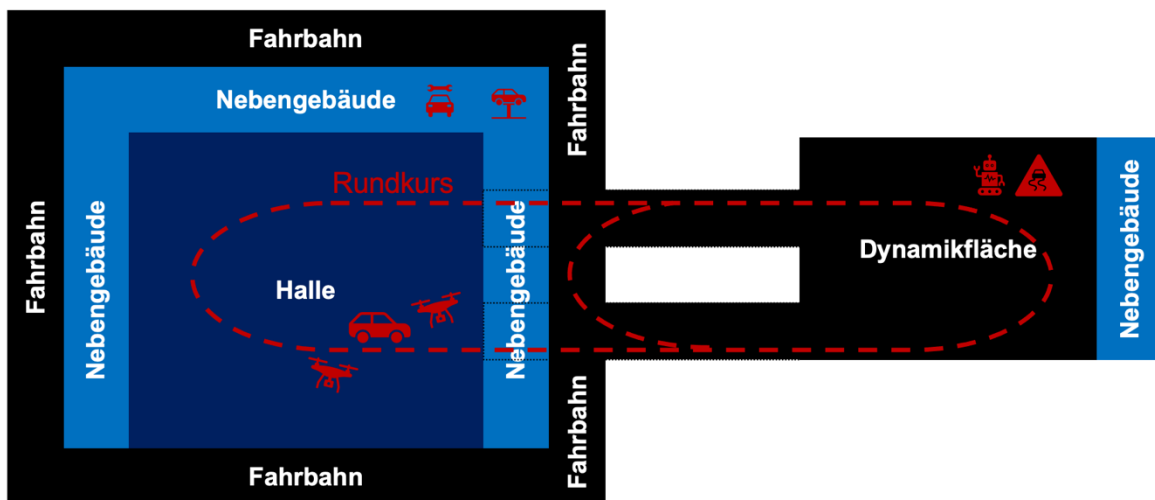


Abbildung 36: Skizze: Versuchsfächen

Vorgesehen ist weiterhin ein **Leitstand**, von welchem die Fahrversuche überwacht werden können. Von diesem aus soll mindestens die ganze Außenfläche mit Ausnahme der Umfahrung des Hauptgebäudes einsehbar sein.¹³⁸ Das bedeutet, dass eine ovale Fahrfläche für Kolonnenfahrten (Platooning) und die Dynamikfahrfläche komplett einsehbar sein sollen. Wenn möglich, sollten auch die Innenbereiche einsehbar sein oder Teile der Umfahrung, ggf. auch mit Außenkameras. Sollte der Innenbereich mit Trennwänden längerfristig in Bereiche aufgeteilt werden (z.B. zwecks Abtrennung der Bereiche für LKT und IFL), wird vom Leitstand aus mindestens Sicht auf die Fahr-

¹³⁶ Änderung: Road Side Units sind spezifisch für den Forschungsauftrag und daher nicht teil des Projektbudgets sondern im jeweiligen Forschungsset abzubilden.

¹³⁷ Änderung: Gegensprechanlagen sind im Außenbereich nicht vorgesehen.

¹³⁸ Änderung: Aufgrund des Gebäudezugangs/ der Eingangssituation ist ein vollständiger Rundkurs um das Gebäude aus Sicherheitsgründen nicht darstellbar.

bahn, die mit dem Außenbereich verbunden ist, und auf den Bereich mit den aufblasbaren Hindernissen benötigt. Diese beiden genannten Bereiche können identisch oder überlappend sein. Da Versuche auch bei Nacht durchgeführt werden können sollen, ist für ausreichende Beleuchtung im Außenbereich zu sorgen. Der Leitstand soll erhöht sein, einerseits zur besseren Sicht auf die Fahrfläche, aber auch zum Schutz der Personen und Technik vor ggf. außer Kontrolle geratenen Fahrzeugen auf der Fahrfläche. Trotz der Erhöhung soll er barrierefrei zugänglich sein. Der Leitstand soll zum Teil überdacht und auf mindestens 10°C heizbar sein, um auch bei widrigen Wetterbedingungen nutzbar zu sein.¹³⁹ Er soll auch abschließbar sein, um Technik vorübergehend dort stehen lassen zu können. Der Leitstand soll mindestens 8 Netzwerk-Anschlüsse (LAN) und 16 Steckdosen enthalten, im ganzen Raum verteilt, aber u.a. besonders dort vorhanden, wo man den besten Blick auf die Fahrflächen hat. Die Fenster zwischen Leitstand und Fahrfläche sollen möglichst großformatig sein, sodass auch mehrere Personen gleichzeitig im Sitzen den Großteil der Fahrfläche einsehen können.

Typische Anforderungen an vernetzte und autonome Fahrzeuge, die auf den beschriebenen Flächen überprüft werden sollten, sind z.B.:

2.7.1.1 Kollisionsvermeidung

- korrekte Vermeidung von Kollisionen, die durch kooperatives Fahren vermeidbar sind (z.B. automatische Notbremsung basierend auf den versendeten Positionsdaten der Fahrzeuge)

Versuchsaufbau

Beispiel: auf der Dynamikfläche fahren zwei autonome PKWs im rechten Winkel auf denselben Punkt zu. Die Sicht zwischen ihnen ist durch aufblasbare Hindernisse, welche Gebäude simulieren, blockiert. Es wird geprüft, dass durch Car2x-Kommunikation eine Kollision vorausgesehen wird und in den Fahrzeugen eine Warnung ausgegeben und anschließend eine Notbremsung eingeleitet wird. Der Versuch wird 100-mal unter verschiedenen Bedingungen (Abstände, Geschwindigkeiten, Hindernisse) wiederholt.

Vor Versuchsbeginn fahren die Fahrer die Fahrzeuge mit Schrittgeschwindigkeit aus der Garage auf die Dynamikfläche. Ebenso fahren sie die Fahrzeuge nach den Versuchen wieder in die Garage. Während des Versuchs ist eine mobile RSU am Streckenrand aufgestellt, welche die von den Fahrzeugen versendeten Nachrichten empfängt und über den Netzwerkanschluss eines der Bordantennens in einen Server im Serverraum/Labor überträgt,¹⁴⁰ damit sie nach dem Versuch ausgewertet werden können. Vom Leitstand aus wird der Versuch optisch überwacht und mit einem PC die korrekte Datenaufzeichnung geprüft.

Sicherheitsaspekte

Im Worst Case kann es zu einer Kollision zwischen den Versuchsfahrzeugen kommen. Das wird durch stufenweise Steigerung der Versuchsbedingungen (Geschwindigkeit von 10 km/h bis 50

¹³⁹ Änderung: Der Beobachtungscontainer ist voll ausgestattet. Die erhöhte Anordnung erfolgt durch Position im Gelände.

¹⁴⁰ Änderung in Abstimmung mit dem ZIH erfolgt nur die Errichtung von Datenverteilschränken und die Aufschaltung auf die Zentralen Server in Dresden. Weitere Server sind Sache der Institute und nicht Teil des Projektbudgets.

km/h, Sichtweitenreduzierung usw.) möglichst ohne Schaden erkannt. Kommt es doch zu einer Kollision, ist durch die Positionierung der beteiligten Menschen auf dem erhöhten Leitstand sichergestellt, dass keine Menschen verletzt werden. Die akustische und optische Warnanlage ist während des ganzen Versuchs eingeschaltet, um Unbeteiligte zu warnen, insbesondere bevor sie die Fahrbahn betreten können.¹⁴¹

2.7.1.2 Ausfall der Kommunikation

- spezifikationsgemäße Reaktion bei Ausfall der Kommunikation spezifischer Dauer

Versuchsaufbau

Beispiel 1: 8 LKW fahren auf der längsten zusammenhängenden Strecke des SML (bevorzugt um das Hautgebäude herum) in einer Kolonne mit einer Geschwindigkeit von bis zu 50km/h (an Kurven weniger). Durch die Abstände und Verschattungen durch das Gebäude kommt es zu Nachrichtenverlusten bei der Kommunikation zwischen den Fahrzeugen. Es wird aufgezeichnet, wie häufig die Nachrichtenverluste sind, an welchen Positionen sie auftreten und welchen Einfluss das auf die Abstandsregelung hat.

Beispiel 2: Eine Kolonne von 5 Kleinbussen fährt auf der ovalen Kreisbahn, welche die Beschleunigungsstrecke beinhaltet, mit bis zu 100km/h. Die Fahrzeuge fahren 100 Runden im Kreis. Zwischenzeitlich wird die Car2x-Kommunikation deaktiviert. Es wird geprüft, dass die Fahrzeuge sofort auf eine Abstandsregelung basierend auf ihren eingebauten Sensoren umschalten und eine entsprechende Meldung ausgeben.

Sicherheitsaspekte

Derartige Versuche werden mit einem Sicherheitsabstand durchgeführt, der Kollisionen weitgehend ausschließt. Sollte ein Fahrzeug außer Kontrolle geraten (geplatzter Reifen, gesundheitliche Probleme eines Fahrenden, Fehler im Steuerungsalgorithmus o.ä.) wird das Fahrzeug durch Leitplanken daran gehindert, Menschen zu verletzen oder Gebäude zu beschädigen. Die akustische und optische Warnanlage ist während des ganzen Versuchs eingeschaltet, um Unbeteiligte zu warnen, insbesondere bevor sie die Fahrbahn betreten können.

2.7.1.3 Abstandsregelung im Kolonnenfahrversuch

- korrektes Verhalten von Abstandsreglern beim vernetzten Kolonnenfahren (Platooning, CACC)

Versuchsaufbau

Beispiel: Eine Kolonne von 10 teilweise autonom fahrenden Wohnmobilen fährt mit wechselnder Geschwindigkeit für 60 Minuten auf der längsten zusammenhängenden Strecke des SML. Es wird geprüft, dass sich der Abstand zwischen den Fahrzeugen geschwindigkeitsabhängig entsprechend der vorgegebenen „Spacing Policy“ verändert und dass es nicht zum „Schwingen“ der hinteren Fahrzeuge kommt (Kolonnenstabilität, String Stability)

¹⁴¹ Änderung: Vorgesehen sind Blitzleuchten, die bei Türöffnung blitzen, die akustische Warnung erfolgt über Ansprache durch den Leitstand

Sicherheitsaspekte

Da sich in diesen Fahrzeugen Menschen befinden, werden die Versuche abgebrochen, sobald ein kritischer Mindestabstand zwischen zwei Fahrzeugen unterschritten wird. Auch hier wird mit steigender Geschwindigkeit gearbeitet, um ein Fehlverhalten schon bei möglichst niedriger Geschwindigkeit erkennen zu können. Verletzte Personen durch Lenkfehler werden durch die Leitplanken vermieden. Die akustische und optische Warnanlage ist während des ganzen Versuchs eingeschaltet, um Unbeteiligte zu warnen, insbesondere bevor sie die Fahrbahn betreten können.

2.7.1.4 Zusammenführen und Auflösen von Kolonnen

- korrektes Zusammenführen und Auflösen von vernetzten Fahrzeugkolonnen (Platoons), sowohl einzelne Fahrzeuge als auch Teilplatoons betreffend

Versuchsaufbau

Beispiel: Ein PKW fährt auf der ovalen Kreisbahn mit Zugang zum Innenbereich mit einer Geschwindigkeit von 30 bis 100km/h je nach Position. Ein zweiter PKW nähert sich von hinten, schließt auf, bildet mit dem ersten Fahrzeug eine Kolonne und wird ab da automatisch auf einen bestimmten Abstand geregelt. Ein drittes Fahrzeug nähert sich von hinten und wird der Kolonne hinzugefügt. Auf der mehrspurigen Geraden fährt ein viertes Fahrzeug neben die Kolonne, diese teilt sich und lässt das vierte Fahrzeug einscheren, das dann auch Teil der Kolonne wird. So wird fortgefahren bis schließlich 20 Fahrzeuge in der Kolonne sind. Dann schert auf der mehrspurigen Geraden nach und nach ein Fahrzeug aus und verlässt die Kolonne bis nur noch ein Fahrzeug übrig ist. Insgesamt dauert der Versuch 45 Minuten.

Sicherheitsaspekte

Sicherheitskonzept entsprechend den zuvor genannten Fällen

2.7.1.5 Kommunikation

- korrekte Zusammenarbeit zwischen vernetzten Fahrzeugen und UAVs (Drohnen), welche die versendeten Nachrichten an andere Fahrzeuge weiterleiten

Versuchsaufbau

Beispiel: Mit aufblasbaren Hindernissen werden im Innen- und Außenbereich innerstädtische Verkehrssituationen simuliert. Zwei kleine Drohnen (unter 1m Durchmesser) fliegen auf 8 Meter Höhe, eine im Innenbereich und eine im Außenbereich, jeweils zentral über der Fahrfläche. 20 mit Car2x ausgestattete Versuchsfahrzeuge fahren mit maximal 30km/h quasi willkürlich durch die aufgebauten Strecken. Es wird geprüft, dass die versendeten Car2x-nachrichten über die Drohnen weitergeleitet werden. Es wird zudem geprüft, dass die Drohne im Innenbereich nur die Nachrichten für den Innenbereich weiterleitet und die Drohne im Außenbereich nur die Nachrichten für den Außenbereich.

Sicherheitsaspekte

Durch die niedrige Geschwindigkeit und abgesprochene Vorfahrtsregeln (z.B. rechts vor links) sind Kollisionen unwahrscheinlich. Sollte es durch Fehler der Versuchsteilnehmenden doch zu

einer Kollision kommen, wird der Versuch abgebrochen. Sollte ein Fahrzeug danach nicht mehr fahrbereit sein, muss es abgeschleppt werden. Zudem ist die Situation zu beachten, dass eine der Drohnen abstürzt. Die Drohnen sind daher so klein zu wählen, dass sie eine Windschutzscheibe beim Fall aus der gewählten Flughöhe nicht durchschlagen können. Menschen dürfen sich während des Versuchs nicht auf der Fahrfläche befinden und werden durch die akustische und optische Warnanlage gewarnt.

2.7.1.6 Sonstige Versuche

Weitere Beispiele für zu prüfende Anforderungen, deren Versuchsdurchführung analog zu den Fällen zuvor ist:

- spezifikationsgemäße Reaktion beim Empfang unrealistischer Werte aufgrund von Fehlfunktionen im Sender, Übertragungsfehlern oder bewussten Angriffen von außen
- korrekte Funktionsweise der Mechanismen für Security und Datenschutz (z.B. Wechsel der Fahrzeugidentifikation)
- korrekte Zusammenarbeit zwischen vernetzten Fahrzeugen und Satelliten, welche die versendeten Nachrichten an andere Fahrzeuge weiterleiten

Die Parametrierung von Simulationsmodellen und die Erarbeitung von Spezifikationen für all diese Situationen soll Gegenstand von Forschungsprojekten am SML werden.

2.7.1.7 Versuchsablauf allgemein

Ein typisches Experiment sieht in etwa so aus:

- Herstellung von temporären Schließberechtigungen für Teilnehmer
- Anfahrt am SML mit eigenen Fahrzeugen und Drohnen oder Nutzung von dort untergestellten Fahrzeugen und Drohnen
- Aus- und Aufrüstung der Fahrzeuge und Drohnen mit Funktechnik (Computer, Displays, Antennen) und Integration dieser in das allgemeine Funknetz des SML
- Zusammenbau und Wartung o.g. Computersysteme und sonstiger Hardware (klassisches additives/subtraktives/trennendes rapid Prototyping, Löten, Kleben, Schrauben)
- Einbringen von benötigter Backend-Hardware im Serverraum (durch Studierende oder Mitarbeitende)
- Ein- oder Aufrüsten von Embedded-PCs mit gewünschten Funkmodulen
- Ausbringen der Embedded-PCs entlang und auf Versuchsstrecke und -Fläche oder (für Vorversuche) in geschlossenem Versuchsraum
- Verkabelung der Embedded-PCs mit Backend-Hardware im Serverraum¹⁴²
- Download von Firmware auf Embedded-PCs
- Aufstellen von Laptops im Leitstand und Anschluss (drahtlos oder verkabelt) an o.g. Hardware und allgemeines Funknetz des SML
- Ausbringen von Funk- und Sichthindernissen auf Versuchsstrecken und -Flächen aus einem Lager
- Herstellung von Bodenmarkierungen auf Versuchsstrecken und -Flächen
- Herstellen einer sicheren Versuchsumgebung (Räumung von Versuchsflächen, Abschluss von Barrieren, Warnung von Personal auf dem Gelände, ...)

¹⁴² Änderung: Im Leitstand ist eine Klappe für die Durchführung von Kabeln vorgesehen. Weiter führt ein Leerrohr vom PMVTS-Serverraum ins Außengelände.

- Durchführung von Fahrversuchen unter gewünschten Bedingungen (Tag/Nacht/Regen/Nebel/Schnee); gegebenenfalls Herstellung dieser Bedingungen im Innenraum
- Dabei kontinuierliche Überwachung basierend auf Telemetriedaten, Videoanlagen und Sichtverbindung
- Auswertung gewonnener Versuchsdaten und Abgleich mit Simulationen auf Hochleistungshardware
- Rückbau aller o.g. Änderungen, Verbringung von Akkus zur Ladeinfrastruktur
- Verfassen von wissenschaftlichen Publikationen und/oder Präsentation von Versuchen und Ergebnissen für die Öffentlichkeit

2.7.2 PMVTS- Arbeitsabläufe und Prozesse

Die nicht-forschungsbezogenen Arbeitsabläufe entsprechen weitgehend denen, die am ganzen SML üblich sind. So sind vorgesehen:

- Reinigungsarbeiten (vorwiegend außerhalb der Kernarbeitszeiten des wissenschaftlichen Personals, d.h. außerhalb von 9 bis 16 Uhr)
- Anlieferung von Paketen und Post (vorzugsweise über einen zentralen Posteingang des SML mit anschließender Verteilung per Hauspost, sofern vorhanden)
- allgemeine Bürotätigkeiten
- Aufsuchen von Sanitäreinrichtungen (Toiletten, Waschbecken, für Radfahrer ggf. auch Duschen)
- Anreise mit Pkw (Zugang zu ausreichenden Parkplätzen ohne Behinderung von Mitarbeitenden, Besuchenden oder Fahrversuchen; falls auf dem SML-Gelände nicht ausreichend Parkplätze vorhanden sind, sollte bei der Planung des SML am Straßenrand oder auf benachbarten Grundstücken für ausreichend viele Parkmöglichkeiten gesorgt werden)
- Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln (vorzugsweise sollte der Zugang zum SML mit der Haltestelle zusammenpassen, also insbesondere nicht an einer entgegengesetzten Seite des Grundstücks liegen)
- Mittagessen (vorzugsweise in Räumlichkeiten des SML, die auch für die Verpflegung der Besucher genutzt werden, z.B. Kantine oder Versammlungsraum mit Kochnische; alternativ Gang zu einem nahegelegenen Imbiss o.ä., sofern dann vorhanden)
- Zubereitung von Getränken (z.B. Kaffee) in einer Küche oder Büros (nach Richtlinie/Hausordnung des SML)
- Sammlung von Personen im Bereich des Haupteingangs, beispielsweise vor Meetings mit externen Gästen oder vor dem gemeinsamen Gang zum Mittagessen.
- Räumen der Fahrflächen von Verunreinigungen nach Fahrzeug-Kollisionen (sollte bestenfalls nie vorkommen)
- Abschleppen nicht mehr fahrbereiter Fahrzeuge mit einem Abschleppwagen (sollte bestenfalls nie vorkommen)
- Montage und Demontage der Leitplanken um den Fahrsimulator des IAD im Innenbereich, sofern das nötig ist, um die Innenfläche für die in Abschnitt 1.1 genannten Fahrversuche nutzen zu können
- Wiederherstellung der vom IAD für den Fahrsimulator geforderten Bodenbeschaffenheit im Innenbereich nach Fahrversuchen (konkrete Maßnahmen siehe Betriebskonzept des IAD)

In der Ausführung von Sanitäreinrichtungen sollte ein sich an der TU Dresden im vergangenen Jahr langsam verbreitendes Konzept von All-Gender-Restrooms insbesondere auch mit Rücksicht auf externe Besuchende bedacht werden.

In Ausnahmefällen sollen alle Flächen auch für Lehrveranstaltungen genutzt werden. Dies betrifft v.a. Praktika sowie praxisorientierte Besuche vor Ort im Rahmen von Lehrveranstaltungen, die bisher ausschließlich in Dresden stattfinden. Zudem sollen die Büros und die Labors auch für das Anfertigen von Abschlussarbeiten (Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten) eingesetzt werden.

Gelegentliche Besuche von Drittfirmen sowie Politiker:innen und Mitarbeitenden von Ministerien u.ä. sind auch zu erwarten, wofür in erster Linie der Konferenzraum benötigt wird. Aber auch eine Führung im Innen- und Außenbereich ist bei solchen Anlässen zu erwarten.

Die Fahrflächen sollen möglichst auch im Winter nutzbar sein. Wenn möglich, sollte daher ein Räumdienst vorgesehen werden. Ist dies aus Kostengründen nicht umsetzbar, könnte als Notlösung auch auf Versuche bei winterlichen Bedingungen verzichtet werden.

2.7.3 PMVTS- Organisatorische Gliederung

Nr	Gruppe	Erläuterung
1	Wissenschaftler:innen	ständig: 0; sporadisch: bis zu 12 führen Versuche durch und arbeiten an deren wissenschaftlicher Auswertung; arbeiten mit allen anderen Gruppen zusammen; Anwesenheit gleichmäßig über das Jahr verteilt oder je nach Projektanforderungen
2	Technisches Personal	ständig: 0; sporadisch: bis zu 2 bereiten Fahrversuche vor; arbeiten primär mit den Wissenschaftler:innen und Studierenden zusammen
3	Studierende	ständig: 0; sporadisch: bis zu 20 nutzen die Infrastruktur z.B. für Praktika und Abschlussarbeiten; arbeiten primär mit den Wissenschaftler:innen und dem technischen Personal zusammen
4	Industrielle Forschungspartner	ständig: 0; sporadisch: bis zu 5 besuchen das SML zur Anbahnung und Durchführung gemeinsamer Forschungsprojekte; arbeiten primär mit den Wissenschaftler:innen zusammen
5	Externe Wissenschaftler:innen, Projektträger, Politiker:innen	ständig: 0; sporadisch: bis zu 8 besuchen das SML im Rahmen von Forschungsprojekten zur Begutachtung von Forschungsergebnissen; arbeiten primär mit den Wissenschaftler:innen zusammen

Nr	Gruppe	Erläuterung
6	Besucher:innen	ständig: 0; sporadisch: bis zu 50 im Außenbereich z.B. Tag der offenen Tür, Lange Nacht der Wissenschaften; arbeiten primär mit den Wissenschaftler:innen und den Studierenden zusammen

2.7.4 PMVTS- Räumliche Gliederung

Innenbereich

Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Büros, z.B. jeweils für 2 Personen	Gesamtanwesenheit zwei Tage je Woche Beide Tage: ständiger Wechsel zwischen Büro und Versuchsraum/-Fläche/-Strecke
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Labor/Serverraum	Gesamtanwesenheit zwei Tage je Woche Beide Tage: ständiger Wechsel zwischen Büro und Versuchsraum/-Fläche/-Strecke
Forschende und Studierende aus Gruppen 1 und 3, andere (Gruppen 4-6)	Konferenzraum	Anwesenheit 1-8x pro Woche (meist nicht ganztägig); kann auch von anderen SML-Teilnehmern genutzt werden, es sollte aber möglichst immer ein größerer Raum kurzfristig zur Verfügung stehen
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Innenfahrbahn	gemeinsam mit ganzem SML genutzt, von PMVTS je nach aktueller Projektsituation an ca. 0-2 Tagen pro Woche tagsüber belegt, gelegentlich auch nachts
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Lager für "Kulissen" für Fahrversuche mit Sichtwänden u.ä.	gemeinsam mit ganzem SML genutzt, nahezu ständig mit Kulissen belegt

Außenbereich

Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Zusammenhängende Außenfahrbahn	gemeinsam mit ganzem SML genutzt, von PMVTS je nach aktueller Projektsituation an ca. 1-3 Tagen pro Woche tagsüber belegt, gelegentlich auch nachts
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Dynamikbereich (Fahrfläche im Außenbereich)	gemeinsam mit ganzem SML genutzt, von PMVTS je nach aktueller Projektsituation an ca. 1-3 Tagen pro Woche tagsüber belegt, gelegentlich auch nachts
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3, andere (Gruppen 4-6)	Erhöhter Leitstand	gemeinsam mit ganzem SML genutzt, von PMVTS je nach aktueller Projektsituation an ca. 1-3 Tagen pro Woche tagsüber belegt, gelegentlich auch nachts
Forschende, technisches Personal und Studierende aus Gruppen 1-3	Garage für 4-8 Fahrzeuge	von PMVTS je nach aktueller Projektsituation temporär über jeweils Wochen bis Monate belegt (für Fahrzeuge, die für Fahrversuche benötigt werden, nicht für private Fahrzeuge der Mitarbeitenden); sollten – da die Fläche des Grundstücks begrenzt ist – andere Flächen als Parkmöglichkeit für das SML-Personal erschlossen werden, können dort ggf. auch die Versuchsfahrzeuge abgestellt werden können (vorzugsweise abschließbar); solange diese Zusatzflächen nicht sichergestellt werden können, muss von der Unterbringung der Versuchsfahrzeuge auf dem Gelände des SML ausgegangen werden.

Bei als „gemeinschaftlich genutzt“ bezeichneten Flächen (Innen- und Außen-Fahrflächen, Büros, Konferenzräume, Werkstätten, Leitstand usw.) ist durch ein geeignetes **Buchungskonzept** sicherzustellen, dass eine **gerechte Verteilung der Nutzungszeiten** stattfindet. Insbesondere soll jeder am SML beteiligte Lehrstuhl eine Mindestnutzungsdauer pro Monat zugesichert bekommen. Es soll über das Buchungssystem nicht möglich sein, dass beteiligte Lehrstühle bestimmte als „gemeinsam genutzt“ definierte Flächen über Monate hinweg so stark ausbuchen, dass für die anderen Lehrstühle in Summe deren Mindestnutzungsdauer nicht mehr erreichbar ist. Aufgrund der sich verändernden Projektbelastung einzelner Lehrstühle sollen diese Mindestnutzungsdauern in größeren Abständen (z.B. in Jahresscheiben) gemeinschaftlich angepasst werden.

2.7.5 PMVTS- Stoffströme

Stoff	Stoffeingang	Verarbeitung	Entsorgung
Büromaterial / Pakete	Über zentralen Posteingang des SML	Transport per Hauspost, Lagerung in Labor oder Büros	Sammlung in Müllcontainern, zentrale Entsorgung organisiert durch SML
Batterien	In kleinen Mengen über zentralen Posteingang des SML	Transport per Hauspost, Lagerung in Labor oder Büros	Sammlung in zentraler Batteriesammelstelle des SML, zentrale Entsorgung organisiert durch SML
Geräte/Maschinen(-teile), die von Hand abgeladen werden können	Anlieferung durch Drittfirmen, Mithilfe durch fachlich passendes wissenschaftliches oder technisches Personal bei der Annahme	Transport und Inbetriebnahme durch technisches Personal oder Wissenschaftler:innen, Lagerung in Labor, Garage oder Kulissen-Lager	Bestenfalls mehrmals jährlich zentrale Entsorgungsmöglichkeit vom SML organisiert (vgl. "Sperrmüll-Abholung")
Geräte/Maschinen(-teile), die für das Abladen Hebezeuge (Kran, Stapler, Hubwagen) benötigen	Für Kulissen (siehe Betriebskonzept IFL)	Für Kulissen (siehe Betriebskonzept IFL)	Für Kulissen (siehe Betriebskonzept IFL), zudem schlimmstenfalls Abtransport beschädigter Fahrzeuge mit Abschleppdiensten
Baumaterial (z. B.: für Versuchsaufbauten)	Anlieferung durch Drittfirmen, Mithilfe durch fachlich passendes wissenschaftliches oder technisches Personal bei der Annahme; es sind derzeit keine Gebinde über 40kg pro Paket vorgesehen	Transport und Inbetriebnahme durch technisches Personal oder Wissenschaftler:innen, Lagerung in Labor, Garage oder Kulissen-Lager	Bestenfalls mehrmals jährlich zentrale Entsorgungsmöglichkeit vom SML organisiert (vgl. "Sperrmüll-Abholung")

2.7.6 PMVTS- Bauliche Strukturen

Innenbereich

Raum Nr.	Raumtyp	Fläche [m ²]	Anzahl [Stck.]	Nutzung
1	Büro	36	2	Wissenschaftliche Arbeit

Raum Nr.	Raumtyp	Fläche [m ²]	Anzahl [Stck.]	Nutzung
2	Labor/Server- raum	36	1 (gemeinsam genutzt) + 1 (se- parat verschließ- bar)	Vorbereitung von Versuchen, Serverbetrieb ¹⁴³
3	Konferenzraum	100	1	Veranstaltungen für Gäste und Meetings der Wissenschaft- ler:innen und Studierenden
4	Innenfahrbe- reich	6400 (Teil der 100x100m-Halle)	1	Fahrversuche
5	Lager für Kulis- sen	36	1	Lager von mobi- len Trennwän- den
6	PC-Pool für Stu- dierende	50	1	gemeinschaftli- che Nutzung

Eine **Garage** ermöglicht die zeitweise Unterbringung von Versuchsfahrzeugen und Material und kann zeitweise als zusätzliche Laborfläche umgenutzt werden. Ein Traversensystem an der Decke ermöglicht die Anbringung dafür nötiger Infrastruktur und dient der Sicherung von Personal, das auf Fahrzeugen arbeitet.¹⁴⁴

Ein Teil der wissenschaftlichen Arbeit erfordert auch Büro- und Laborarbeit sowie Versammlungen in einem Konferenzraum. Dafür werden **Büros**, ein **Labor** und ein **Konferenzraum** benötigt. In den Büros werden die Messdaten ausgewertet, Simulationen durchgeführt, Publikationen geschrieben und ähnliches. Im Labor sollen Versuchsträger und Messaufbauten vorbereitet werden, die dann im Innen- und Außenbereich zum Einsatz kommen. Das „Labor“ ist also in seiner Ausstattung nicht mit einem chemischen Labor vergleichbar, sondern eher mit einer kleinen Werkstatt für Elektronikfertigung, wobei davon auszugehen ist, dass es eher Bürocharakter haben wird, da es keine umfassende Werkzeugsammlung enthalten wird und die Anzahl von Versuchsobjekten überschaubar bleiben wird. Dazu soll das Labor ESD-sicheren Boden haben, um empfindliche Embedded-Systeme nicht zu beschädigen, sowie nahe am Außenbereich angeordnet sein - vorzugsweise auch nahe am befahrbaren Innenbereich ohne einen Zwischenweg über einen unbedachten Außenbereich. Es wird davon ausgegangen, dass die Laboraufbauten (z.B. RSUs, Drohnen, kleine au-

¹⁴³ Änderung in Abstimmung mit dem ZIH erfolgt nur die Errichtung von Datenverteilschränken und die Aufschaltung auf die Zentralen Server in Dresden. Weitere Server sind Sache der Institute und nicht Teil des Projektbudgets.

¹⁴⁴ Änderung: nicht vorgesehen, da es die Nutzbarkeit (lichte Höhe) einschränkt, bei Bedarf kann nachgerüstet werden.

tonome Fahrzeuge, Kameras) nicht größer als BTH 1m x 1m x 2m sind, sodass keine ungewöhnlichen Raumgrößen erforderlich sind. Eine entsprechend große Tür des Labors wird jedoch benötigt. Alle Räume sollen über Ethernet-, Telefon- und Netzstrom-Anschlüsse verfügen. Das Labor soll zudem ein Waschbecken enthalten, damit die Nutzer bei Montagearbeiten zum Händewaschen nicht durch den ggf. langen Gang bis zur Küche oder Toilette gehen müssen. Wegen durchgeführten Lötarbeiten ist im Laborbereich eine geeignete Abluftanlage vorzusehen, wegen Feinarbeiten eine ausreichende Innenraumbelichtung von min 1000 lux (dimmbar). Die Beleuchtung soll im Raum gleichmäßig verteilt sein, um die Möblierung flexibel zu halten. Ein **zweites, separat verschließbares Labor** soll zudem insbesondere auch als **PMVTS-eigener** (nicht gemeinsam genutzter) **Serverraum** dienen, sodass Forschenden, aber insbesondere auch Kursteilnehmenden, die direkte Arbeit an Serverhardware ermöglicht wird.¹⁴⁵ Daher benötigt es eine Klimatisierung und eine Hochgeschwindigkeitsanbindung (mindestens 1 Gbit/s) sowie Verrohrung mit Zugang zu den oben angesprochenen Kabelschächten entlang der Versuchsstrecken und -Flächen, welche mit den dafür benötigten Datenkabeln vorgerüstet ist.¹⁴⁶ Alle Räume müssen zugangsbeschränkt sein, vorzugsweise mit elektronischen Schlüsseln, die mit vertretbarem Aufwand auch für nur temporär anwesende Studierende programmiert werden können, die beispielsweise Büros nur an wenigen Tagen ihrer Abschlussarbeit für die Auswertung von Versuchsdaten nutzen müssen; ideal wäre der Einsatz eines schon an der TU Dresden existierenden Schließsystems (z.B. Simons Voss aus dem Andreas-Pfitzmann-Bau). Der **Konferenzraum** soll für Projekttreffen, Vorführungen vor Projektträgern, gelegentliche studentische Besuche usw. verwendet werden, für mindestens 40 Personen nutzbar sein und einen Beamer (besser: großformatigen Touchscreen), ein Whiteboard und eine Audio-/Video-Anlage beinhalten. Über Bodentanks soll auf Steckdosen für die elektronischen Geräte der Gäste zugegriffen werden können, wobei die Bodentanks so angeordnet sein sollen, dass sowohl eine U-Form als auch eine Reihenanordnung der Tische umsetzbar ist. Zudem soll in allen Innenräumen, auch auf der Fahrbahn stabiles WLAN verfügbar sein, welches auch einen Zugriff auf die Rechentechnik des SML erlaubt. Wenn möglich, sollte das WLAN auch auf Außenflächen erreichbar sein, mindestens auf dem Außenbereich des Leitstands. Der für die gemeinsame Nutzung **geplante PC-Pool für Studierende** (Details siehe Betriebskonzept ST als „PC Studentenlabor“) soll auch von PMVTS gleichberechtigt nutzbar sein.¹⁴⁷

¹⁴⁵ Änderung in Abstimmung mit dem ZIH erfolgt nur die Errichtung von Datenverteilschränken und die Aufschaltung auf die Zentralen Server in Dresden. Weitere Server sind Sache der Institute und nicht Teil des Projektbudgets.

¹⁴⁶ Änderung: Im Leitstand ist eine Klappe für die Durchführung von Kabeln vorgesehen. Weiter führt ein Leerrohr vom PMVTS-Serverraum ins Außengelände.

¹⁴⁷ Änderung: Umsetzung im Multifunktionsraum

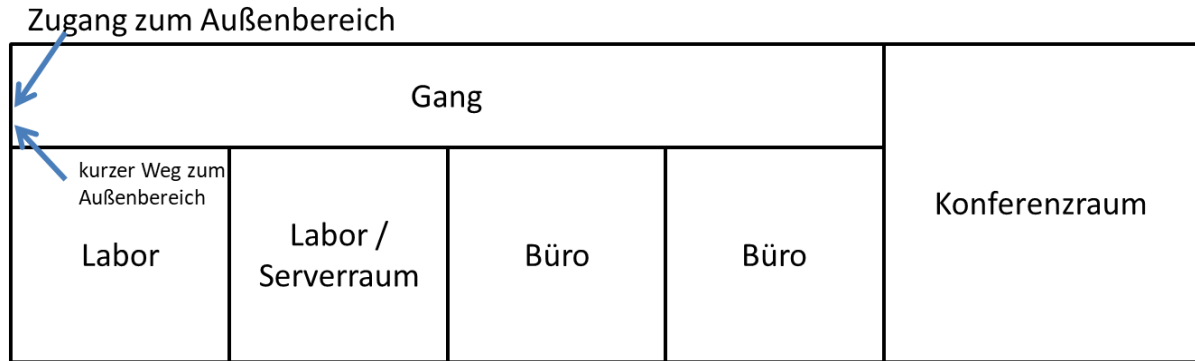


Abbildung 37: Vorschlag zur Anordnung der Räumlichkeiten für PMVTS

Außenbereich

Raum Nr.	Raumtyp	Fläche [m²]	Anzahl [Stck.]	Nutzung
7	Zusammenhängende Fahrbahn	"Kreisbahn" ca. 200 x 40m	1	Fahrversuche
8	Dynamikbereich	1600 (40m x 40m)	1	Fahrversuche
9	Erhöhter Leitstand	200m (20m x 10m)	1	Überwachung von Fahrversuchen
10	Garage für 4-8 Fahrzeuge	120	1	Garage für Fahrzeuge, die für Fahrversuche benötigt werden

2.7.7 PMVTS- Ausstattung

Das ganze Gelände soll einen **Breitband-Anschluss zur TU Dresden** bzw. zum DFN-Netz haben. In Büro-, Labor- und Serverräumen soll dieser insbesondere auch über WLAN zugänglich und für Gäste per Eduroam nutzbar sein. Zudem sollen **Ladesäulen für Elektrofahrzeuge** vorhanden sein, die je nach Position ggf. von allen Nutzern des SML gemeinsam genutzt werden können. Beispielsweise könnten die Ladesäulen in der Garage oder unter dem Leitstand angeordnet werden, sodass der Leitstand zugleich als Dach für Stellplätze genutzt wird. Wenn sich die Ladesäulen in der Garage befinden, können sie nicht von allen anderen Partnern des SML verwendet werden, solange die Garage von PMVTS genutzt wird; dafür werden in diesem Fall keine zusätzlichen Flächen für die ladenden Fahrzeuge benötigt. Alle von PMVTS genutzten Bereiche sollen barrierefrei zugänglich sein.

Der Stromverbrauch für die Versuche ist, mit Ausnahme der Ladestationen für Elektrofahrzeuge, nicht erheblich. Mit Ausnahme der Serverräume wird nicht mit mehr als 5kW Spitzenleistung gerechnet (Büros und Außenanlagen zusammengerechnet). Auch die Serverräume sollen maximal 5kW Spitzenleistung haben, sodass (ohne die Ladesäulen) insgesamt ein maximaler Verbrauch von

10kW gleichzeitig auftreten kann. Je nach Methode und Technologie der Fahrspursimulation (Projektion, Leuchtkörper) könnte zu diesem Zweck aber auch mehr Spitzenleistung auftreten. Nach aktuellem Planungsstand sind keine Drehstromanschlüsse notwendig. Die Büros sollten EDV-eigene Stromkreise mit separatem Überspannungsschutz enthalten, sodass auch die Switches mit den Computern dieselben Phasen verwenden können, um Potenzialunterschiede zu vermeiden. Im separaten Serverraum kann beim Stromverbrauch bzw. der Abwärme von einer Gesamtleistung < 10kW ausgegangen werden.

Emissionen entstehen durch Fahrzeuge auf den Fahrflächen (Feinstaub, Abgase). Insbesondere entsteht jedoch auch Lärm (ggf. auch durch die Wissenschaftler:innen), so dass Schallschutzlösungen insbesondere für Labore, Büro- und Konferenzräume nötig sind. Kraftstoffe werden nur in den Fahrzeugen verwendet, ein Betanken auf dem Gelände ist nicht geplant. Durch die Fahrzeuge (bis zu 40 Tonnen) können zudem Vibrationen entstehen. Sollte die Belastbarkeit für 40 Tonnen im Innenraum nicht wirtschaftlich erreichbar sein, können die Fahrversuche im Innenbereich auch auf leichtere Fahrzeuge reduziert werden.

- eine **Dynamikfläche** im Außenbereich, u.a. für die Simulation von Kreuzungssituationen (Qualität der Fahrbahn vergleichbar zu realen Straßen)
- eine **zusammenhängende Fahrfläche** mit möglichst großem Kurvenradius, u.a. für Platoon-Versuche, die die **Beschleunigungsstrecke** des LKT beinhalten soll, um Geschwindigkeiten bis 100km/h erreichen zu können (Qualität der Fahrbahn vergleichbar zu realen Straßen)
- eine **Fahrfläche im Innenbereich**, die mit dem Außenbereich verbunden ist (Qualität der Fahrbahn vergleichbar zu realen Straßen)
- Schutzeinrichtungen, um die Kollision außer Kontrolle geratender Fahrzeuge mit unbeteiligten Menschen oder den Gebäuden des SML zu verhindern (z.B. Schutzplanken)
- die Möglichkeit, auch kleine **Drohnen** einzusetzen, sowohl im Innen- als auch im Außenbereich
- Zugänge zum Strom- und Datennetz des SML von der Fahrfläche aus
- eine schnelle Datenverbindung zur TU Dresden
- ein erhöhter **Leitstand**, von welchem man die Fahrflächen bestmöglich einsehen kann
- eine **Garage** für 4-8 Fahrzeuge
- ein **Lager für Kulissen** (genauer beschrieben im Betriebskonzept von IFL)
- **zwei Büros**
- ein **Konferenzraum** (gemeinsam genutzt, aber insgesamt genug Konferenzräume, sodass das Aufsuchen eines Konferenzraums z.B. für Team-Meetings auch relativ kurzfristig möglich ist und man nicht Wochen im Voraus einen Raum buchen muss)
- die Mitnutzung eines **PC-Pools für Studierende**
- ein (ggf. gemeinsam genutztes) **Labor**
- ein eigener **Serverraum/Labor** für PMVTS

2.7.8 PMVTS- Haustechnische Anlagen

Keine ungewöhnlichen Anforderungen an Temperierung und Konditionierung der Raumluft. Nur der gemeinsam genutzte sowie der separate Serverraum sollen wegen der dort entstehenden Abwärme klimageregelt ausgeführt sein (zum Stromverbrauch vgl. obige Ausführungen), so dass es im Sommer auch bei Hochlast zu keinem Schaden der empfindlichen Hardware kommt.

Wegen der beim Anfahren der Server entstehenden hohen Spitzenlasten sollen hier insbesondere auch mehrere Phasen aufliegen.

Im Labor und im separatem Serverraum ist ein separat abgesicherter Stromkreis für Experimentaltardware nötig, so dass ein Baufehler zu keinem Ausfall der übrigen Hardware führt.

Die Büros und der Konferenzraum sollen im gängigen Stil beheizbar sein und mit Tageslicht versorgt werden. Der Konferenzraum soll für Präsentationen oder Videovorführungen so abdunkelbar sein, dass man das Bild gut erkennen kann. Insbesondere direktes Sonnenlicht auf die Projektionsfläche soll verhindert werden können.

2.7.9 PMVTS- Sicherheit

Sicherheitsrisiken gehen in den von PMVTS genutzten Bereichen neben dem Laden von Akkus nur von den Fahrflächen bzw. den darauf fahrenden Fahrzeugen aus. Um dieses Risiko bestmöglich abzumildern, sollen alle Fahrflächen baulich von den Bereichen getrennt sein, in welchen sich Personen aufhalten, die mit den Versuchen nichts zu tun haben. Insbesondere soll es nicht möglich sein, dass Besucher des SML unbewusst Fahrflächen betreten. Zudem sollen die Fahrflächen von den Bereichen des SML getrennt sein, auf denen Mitarbeitende und Gäste parken. Alle Fahrflächen sollen möglichst durch Schutzplanken (Leitplanke) und/oder vergleichbare Auffangeinrichtungen (z.B. Rollkies, Reifenstapel) begrenzt sein.¹⁴⁸ Da es möglich ist, dass an den Versuchen beteiligte Personen auf der Fahrbahn befinden, sollen in regelmäßigen Abständen Fluchtwege für diese Personen geschaffen werden, sodass sie im Zweifel die Fahrbahn schnell verlassen können und nicht durch die Schutzplanken oder ähnliches daran gehindert werden. Zudem soll der gesamte Fahrbereich durch eine Lautsprecheranlage und Rundumleuchten gewarnt werden können, d.h. von jedem Punkt der Fahrbahn aus soll man mindestens eine Rundumleuchte sehen und einen Lautsprecher hören können. Das Betreten der Fahrbahn soll nur in unmittelbarer Nähe einer solchen Warnanlage möglich sein. Die kritischsten Situationen, die eintreten könnten, sind außer Kontrolle geratende Fahrzeuge, Fahrzeugkollisionen oder in Brand geratende Fahrzeuge, wobei die Versuche so gestaltet werden sollen, dass diese Fälle äußerst unwahrscheinlich sind. Beim Umgang mit Kraftfahrzeugen lassen sich die Fälle aber nie komplett ausschließen. Ein kritischer Punkt könnte dabei der Übergang zwischen Innen- und Außenbereich durch die sich ändernden Lichtbedingungen sein, insbesondere bei Blendlicht. Dies soll durch Testfahrten bei langsamer Geschwindigkeit vor schnelleren Versuchen sichergestellt werden. Die Geschwindigkeit der Fahrzeuge kann auf dem vom LKT vorgesehenen Beschleunigungsstreifen bis zu 100km/h betragen und wird ansonsten deutlich darunter liegen (30-50 km/h oder weniger).

Der Leitstand soll zum Schutz der darauf befindlichen Personen erhöht sein, was zugleich die Übersicht und damit die Gefahrenerkennung verbessert. Vom Leitstand aus soll man die Rundumleuchten und die Lautsprecheranlage steuern können.

Im Bürobereich sind allgemeinübliche Sicherheitsstandards einzuhalten. So sollen Erste-Hilfe-Koffer und Feuerlöscher in jeder Etage zugreifbar und leicht auffindbar sein. Insbesondere in der Nähe der beiden Labors sollten solche Vorkehrungsmaßnahmen getroffen werden, auch wenn von PMVTS keine Tätigkeiten mit hoher Verletzungsgefahr vorgesehen sind. Es soll für jeden Punkt mindestens zwei Fluchtwege, z.B. für den Brandfall, geben. Die Worst-Case-Szenarien dort

¹⁴⁸ Änderung: umgesetzt werden Leitplanken

sind beispielweise ein Kabelbrand, eine Verletzung beim Löten oder ein bei der Montage auf einen Fuß gefallener Server. Für den Transport Verletzter durch Rettungskräfte wäre ein Fahrstuhl hilfreich, der zusätzlich zur Treppe vorhanden ist. Der Fahrstuhl ist auch zwecks Barrierefreiheit wünschenswert. Alle Flächen von PMVTS sollen barrierefrei zugänglich, und insbesondere barrierefrei verlassbar sein.

Alle Innenräume sowie der Leitstand sollen eine Schließanlage enthalten, bestenfalls mit elektronischen Schlüsseln. Besondere Anforderungen an die Zaunanlage bzw. den Sichtschutz bestehen von PMVTS nicht. Es ist lediglich wichtig, dass die Fahrbereiche so abgegrenzt sind, dass Versuchsfahrzeuge nicht versehentlich das SML-Grundstück verlassen können. Gleichzeitig sind genügend Zugänge für Rettungsdienste und Feuerwehr vorzusehen.

2.8 Professur für Softwaretechnologie (ST)

2.8.1 ST- Forschungsthemen

2.8.1.1 TERE CULT

Das Smart Mobility Lab der TU Dresden wird verschiedene Testzentren und Living Labs zum Forschungsthema Mobilität enthalten. Dieses Dokument spezifiziert einige Anforderungen für ein Forschungslabor zum „Telerobotics for Recultivation, Recycling, and Disaster Management (TERECULT)“, in dem die Mitglieder des SML (Im Folgenden SML-Professuren genannt) gemeinsam forschen und lehren können.

TERECULT arbeitet für die Vision des SML „Lifecycle Management as a Service (LMaaS)“. Roboter, Coboter und Teleroboter werden eingesetzt werden, um Produkte und Infrastrukturen im Kreislauf zu managen. Sie können helfen, Produkte zu recyceln und ihren Lebenszyklus in der Kreislaufwirtschaft zu schließen, Landschaften zu rekultivieren und sie dem gesellschaftlichen Nutzen wieder zuführen, sowie Katastrophenschutz zu gewährleisten, um das Leben von Menschen und die Natur zu schützen. Viele der Anwendungen sind Themen der Außenrobotik.

Die im TERE CULT involvierten Professuren (im Folgenden TERE CULT-Professoren genannt) arbeiten in den Themengebieten:

- Katastrophenschutz-Robotik (Leiter Prof. Aßmann)
- Schnelle und energiesparsame Hardware für Robotik (Leiter Prof. Goehringer)
- Recycling-Robotik (Leiter Prof. Aßmann, zu entwickeln)
- Rekultivierungsrobotik (zu entwickeln)
- Fahrradverkehr der Zukunft (Dr. Springer)
- Virtual und Mixed Reality für Telerobotik (Jun.-Prof. Matthew McGinity)
- Humanoide Robotik (Prof. Roberto Calandra – Ab Februar 2023 in der Fakultät Informatik und dem EXC CeTI)
- Construction Robotics (EXC-Antrag CARE unter der Federführung von Prof. Mechtcherine)
- Outdoor cobotics with Human in the loop (EXC CeTI-I/II, Prof. Fitzek)

Die erwähnten Kollegen sind Mitglieder mehrerer Großprojekte, die in den nächsten Jahren Forschungsbedarf im SML erzeugen:

- 2022-2025: BMBF 6Glife (Prof. Aßmann, Prof. Fitzek, Prof. Goehringer, Prof. Calandra): Mobilitätsexperimente werden mit Agenten-Basierter Modellierung und Extended Motion Grammars durchgeführt, um die Vorteile von 6G-basierter Kommunikation zu zeigen. Projektbegehung ist voraussichtlich im Q3/2024, bei der ein Experiment für Schwarmrobotik im SML gezeigt werden soll.
- 2023-2025: DFG-Exzellenzcluster Center for Tactile Internet CeTI (Prof. Aßmann, Prof. Goehringer, Prof. Calandra). Dieser EXC wird Ende 2024 eine Begehung haben, bei denen Mobilitätsexperimente mit Roboterschwärmen mit Bigraph-basierter Modellierung inkl. Kollisionserkennung durchgeführt werden. Diese Begehung sollte im SML stattfinden.
- 2023-2027: DFG-Graduiertenkolleg “Urban Air Mobility” (Profs. Fricke (Leiter), Prof. Aßmann): Digitale Zwillinge für Drohnenlogistik. Hier werden wir mit Prof. Fricke eng zusammenarbeiten.

- 2023-2025: DFG-Sonderforschungsbereich/Transregio 339: „Digitaler Zwilling der Straße der Zukunft“ (Prof. Aßmann). Dieser SFB/TRR mit der RWTH Aachen benötigt eine Test-Straße, die mit Sensorik angereichert ist, um einen Digitalen Zwilling einer Straße zu demonstrieren. Diese Test-Straße könnte im SML angelegt werden und Ende 2024 bei der Begehung präsentiert werden.
- 2023-2025: Graduiertenkolleg der Boysen-Stiftung, Generation 4.0: (Prof. Aßmann) Modellierung von regionalen Energienetzen mit Wasserstoff. In diesen Arbeiten werden wir Energiesimulationen für das SML durchführen.

Das Forschungslabor für „**Telerobotics for Recultivation, Recycling, and Disaster Management (TERECULT)**“ soll den Professuren ermöglichen, mit Teleroboterschwärmen im Außenbereich zu experimentieren, Experimente zu diesen Anwendungsfeldern durchzuführen, sowohl für Forschung als auch für Lehre, Transfer und Öffentlichkeitsarbeit. Das TERCULT grenzt sich damit durch seine *Thematik Tele-Außenrobotik (Immersion in Außenrobotern)* von anderen Labs ab, weil Außenanwendungen im Fokus stehen, bei denen der Mensch von fern in die Robotersysteme „eintaucht“ und sie immersiv nutzt, um die komplexen oder gefährlichen Aufgaben von ferne sicher und nutzbringend zu lösen. TERCULT zeichnet sich durch eine große Experimentierfläche für größere Außenroboterschwärme aus, die in den anderen Labs nicht vorhanden sein wird. Damit ergänzt TERCULT die anderen Labs synergetisch.

Man beachte, dass die aus den Quellen exzerpierten Bilder dem Copyright der Autoren unterliegen.

Das Forschungslabor TERCULT dient für die SML-Professuren folgenden Zwecken:

- Forschung in Projekten im SML in Hoyerswerda, insbesondere in Verbund-Forschungsprojekten mit industriellen und strategischen Partnern, insbesondere dem EXC CeTI und dem EXC CARE, dem SFB/TRR 339, 6Glife und Urban Air Mobility (mit Prof. Fricke)
- Demonstration der erzielten Forschungsergebnisse für Partner von Verbund-Forschungsprojekten, insbesondere aus Sachsen (Abschnitt 1.1)
- Ausrichtung und Teilnahme an bundesweiten Innovationswettbewerben
- Validierungsprojekte für Forschungsideen
- Innovative, forschungsorientierte Hochschullehre in Praktika, Bachelor- und Masterarbeiten (Abschnitt 1.2)
- Erstellung von Studien zur Zertifizierung von Innovationen für Telerobotik-Schwarmsysteme, kollektive Systeme, Beste Praktiken (best practices) für Anwendungsgebiete wie Verkehr, Kreislaufwirtschaft, Rekultivierungsaufgaben



Abbildung 38: Sniffbot Teleroboter für die Entdeckung gefährlicher Gase [Sniffbot].



Abbildung 39: Telerobotik mit VR und haptischer Fernsteuerung des Greifers am Beispiel Sniffbot [Sniffbot].

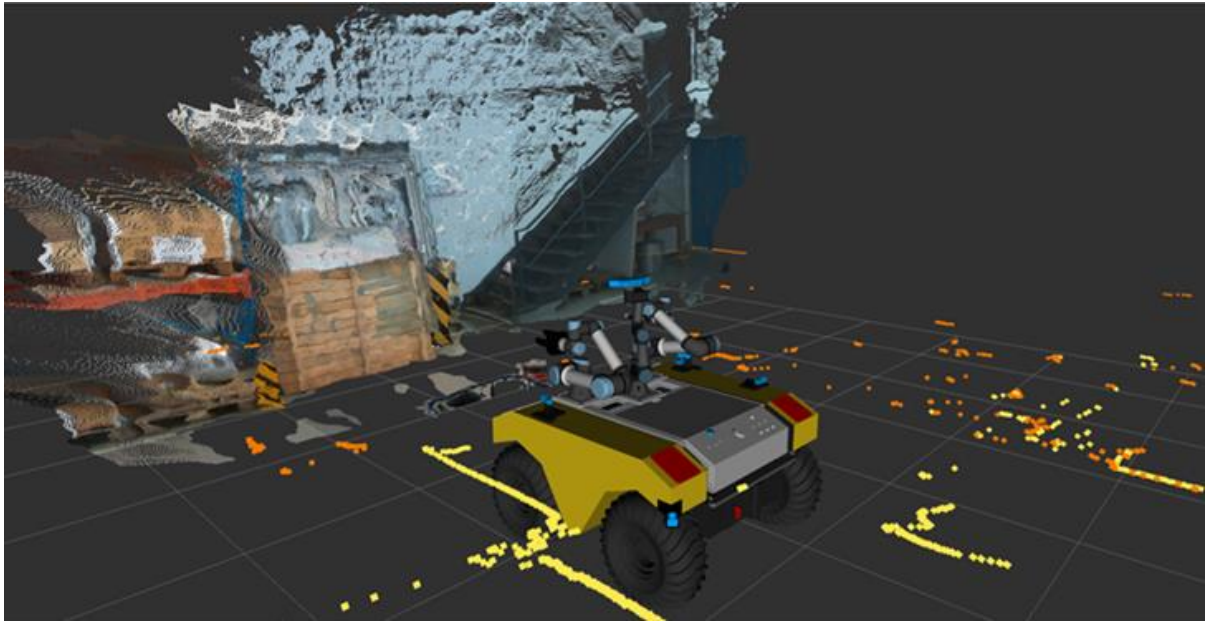
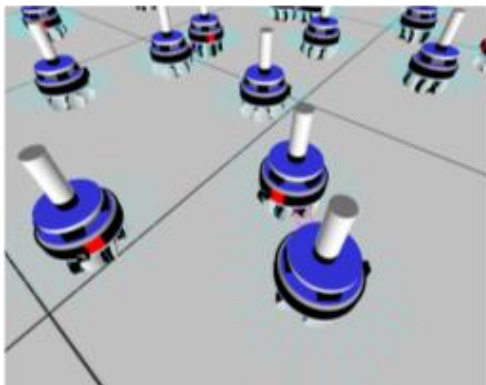


Abbildung 40: 3-D-Weltmodell für autonome Navigation des Sniffbot [Sniffbot].



(a)



(b)

Abbildung 41; Links: Simulation eines Schwarms; rechts: Schwarm in vivo [ARGOS].



Abbildung 42: Swarm-Bot swarm robots im Außenbereich [Swarm-Bot]



Abbildung 43: Rekultivierungsroboter, DFKI Bremen <https://robotik.dfki-bremen.de/de/forschung/robotersysteme/mantis/>

2.8.1.2 Forschungsbedarf

Forschung in Projekten im SML in Hoyerswerda, insbesondere in Verbund-Forschungsprojekten
In den erwähnten Großprojekten besteht in den nächsten Jahren folgender Forschungsbedarf im SML:

2022-2025: BMBF 6Glife (Prof. Aßmann, Prof. Goehringer, Prof. Fitzek, Prof. Calandra):

- Mobilitätsexperimente werden mit Agenten-basierter Modellierung und Extended Motion Grammars durchgeführt, um die Vorteile von 6G-basierter Kommunikation zu zeigen. Erforscht wird ein „immersiver Shopbot“, ein Roboterschwarm mit immersiven Robotern, der einem Rollstuhlfahrer helfen kann, in einem Supermarkt einzukaufen.
- Hierzu wird ein Schwarmexperiment basierend auf dem Sniffbot (Abbildung 38) entworfen, das in den 5 Teststufen des TERECULT-Testprozesses durchgeführt werden wird. Hierzu muss der Sniffbot-Roboter (1,60x1,50m) von der Wartungszelle aus über die Gänge nach außen gefahren werden können, sowie mit VR/AR-Brillen aus von ferne bedient werden (Experimentierfläche im TERECULT-Lab). Dazu muss ein 3d-Weltmodell (Abbildung 40) entwickelt werden.
- Projektbegehung ist voraussichtlich im Q3/2024, bei der das Experiment für Schwarmrobotik im SML gezeigt werden soll.

2023-2025: DFG-Exzellenzcluster Center for Tactile Internet CeTI (Prof. Aßmann, Prof. Goehringer, Prof. Fitzek, Prof. Calandra).

- In diesem EXC werden von 2023-2025 Mobilitätsexperimente in einer „Modell-Fabrik“ durchgeführt. Einzelne Fertigungszellen werden mit Cobotern bestückt sein und durch mobile Roboterschwärme logistisch verknüpft werden. Dazu sind 2-3 Wartungszellen des TERECULT-Labors über die Experimentierfläche zu verbinden und mit autonomer Logistik auszustatten. Dazu wird eine Bigraph-basierte Modellierung inkl. Kollisionserkennung eingesetzt.
- Dieser EXC wird Ende 2024 eine Begehung haben, bei denen diese Mobilitätsexperimente mit Roboterschwärmen demonstriert werden sollen. Diese Begehung sollte im TERECULT stattfinden.

2023-2027: DFG-Graduiertenkolleg „Urban Air Mobility“ (Prof. Fricke (Leiter), Prof. Aßmann):

- In diesem Graduiertenkolleg werden Digitale Zwillinge für Drohnenbasierte Logistik untersucht. Hier werden Prof. Aßmann und Prof. Fricke eng zusammenarbeiten. Auch hier ist der 5-stufige TERECULT-Testprozess durchzuführen, mit der Besonderheit, dass in der Drohnenflughalle von SIFAS sowie außen test-geflogen werden muss.
- Das Projekt untersucht einen Digitalen Zwilling für Drohnenbasierte Logistik in der Stadt, autonomes Starten und Landen, das autonome Abfliegen von Routen unter Ausliefern von Medikamenten etc.
- Das Projekt wird in 2027 begutachtet werden. Dann sollte das TERECULT als Demonstrationsfläche zur Verfügung stehen.

2023-2025: DFG-Sonderforschungsbereich/Transregio 339: „Digitaler Zwilling der Strasse der Zukunft“ (Prof. Aßmann).

- Dieser SFB/TRR mit der RWTH Aachen benötigt eine Test-Straße „Asphaltierfläche“ (10x3m),¹⁴⁹ die mit Sensorik angereichert ist, um einen Digitalen Zwilling einer Straße zu demonstrieren. Diese Test-Straße könnte als ein Randstreifen des Parcours im SML angelegt werden und Ende 2024 bei der Begehung präsentiert werden.
- Dazu ist ein kleines Stofflager (40qm), sowie ein kleines Baulabor (25qm) von 10mx3m notwendig.¹⁵⁰

2023-2025: Graduiertenkolleg der Boysen-Stiftung, Generation 4.0: (Prof. Aßmann)

- Dieses Graduiertenkolleg untersucht die Modellierung von regionalen Energienetzen mit Wasserstoff, das Energiemanagement von IT-Rechenzentren in Containern, sowie die Energiemanagement in mobilen Roboterschwärmen. In diesen Arbeiten können wir auch Energiesimulationen für das SML durchführen.
- Für die Simulationen das Energiemanagement von IT-Rechenzentren in Containern ist mittelfristig geplant, einen Container der Firma Sunfire über einen Wasserstofftank mit einem Rechenzentrum im Container der Firma Cloud+Heat zu koppeln. Dazu wird in 2026 eine Abstellfläche für 3 See-Container benötigt werden. Wir gehen davon aus, dass das auf der „Montage-Außenfläche“ (10x10m) abstellbar sein wird.¹⁵¹

Unterstützung der Beantragung von weiteren Exzellenzclustern der TU Dresden

2026-2032 CeTI-II

- Der EXC CeTI wird durch einen Folgeantrag ergänzt werden. Dieser Antrag wird, jenseits von CeTI-I, das Thema „Outdoor Robotics“ in verschiedenen Spielarten beinhalten und bei seiner Begutachtung demonstrieren müssen.
- Hierzu wird Telerobotik eingesetzt, d.h. die Inspektion von entfernten Arealen mit Tele-Immersion. In und um Hoyerswerda existieren gefährliche Areale wie das Katastrophenareal im Knappensee (Abrutschung), oder das Sperrgebiet im Norden von Hoyerswerda, in die Telero-boter entsandt werden sollten, die vom SML aus fern bedient werden können. Damit können die Anwendungsfälle „Ferninspektion von Katastrophen- und Flutgebieten, verstrahlten oder verseuchten Gebieten, Areale mit Minen oder Bomben“ demonstriert werden.
- CeTI-II wird sich weiterhin mit fortgeschrittenen Methoden zur Assemblierung und Deassemblierung (autonome kooperative Fertigung) von größeren Produkten wie Stahlskelette, Möbel, oder einfachen Baukonstruktionen beschäftigen.
- Gleichzeitig besteht die Herausforderung, einmal assemblierte Produkte auch wieder in ihre Einzelteile zu zerlegen, um das stoffreine Recycling zu vereinfachen.
- Baubereich für Assemblierung- und Baurobotik (10x12m, bewehrter Beton, Dicke > 0,15 m)¹⁵² für autonome Montage/Demontage von vorgefertigten Konstruktionselementen, z.B. Stahl- oder Baukonstruktionselementen sowie für autonome kooperative Fertigung, z.B. für Stahls-

¹⁴⁹ Änderung: Durch die vollständige Grundstücksauslastung lt. Bebauungsplan nicht zusätzlich umsetzbar

¹⁵⁰ Änderung: Mitnutzung Individual- bzw. Großformatelager vorgesehen. Das Stofflabor wird als Raum errichtet.

¹⁵¹ Änderung: Die Fahrversuchsfläche ist nur für die temporäre Nutzung vorgesehen. In Abstimmung der Nutzer kann der Montagebereich 10x10m im Randbereich der Fahrversuchsfläche eingerichtet werden.

¹⁵² Änderung: Die Fahrversuchsfläche ist nur für die temporäre Nutzung vorgesehen. In Abstimmung der Nutzer kann der Montagebereich 10x12m im Randbereich der Fahrversuchsfläche eingerichtet werden.

kelette oder Holzprodukte (EXC CeTI), faserstrangbewehrte leichte Betonbauteile mit additiven Verfahren (Konzepte aus EXC CARE). Stellflächen (2x12m, Asphalt) an einer Längsseite des Baubereiches für zu manipulierende Konstruktionselemente, Kleinsilo mit Baustoffen, Hilfsaggregate (z.B. Durchlaufmischer mit Förderpumpe für frische Baustoffgemenge)¹⁵³

2026-2032 EXC CARE (Climate And Resource-neutral construction Engineering, Prof. Mechtcherine)

- Der EXC CARE wird zwischen der TU Dresden und der RWTH Aachen organisiert und enthält einen großen Forschungsbereich über "Construction Robotics", d.h. den Einsatz von Robotern in Baustellen. Insbesondere wird das Forschungsfeld „Plattenbau 4.0“ untersucht werden, d.h. die autonome Assemblierung von 3-D gedruckten Betonplatten und Platten aus anderen Materialien.
- Daher braucht der EXC CARE eine Außenfläche für Baurobotik, einen Asphaltierter Baubereich (10x10m) für autonomen Plattenbau. ¹⁵⁴

2.8.1.3 Forschungsgebiete des TERE CULT

In TERE CULT sollten Experimente stattfinden, die erforschen, wie Schwärme von Telerobotern bei Anwendungen helfen können. Um einen Schwarm zu bilden, werden i.d.R. modulare Roboter verschiedener Größe eingesetzt. Herausforderungen für die Forschungsexperimente sind:

- Simulation, Programmierung und Betrieb von Teleroboterschwärmen, Kettenbildung von Schwärmen (Abbildung 5), Organisation von speziellen Mustern, Immersion in entfernte Areale, sowie gemeinsames Handeln und Zielfindung für
 - Schwärme aus Kleinrobotern (Abbildung 4), die einen Platzbedarf von <math><2\text{m}^2</math> haben (Roboter für Arbeitsstationen). Hierzu sind 8 Experimentierzellen für die Kollegen des TERE CULT nötig.
 - Schwärme aus mittelgroße Robotern, die einen Platzbedarf von 6m^2 haben (z.B. Außen-Fahr-Roboter wie Sniffbot, Abbildung 1-Abbildung 3, oder Rekultivierungsroboter, siehe Abbildung 6). Hierzu können die 8 Testzellen mitgenutzt werden.
- Einzelne Großroboter, wie Delta-bots, für Hausbau- und Haus-Plattenmontage, sowie Einsatz in der Bau-Robotik (autonome Fertigung von Baukörpern, autonome Montage und Demontage von baulichen Konstruktionselementen). Für Deltabots bis 3m Höhe können die 8 Testzellen mit genutzt werden; für größere Deltabots sollte die Montage-Außenfläche 10x10m genutzt werden können.¹⁵⁵
- Anwendungsfälle sind:
 - Einsatz im Katastrophenschutz und der Rekultivierung von Flächen
 - Einsatz zur Logistik und zur mobilen Produktion, zur Bau-Robotik (construction robotics)
 - Einsatz im Fahrradbestimmten Verkehr

¹⁵³ Änderung: Die Fahrversuchsfläche ist nur für die temporäre Nutzung vorgesehen. In Abstimmung der Nutzer kann die Lagerfläche 2x12 m im Randbereich der Fahrversuchsfläche eingerichtet werden.

¹⁵⁴ Änderung: Die Fahrversuchsfläche ist nur für die temporäre Nutzung vorgesehen. In Abstimmung der Nutzer kann der Montagebereich 10x10m im Randbereich der Fahrversuchsfläche eingerichtet werden.

¹⁵⁵ Änderung: Für die perspektivische Installation von Deltabots sind im Deckenbereich des Versuchsraums vier-Anschweißplatten vorgesehen, an denen ein Traggestell angeschweißt werden kann.

Für Immersion, das Eindringen in entfernte Areale, ist der Einsatz von Mixed-Reality-Techniken notwendig (Einsatz von VR und AR in der Mobilität). Es ist zu erwarten, dass mit Hilfe von Mixed-Reality-Brillen völlig neue Einsatzgebiete in der Mobilität erschlossen werden, wie „working from cars and hybrid meetings“.

2.8.1.4 Testprozess im TEREULT

Für die Erprobung von solchen Teleroboter-Schwärmen sind im TEREULT in diesen Projekten folgende Testebenen zu organisieren bzw. deren Abfolgen (TEREULT-Testprozess):

- Testebene 0: Software-in-the-Loop Test im Simulator (Rechner). Diese Tests erfolgen im Rechner, also in dem studentischen PC-Labor und den Mitarbeiter-Arbeitsplätzen.
- Testebene 1: Test und Programmierung von Bewegungsaktivitäten. In einer der 8 Testzellen sind stationäre Hardware-in-the-Loop(HIL)-Tests mit Telerobotern möglich. Diese Tests dienen der initialen Programmierung von Robotern bei kleinen Manövern oder stationären Aufgaben. Man programmiert am Bildschirm in der Testzelle. Insgesamt sind 8 Testzellen für verschiedene Gruppen geplant, die durch ein im Boden und Decke verankertes Drahtwandsystem von einander abgegrenzt sind, um Unfälle zu vermeiden. Die Testzellen sollten mit einem Gang mit der VR-Dreadmill verbunden sein.
- Testebene 2: Experimentierfläche. Kleine Manövrierfläche (mind. 10x10m) für Fahr-Tests mit Roboter, mit Anschluss an VR-Dreadmill. Auf der Fläche zwischen den Testzellen kann man mit dem Roboter navigieren und sein Fahr- und Navigationsverhalten testen.
- Testebene 3: Großer Indoor-Test. Sobald elementare Aktivitäten der Teleroboter und der Schwärme funktionieren, sollten Indoor-Tests in der großen Halle möglich sein, mit Anschluss an VR-Dreadmill.
- Testebene 4: Großer Outdoor-Test auf Freiflächen, mit Anschluss an VR-Dreadmill.

2.8.1.5 Experimente zum Radverkehr (Dr. Springer)

Im Verbundprojekt PrioBike-HH forscht die Professur für Rechnernetze an einer verteilten Systemlösung mit Smartphone App zur Realisierung einer digitalen Grünen Welle für Radfahrende in Hamburg (<https://www.hamburg.de/bvm/priobike/>). Mit der PrioBike-App erhalten Radfahrende entlang ihrer berechneten Route Informationen mit denen sie ihre Geschwindigkeit so anpassen können, dass sie die nächste Ampel bei Grün überqueren können. Radfahrende sollen hierdurch schneller, komfortabler und sicherer zum Ziel kommen. Das Forschungsprojekt wirft zahlreiche Fragestellungen hinsichtlich des Fahrkomforts, der Sicherheit und der Nutzung von Informationssystemen durch Radfahrende auf, die im Smart Mobility Lab untersucht werden sollen. Die Untersuchungen sollen in drei Stufen durchgeführt werden:

In einem Usability Labor (siehe unten) mit Fahrradsimulator sollen Usability, Ablenkung und Sicherheitsempfinden von Radfahrenden untersucht werden. Dazu werden Probanden eingeladen. Diese werden im Empfangs- und Warteraum empfangen und können sich dort bis zum Test aufhalten. Im Testraum wird die Nutzung von Informationssystemen auf Smartphones und weiteren Geräten untersucht. Darüber hinaus können die Probanden im Raum des Fahrradsimulators konkrete Fahrsituationen testen. Die Probanden werden dabei aus dem Beobachtungsraum von den

Testenden und zusätzlich mit Kameras und Eyetracking-Systemen beobachtet (in den Ecken der Räumlichkeiten).¹⁵⁶ Im Interviewraum können die Probanden befragt werden.¹⁵⁷

In der Halle sowie dem Außenbereich sollen Testparkurs, insbesondere Kreuzungssituationen und Situationen mit unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern experimentell untersucht werden. Dazu sind die Kennzeichnung von Fahrbahnen, der Aufbau von Lichtsignalanlagen, Hindernissen und Verkehrszeichen notwendig. Darüber hinaus müssen konkrete Verkehrssituation, z.B. die gleichzeitige Annäherung von Fahrzeugen und Radfahrenden an eine Kreuzung zur Kollisionserkennung und -warnung nachgestellt werden. Zur Beobachtung der Verkehrsteilnehmer müssen Kameras flexibel installierbar sein. In der Halle ist die Verfügbarkeit von GPS notwendig, z.B. durch GPS Repeater.

In der Realinfrastruktur sollen entwickelte Informationssysteme in einer realen Umgebung getestet werden. Dazu fahren Probanden frei oder auf vorbestimmten Routen. Die Fahrt wird über Sensorik und Kameras am Fahrrad aufgezeichnet. Zusätzlich sind Kameras entlang der Infrastruktur wünschenswert.¹⁵⁸

2.8.2 ST- Arbeitsabläufe und Prozesse

2.8.2.1 Blockpraktika

Prof. Aßmann, Prof. Goehringer, Prof. McGinity und Prof. Calandra werden zu einem Studienprofil „Software Engineering for Robotics“ im internationalen Master „Distributed Systems Engineering“ der Fakultät Informatik zusammenarbeiten. Dazu werden verschiedene Blockpraktika geplant, die alle in den Räumen des TERCULT-Labors stattfinden können.

Arbeitsablauf zum Blockpraktikum „Software Engineering for Self-Adaptive Systems and Cobotics“ (0/0/1), 1,5cp

Für die erstmalig im WS22/23 gehaltene Vorlesung "Software Engineering for Self-Adaptive Systems and Cobotics" wird von Prof. Aßmann ein Blockpraktikum aufgebaut werden, das einen Warthog "Schnüffelroboter" in Verbindung mit einem Sensornetzwerk navigiert und gefährliche Gase auffindet. Siehe https://doi.org/10.1007/978-3-031-04718-3_1.

- Zum Blockpraktikum reisen Dozenten, Assistenten und Studenten mit der Bahn früh an, fahren die Roboter in die Testzellen und führen die Programmieraufgaben in einer der Testzellen durch. Nach ausführlichem, abgestuften Test werden Außentests durchgeführt. Abends reisen die Personen wieder nach Dresden.
- Für bestimmte Blockpraktika wären Sanitäreanlagen und Duschen sinnvoll.
- Auch die VR-Dreadmill wird für diese Praktika eingesetzt werden.

Arbeitsablauf zum Blockpraktikum „Software Engineering for Digital Twins“ (0/0/4), 6cp

¹⁵⁶ Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

¹⁵⁷ Änderung: Mitnutzung der Probandeninfrastruktur von LKT bzw. Büroräumlichkeiten vorgesehen

¹⁵⁸ Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

Für die Vorlesung "Software Engineering for Self-Adaptive Systems and Robotics" wird von Prof. Aßmann mittelfristig (2024-25) ein Blockpraktikum aufgebaut werden, das digitale Zwillinge programmiert und analysiert.

- Zum Blockpraktikum reisen Dozenten, Assistenten und Studenten mit der Bahn früh an.
- Für den digitalen Zwilling der Infrastruktur (z.B. eine Innenfläche mit unterbaubarem Boden) werden die nötigen Sensornetze aufgebaut und gemessen. Darauf aufbauend werden Datenanalysen durchgeführt und mit Simulationsergebnissen verglichen.
- Hierfür sind ca. 20 Arbeitsplätze in einem PC-Labor erforderlich.

Arbeitsablauf zum Blockpraktikum FPGA in Robotern (0/0/1), 1,5cp

Prof. Goehringer beabsichtigt, für ihren Kurs „Adaptive Computing Systems for Robotics (2/2/0)“ ein Blockpraktikum anzubieten.

- Zum Blockpraktikum reisen Dozenten, Assistenten und Studenten mit der Bahn früh an, fahren die Roboter in die Testzellen und führen die Programmieraufgaben durch. Nach ausführlichem, abgestuften Test werden Außentests durchgeführt. Abends reisen die Personen wieder nach Dresden.
- Zum Blockpraktikum sind Innen- und Außentests mit Fahrrobotern verschiedener Größe sowie Drohnen vorgesehen, die nach dem TEREULT-Testprozess in 5 Stufen ablaufen.

Arbeitsablauf zum Blockpraktikum VR/AR (Immersion) (0/0/1), 1,5cp

Prof. McGinity beabsichtigt, zur Unterstützung des einem Studienprofil „Software Engineering for Robotics“ im internationalen Master „Distributed Systems Engineering“ ein Blockpraktikum VR/AR (Immersion) zu gestalten.

- Zum Blockpraktikum reisen Dozenten, Assistenten und Studenten mit der Bahn früh an, fahren die Roboter in die Testzellen und führen die Programmieraufgaben durch. Nach ausführlichem, abgestuften Test werden Außentests durchgeführt. Abends reisen die Personen wieder nach Dresden.
- Zum Abhalten der Blockpraktika sind VR/AR-Infrastruktur innen nötig (Brillen, Server). Die Blockpraktika sollen im TEREULT, aber auch in der TAFAS-Halle, soweit verfügbar, abgehalten werden. Voraussetzung sind große freie Flächen.
- Auch die VR-Dreadmill wird für diese Praktika eingesetzt werden.

Arbeitsablauf zum Blockpraktikum „Humanoide Roboter“ (0/0/1), 1,5cp

Im Rahmen des Studienprofils „Software Engineering for Robotics“ im internationalen Masters „Distributed Systems Engineering“ ein Blockpraktikum wird Prof. Roberto Calandra „Humanoide Robotik“ durchführen. Humanoide Roboter werden im TEREULT von Laufgestellen, die ca. 2,50m hoch sind, während der Tests aufrecht gehalten.

- Zum Blockpraktikum reisen Dozenten, Assistenten und Studenten mit der Bahn früh an, fahren die Roboter in die Testzellen und führen die Programmieraufgaben durch. Nach

ausführlichem, abgestuften Test werden Außentests durchgeführt. Abends reisen die Personen wieder nach Dresden.

- Auch die VR-Dreadmill wird für diese Praktika eingesetzt werden.

Insgesamt kann mit der Durchführung von 1-2 Tagen Blockpraktikum pro Woche gerechnet werden.

2.8.2.2 Experimente zum Radverkehr

Betreuung von Probanden: Probanden müssen empfangen und evtl. gepflegt werden. Es sind Parkmöglichkeiten und Toiletten notwendig. Ein einfaches Auffinden des Labors über ein Leitsystem ist wünschenswert. Für Teilnehmende an Testfahrten im Außenbereich ist ein Umkleidemöglichkeit wünschenswert.¹⁵⁹

Aufbau von Testparkurs: Zum Aufbau von Testparkurs müssen Ampeln, Hindernisse, Fahrbahnkennzeichnungen und Verkehrsschilder gelagert, aufgebaut und nach den Experimenten wieder abgebaut werden. Dazu ist für Ampeln eine Stromversorgung in der Halle bzw. Im Außenbereich notwendig. Für Experimente mit Nutzung von „Cooperative Intelligent Transport Systems“ (C-ITS) sind entsprechend ausgerüstete Ampeln und Infrastrukturelemente installiert werden. Diese Benötigen Strom und Netzwerkzugang.

2.8.3 ST- Organisatorische Gliederung

Organisatorische Gliederung lässt sich in zwei Bereiche aufteilen: Blockpraktika und wiss. Laborarbeit.

Die Blockpraktika, an der Studenten teilnehmen werden, soll mit max. 20 Personen durchgeführt werden, wovon 1-3 Betreuer sind. Durch sinngemäße zeitliche Aufteilung der Räume, können in der Woche mehrere Blockpraktika gleichzeitig angeboten werden. Dafür kann Außenbereich und Laborbereich sowie PC-Labor und Besprechungsraum auf verschiedene Gruppen aufgeteilt werden.

- Ein Blockpraktikum von 4 SWS/6cp beläuft sich auf 180 Stunden, d.h. 22,5 Tage pro Semester, und damit ca. 1,5 Tage pro Woche.
- Ein Blockpraktikum von 2 SWS/3cp beläuft sich auf 90 Stunden, d.h. 11,25 Tage pro Semester, und damit ca. 1 Tage pro Woche.
- Ein Blockpraktikum von 1 SWS/1,5cp beläuft sich auf 45 Stunden, d.h. 5,5 Tage pro Semester.

Mit gleichem Prinzip lassen sich auch die Forschergruppen aufteilen. Die Flexibilität der Aufteilung ist hier aber deutlich größer. Wobei der Wechsel eines Mitarbeiters hier zwischen Büro und nur einer weiteren Räumlichkeit (Labor, Halle, Außen, ...) während einer Testphase erfolgen wird. Die Anzahl und Räumliche Aufteilung der Mitarbeiter für wiss. Labor-Arbeit wird von den Drittmittelprojekten abhängig sein.

2.8.4 ST- Räumliche Gliederung

¹⁵⁹ Änderung: Es wird kein zusätzlicher Umkleideraum eingerichtet.

Type Id	Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps:
1.	Alle Blockpraktika	Einzelbüros und gemeinschaftliche Büros für Professoren, Post-docs und/ oder andere Praktikumbetreuer	Vorbereitung und Nacharbeitung des Praktikums durch die Betreuer / ein Tag in der Woche während des Semesters
2.	Blockpraktikum „Software Engineering for Self-Adaptive Systems and Cobotics“	PC-Labor oder Besprechungsraum	Während des Praktikums für Studenten 45 h pro Semester, bis ein Tag in der Woche während des Semesters
3.	Blockpraktikum „FPGA in Robotern“	Laborbereich	Während des Praktikums für Studenten 45 h während des Semesters
4.	Blockpraktikum „Software Engineering for Digital Twins“	Außenbereich	Während des Praktikums für Studenten / ein bis zwei Tage in der Woche während des Semesters
5.	Blockpraktikum „Humanoide Roboter“	Laborbereich und Außenbereich	Während des Praktikums für Studenten 45 h während des Semesters
6.	Blockpraktikum VR/AR (Immersion)	Laborbereich	Während des Praktikums für Studenten 45 h während des Semesters
7.	Blockpraktikum „Software Engineering for Self-Adaptive Systems and Cobotics“	WC und Duschräume	Nach einem großen Outdoor-Test müssen Wasch- und Duschgelegenheit nutzbar sein.
8.	Forschende aus EXC CeTI, SFB/TRR 339 STRASSE, BMBF 6G-life, DFG GRK UAM, Boysen-GRK	Büros	Gesamtanwesenheit bis mehrere Tage je Woche Alle Tage: ständiger Wechsel zwischen Büro, Laborbereich und Außenbereich
9.	Forschende aus Gruppe EXC CeTI, SFB/TRR 339 STRASSE, BMBF 6G-life, DFG GRK UAM, Boysen-GRK	Laborbereich	Gesamtanwesenheit bis mehrere Tage je Woche Alle Tage: ständiger Wechsel zwischen Büro, Laborbereich und Außenbereich
4.	Forschende aus Gruppe EXC CeTI SFB/TRR 339 STRASSE, BMBF 6G-life, DFG GRK UAM, Boysen-GRK	Außenbereich	Gesamtanwesenheit bis mehrere Tage je Woche alle Tage: ständiger Wechsel zwischen Büro, Laborbereich und Außenbereich
6.	Forschende aus Gruppe EXC CeTI	Große Halle (Fahrsimulator)	Gesamtanwesenheit bis mehrere Tage je Woche

Type Id	Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps:
	SFB/TRR 339 STRASSE, BMBF 6G-life, DFG GRK UAM, Boysen-GRK		Alle Tage: ständiger Wechsel zwischen Büro und Halle; stundenweise Nutzung für große Indoor-Tests

2.8.5 ST- Stoffströme

Stoff	In das Gebäude hinein	Verteilung im Gebäude	Entsorgung/ Abtransport aus dem Gebäude
Büromaterial/Papier (regelmäßig, Monatlich)	Anlieferung in Paketen über Rezeption oder als Palette, mit Hubstapler zu fahren	Abholung durch Verwaltungspersonal an der Rezeption über Aufzug □ Zwischenlagerung in den Kopierräumen auf den Etagen bzw. in Schränken im Büro □ Verwendung üblicher Sammelbehälter im Büro und auf den Etagen	Entsorgung als Papier- und Restmüll (Abholung durch Entsorger)
Steckdosen	Aufladestationen (Kraftstrom)	Für die Testzellen sollten Aufladestationen verfügbar sein.	
Stoffliche Komponenten für Bauteile, sowie Maschinenteile	Anlieferung in Paketen über Rezeption oder als Palette, mit Hubstapler zu fahren	Abholung durch Verwaltungspersonal an der Rezeption über Aufzug □ Zwischenlagerung im Lager oder Stofflabor	

2.8.6 ST- Bauliche Strukturen

2.8.6.1 Laborbereich

Für den Innenbereich sind 8 Roboter-Testzellen sowie ein große Experimentierfläche zu planen, die Projekte mit Telerobotik (Immersion, Fernsteuerung, Einsatz von VR und AR (XR)) erlauben. Die Stationen sollten auf verschiedene Experimente umrüstbar sein.

Für die gemeinsame Nutzung der Professuren des TEREULT, sowie bedarfsweise für alle Kollegen im SML, sollten für das TEREULT folgende Flächen vorgesehen werden.

- TEREULT-9 (lt. Raumbuch: ST_26): 400m² (=20m*20m) Showroom als großes, offenes Forschungslabor, mit:
 - 240m² (4x40m²) abteilbaren Teleroboter-Testzellen, die als Test-, Entwicklungs-, Wartungs-, Pflege und Experimentierkammer einteilbar sind
 - 180 m² Freilauffläche für Experimente mit autonomen, mobile Tele- und Schwarmrobotern, auch für Einsatz von VR und AR in der Mobilität der Zukunft (Mitte von Abbildung 7). Davon eine Fläche für eine VR-Dreadmill von ca. 8m Durchmesser reserviert sein.
 - Nutzung durch Prof. Aßmann, Goehringer, McGinity.

- Der Showroom sollte einen antistatischen Boden erhalten, sowie 50cm unterbaubar sein, damit Sensorik ausgetauscht werden kann. ¹⁶⁰

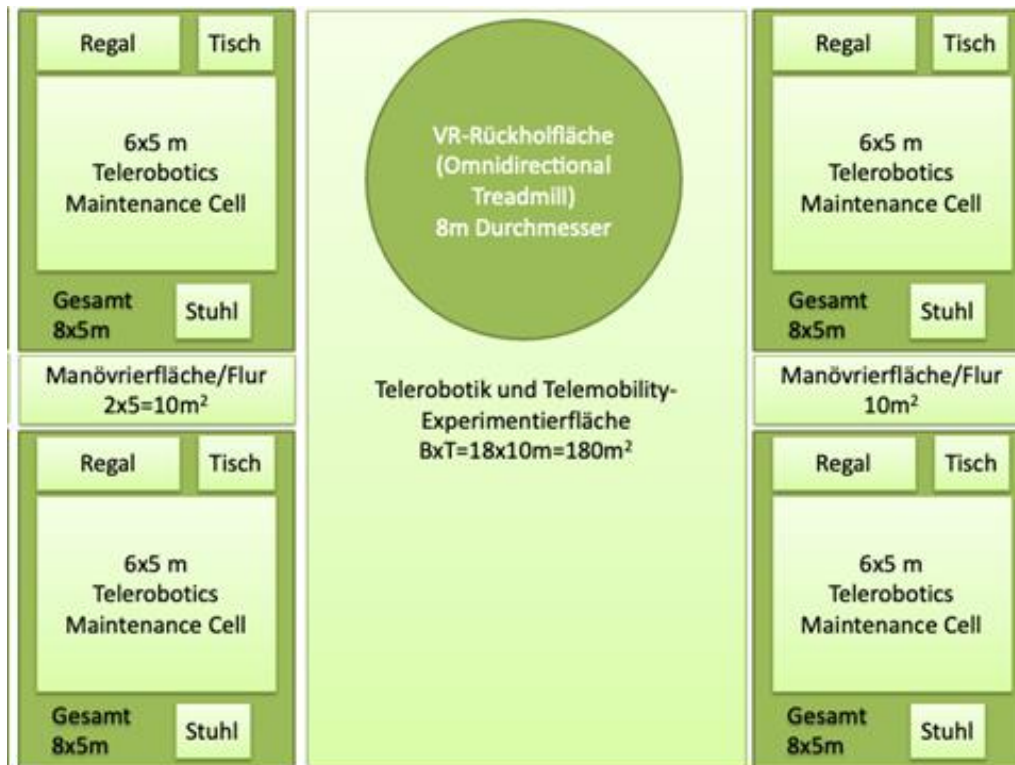


Abbildung 44: Der TERCULT- Showroom: 4 der 8 Wartungsstationen für mittelgroße Teleroboter und Groß-Experimentierfläche im TERCULT Innenbereich (20x20m)

- TERCULT-9b (lt. Raumbuch: ST_27): (200m²): 4 weitere Testzellen a 8x5m, mit Zufahrt zu TERCULT-9; Nutzung durch Prof. Fitzek, Calandra (CeTI), Mechtcherine (CARE), 1 als Reserve

¹⁶⁰ Änderung: nicht bodengleich: Doppelbodenbereich durch Stufen erschlossen

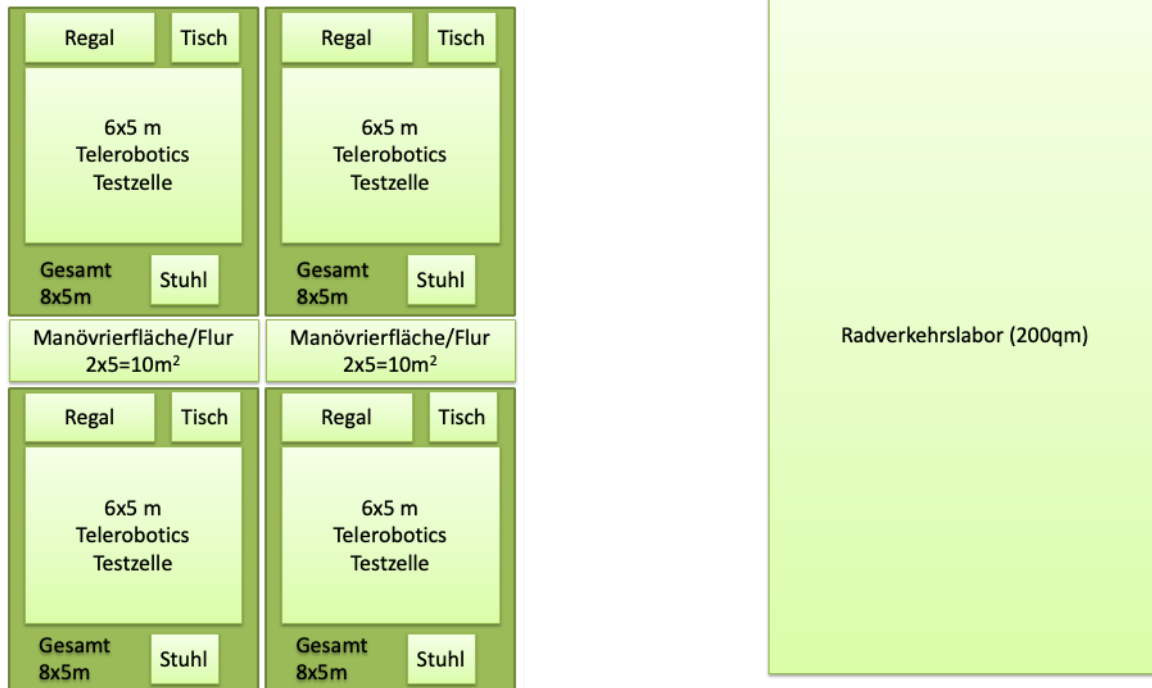


Abbildung 45: Die restlichen 4 Wartungsstationen und die Fläche des Radverkehrslabors

- TERCULT-10 (lt. Raumbuch: in SML_21): 50m² Facility Room (Offene Werkstatt für Forscher und Studierende, vom Showroom aus offen zugänglich)
- TERCULT-11 (lt. Raumbuch: in SML_21): 50 m² Abschließbare Werkstatt (intern)¹⁶¹
- TERCULT-12 (lt. Raumbuch: in SML_23): 15 m² Serverraum für Forschungsserver (mit hoher Kühlleistung und sehr geringer Latenz, um Teleroboter anzusteuern zu können)
- TERCULT-13 (lt. Raumbuch: in SML_14): 40 m² Lager für Güter, Ersatzteile, Hilfsgeräte (z.B. Durchlaufmischer mit Fördereinrichtung), Baustoffe sowie Baustoffkomponenten, Stahlträger und -stangen, Halbzeuge und Konstruktionselemente für Montageprozesse. Das Lager kann abgesetzt von den Gebäuden realisiert werden.¹⁶²
- TERCULT-14 (lt. Raumbuch: ST_32): Stofflabor: 25 m² Labor für Arbeiten mit mineralischen Baustoffen im SFB/TRR 339 STRASSE sowie dem EXC-Vorschlag CARE. Das Stofflabor kann abgesetzt von den Gebäuden realisiert werden. Es dient Experimenten mit Asphalt- und Betondecken (SFB-TRR 339 STRASSE) sowie Vorbereitung von 3-D-gespritzten „Platten“ (EXC-Vorschlag CARE).
 - Es dient der Lagerung von Kleingebinden, der Herstellung kleiner Baustoffvolumen für Anwendung in autonomen Bauprozessen, zur Reinigung von Manipulatoren, Geräten, Hilfsmitteln. Anfallendes Abwasser sollte mit ggf. erhärtenden mineralischen Feinstoffen in einer Absetzbecken-Kaskade (grober Schlamm, feiner Schlamm) klärbar sein.¹⁶³
 - Ausgehärtete Bauteile sollten mit Hilfe von Gabelstapler in das TERCULT-Showroom und zur Montage-Freifläche verbracht werden können, um von Robotern montiert werden zu können.¹⁶⁴

¹⁶¹ Änderung: Mitnutzung der Elektrowerkstatt vorgesehen. Individualbereich sind nur der Laborbereich

¹⁶² Änderung: Mitnutzung Individual- bzw. Großformatelager vorgesehen

¹⁶³ Änderung: Das Absetzbecken wird baulich nicht vorgesehen, da es nicht Antragsgegenständlich ist.

¹⁶⁴ Änderung: Gabelstapler ist nur im EG einsetzbar

2.8.6.2 Radverkehrs-labor

- TEREULT-15 (lt. Raumbuch: ST_33): Testraum –25qm
- TEREULT-16 (lt. Raumbuch: ST_34): Beobachtungsraum – 25qm
- TEREULT-17 (lt. Raumbuch: ST_35): Fahrradsimulator – 50qm



Abbildung 46: Beispiel Fahrradsimulator

- TEREULT-18 (lt. Raumbuch: in SML_10): Usability Labor mit Empfangs- und Warteraum – 50qm¹⁶⁵
- TEREULT-19 (lt. Raumbuch: in SML_7c): Interviewraum - 25qm
- TEREULT-20 (lt. Raumbuch: in SML_14): Lagerraum - 25qm

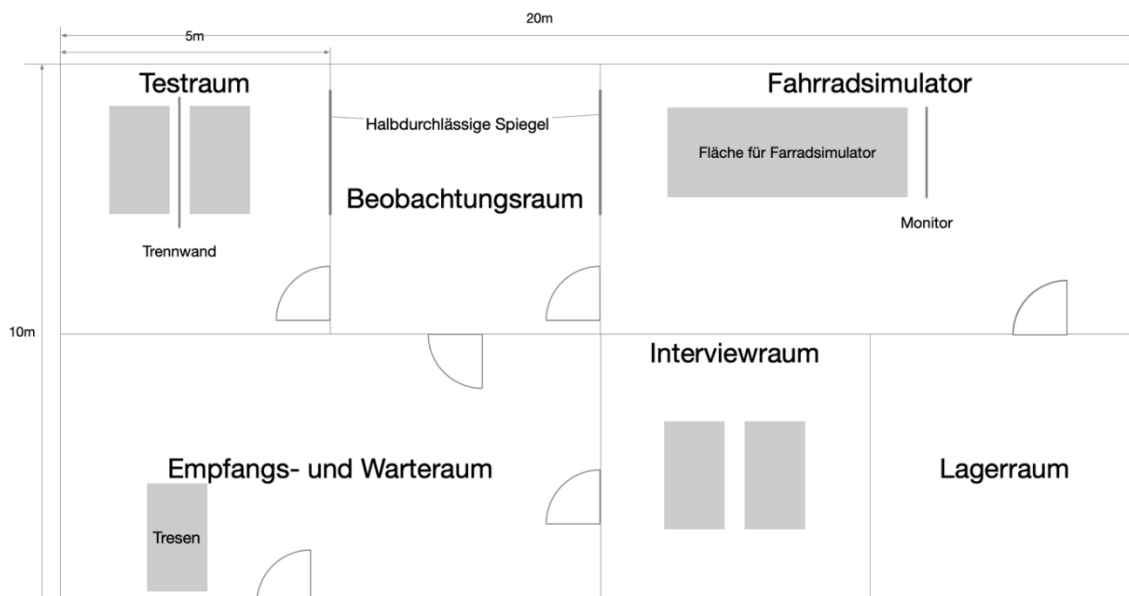


Abbildung 47: Aufbau des Usability Labors mit 200qm (andere Raumkonstellationen sind möglich)

¹⁶⁵ Änderung: Interviewraum, Empfangs und Warteraum in Mitnutzung der Räumlichkeiten Fahrradsimulator

2.8.6.3 Außenbereich

Robotik

Im Außenbereich von 30mx30m sollten verschiedene Elemente angelegt werden:

- Montagebereich für Assemblierung- und Baurobotik (10x10m, bewehrter Beton, Dicke > 0,15 m)¹⁶⁶ für autonome Montage/Demontage von vorgefertigten Konstruktionselementen, z.B. Stahl- oder Baukonstruktionselementen sowie für autonome kooperative Fertigung, z.B. für Stahlskelette oder Holzprodukte (EXC CeTI), faserstrangbewehrte leichte Betonbauteile mit additiven Verfahren (Konzepte aus EXC CARE)
 - Kraftstromanschluss für Kran und große Delta-Roboter
 - Normalstromanschluss
- Stellflächen (2x12m, Asphalt) an einer Längsseite des Baubereiches für zu manipulierende Konstruktionselemente, Kleinsilo mit Baustoffen, Hilfsaggregate (z.B. Durchlaufmischer mit Förderpumpe für frische Baustoffmenge)
- Test-Straßenfläche „Asphaltierfläche“ (10x3m) für SFB/TRR 339. Kann als Spur des Parcours für autonomes Autofahren realisiert werden.

Außenbereich Radverkehrslabor:

- Mitbenutzung von Werkstatt und Lager für Fahrräder mit Auslademöglichkeit für e-bikes, scooter u.ä.¹⁶⁷
- Mitnutzung und Lagermöglichkeit von Ampelanlagen, Verkehrsschildern, Hindernissen u.ä.

2.8.7 ST- Ausstattung

2.8.7.1 Bürobereich

Alle Büros im Bürobereich, alle Arbeitsplätze in PC-Laboren sollten mit EDV-Stromanschlüssen, sowie LAN-Kabeln und Telefonen (pro PC-Labor ein Telefon) versehen sein. WLAN (Eduroam) sollte flächendeckend verfügbar sein. Sie können mit normaler Deckenhöhe versehen sein und sollten eine Verdunklung und Verschattung besitzen.¹⁶⁸

2.8.7.2 Laborbereich

Die gesamte Laborfläche von TERCULT-9 und 9b (*lt. Raumbuch: ST_26 und ST_27*): Deckenhöhe 4m, mit 0,5m hohem Unterbauboden, um Sensorik unter dem Boden zu installieren zu können, dennoch tragfähig für Traversensystem, mit verdunkelbaren Fenstern und Lichtinstallation, um die Lichtverhältnisse für autonomes Navigieren testen zu können

- 180 m² Freilauffläche für Experimente von Fahr- und Schwarmrobotern (Mitte von Abbildung 7)
 - Eine kreisrunde Rückhol-Fläche für Gänge und Fahrten in VR-Universen (omnidirectional Treadmill). Telerobotik und AR-basierte Mobilität der Zukunft (Mixed-Reality-Mobility) muss erfahrbar gemacht und getestet werden, wozu die Rückhol-Fläche (Treadmill)

¹⁶⁶ Änderung: Die Fahrversuchsfläche ist nur für die temporäre Nutzung vorgesehen. In Abstimmung der Nutzer kann der Montagebereich 10x10m im Randbereich der Fahrversuchs-fläche eingerichtet werden.

¹⁶⁷ Änderung: Nutzung des Individuallageraums

¹⁶⁸ Änderung: Verdunklung in Büros nicht vorgesehen

längere Gänge und Fahrten in VR-Räumen ermöglicht, indem sowohl Benutzer, Roboter als auch Operateure räumlich unmerklich in das Zentrum der Treadmill zurückgefahren werden.

- Tiefe 0,5m
- Flexibles, rekonfigurierbares Aufteilen der Showrooms in „offene“ und „geschlossene“ Teile durch flexibles Drahtwandsystem möglich.
 - Testzellen sollten Wandschirme für pair and group programming besitzen (Testebenen 1 und 2)
 - Testzellen sollten mit einer Ladestationen für Tele-Roboter ausgestattet sein¹⁶⁹
- Deckenhöhe mind. 4m, da Humanoide in Laufgestellen von 2,50m Höhe aufgehängt werden müssen, sowie Delta-Roboter für Hebevorgänge und Montagen von 3,50mx3,50mx3,50m angeschafft werden müssen. Das Montageträgersystem sollte darüber angebracht werden.
- Montageträgersystem (Traversensystem, Truss system) für Trackingsysteme, Kameras, Projektoren, Sensoren, Lautsprecher
 - 2-5t Tragfähigkeit mit 3-Punkt-Aufhängung
- Tracking-System (Objektverfolgung)¹⁷⁰
- Es wäre für Experimente auf der Experimentierfläche in TEREULT-9 vorteilhaft, wenn an einer Wand, z.B. jenseits der Treadmill, ein Großprojektionssystem für “non-head-mounted viewing of mixed reality” installiert werden könnte. Dazu gibt es industriell verfügbare Systeme.
- Unterbaubarer Boden von TEREULT-9 und Wände mit umrüstbarer Infrastruktur ausgestattet sein
 - Steckdosen, Sensorik und Markierungen
- Kabellose bzw. Kabelarme Elektro-Infrastruktur sollte vorhanden sein
 - Induktionsbasiertes Aufladen von Geräten und Robotern
 - Kurze Kabellängen, Kabelaufhängung an der Decke
 - Gut verteilte Boden- und Deckensteckdosen
- Medienversorgung (nicht-elektrisch)
 - Druckluft, 350 L/min (für Manipulatoren, zur Förderung granularer Stoffe)
 - Wasser zur Reinigung von robotergeführten Werkzeugen für die Baustoffver- und -bearbeitung sowie von Bauhilfsmitteln
- mobiles Hebegerät, das ohne Unterfahrung bis 1 t heben kann (Gabelstapler)
- Tageslicht, mit fernsteuerbarer Verschattung und Lichtregelung, um die Lichtverhältnisse verschieden ausgestalten zu können, was für Tests der Testebene 1+2 sehr wichtig ist
- Support Teams sollten vor Ort oder in der Nähe verfügbar sein
 - Techniker, Informatiker (Anbindung von Prototypen physisch, daten-technisch, an Software, an Hardware (Sensoren, Roboter))
- GPS Repeater sollte für Indoor-Navigation installiert sein (Z.B <https://www.gps-repeaters.com/>)

2.8.7.3 Ausstattung Radverkehrslabor

- Versuchshalle:
 - GPS-Repeater in der Versuchshalle, um bei Fahrexperimenten im Außenbereich und der Halle kontinuierlich GPS-Positionen ermitteln zu können (Z.B <https://www.gps-repeaters.com/>)

¹⁶⁹ Änderung: Testzellen erhalten einen Stromanschluss

¹⁷⁰ Änderung: Trackingsystem spezifisch für den Forschungsauftrag daher nicht teil des Projektbudgets sondern im jeweiligen Forschungsset

- Alle Räume des Usability Labors benötigen nur eine normale Deckenhöhe
- Empfangs- und Warteraum:¹⁷¹
 - Einbautresen sowie Tische und Stühle für Wartebereich
 - Wandmonitor zur Anzeige von Zeitplänen und Hinweisen
 - Steckdosen, Internetanschlüsse und Wifi für Anschluss der Geräte auf Schreibtischen wie für Büroraum mit 2 Arbeitsplätzen üblich
 - Wifi für Gäste
- Beobachtungsraum:
 - Wände mit halbdurchlässigen Spiegeln zu den beiden Nachbarräumen Testraum und Fahrradsimulator (siehe Abbildung Raumplan unter Abbildung 47)
 - 2 Schreibtische und weitere Stühle für Beobachtende und Protokollierende
 - Steckdosen, Internetanschlüsse und Wifi für Anschluss der Geräte auf Schreibtischen wie für Büroraum mit 3 Arbeitsplätzen üblich
- Testraum:
 - 2 Schreibtische für Probandenarbeitsplatz und Testleiter
 - Lautsprechersystem für Anweisungen aus Beobachtungsraum
 - transportabler Raumteiler
 - Mobile bzw. portable Kameras und Eye-Tracking Systeme im Testraum und Raum des Fahrradsimulators benötigen keine feste Installation sondern werden per Stativ aufgestellt
 - Steckdosen, Internetanschlüsse und Wifi für Anschluss der Geräte auf Schreibtischen wie für Büroraum mit 3 Arbeitsplätzen üblich
- Fahrradsimulator:
 - Fest installiertes Fahrrad mit Rollen o.ä.
 - Monitor für Fahrtansicht
 - Lautsprechersystem für Anweisungen aus Beobachtungsraum
 - Mobile bzw. portable Kameras und Eye-Tracking Systeme im Testraum und Raum des Fahrradsimulators benötigen keine feste Installation sondern werden per Stativ aufgestellt
 - Steckdosen, Internetanschlüsse und Wifi für Anschluss der Geräte auf Schreibtischen wie für Büroraum mit 3 Arbeitsplätzen üblich
- Interviewraum:
 - 2 Schreibtische für Probandenarbeitsplatz und Interviewer¹⁷²
 - Steckdosen, Internetanschlüsse und Wifi für Anschluss der Geräte auf Schreibtischen wie für Büroraum mit 3 Arbeitsplätzen üblich
- Lagerraum:
 - Regal zum Lagern technischer Geräte wie Laptops, Kameras, usw.
 - Lagerung von Fahrrädern und Trennwänden

2.8.7.4 Ausstattung Büroräume

- Besprechungsraum (Nr. 6): Kaffeeküche; Projektor

¹⁷¹ Änderung: Mitnutzung der Infrastruktur von LKT bzw. Standard-Büros

¹⁷² Änderung: Mitnutzung der Infrastruktur von LKT bzw. Standard-Büros

- Büros: Telefon- und Internetanschlüsse für alle Arbeitsplätze, Stromversorgung

2.8.7.5 Ausstattung Außenbereich

- Montagebereich für Assemblierung- und Baurobotik:¹⁷³
 - Starkstromanschluss
- Asphaltierte Wege mit Kreuzungen zum Fahrtstest von Robotern
- 2 E-Ladesäulen für Außenroboter (normal)
- Naßbereiche, wie Sumpf und kleiner Teich
 - Wasserschlauch C zur Flutung einer flachen Fläche¹⁷⁴
- Grasbereich
- unbefestigter Dreckbereich
- Wiese zum Ausbringen von Sensornetzen
- 2 E-Ladesäulen für Außenroboter (normal)
- Entwässerungsrinne (0,3x12 m) an einer Längsseite des Baubereiches als Sedimentationsbecken/Schmutzfang¹⁷⁵

2.8.8 ST- Haustechnische Anlagen

Energie

- Alle Büro- und Laborräume sollten beheizbar sein
- Für die nachhaltige Nutzung der Heiz- und Stromversorgung sollen die Energiequellen möglich umtauschbar sein.
- Mögliche nachhaltige Energiequellen sind:
 - (Grundwasser-)Wärmepumpe
 - Solar
 - Wasserstoff
- Auch die Speicherung der Energie (z.B. in Form von Wasserstoff) direkt im SML könnte nachhaltig und vom Vorteil sein.
- Zähler sollten auslesbar sein, Bussysteme

Kommunikation

Für die Testebenen 2-4 wird es erforderlich sein, Kommunikation zwischen den Laborräumen, der Halle und dem Außenbereich zu etablieren. Im Kontext der Telerobotik wäre dafür eine möglichst latenzniedrige Technologie, wie z.B. 5G, notwendig. Die Installation und Konfiguration des Netzwerks sollte in Kollaboration mit allen SML Partnern erfolgen.

Wasser

Im Außenbereich benötigt Construcion Robotics ein Absetzbecken.¹⁷⁶

¹⁷³ Änderung: Die Fahrversuchsfläche ist nur für die temporäre Nutzung vorgesehen. In Abstimmung der Nutzer kann der Montagebereich 10x10m im Randbereich der Fahrversuchsfläche eingerichtet werden.

¹⁷⁴ Änderung: baulich nicht vorgesehen, da erforderliche Druckerhöhung kostentechnisch nicht darstellbar

¹⁷⁵ Änderung: baulich nicht vorgesehen, da nicht Antragsgegenständlich und damit nicht förderfähig

¹⁷⁶ Änderung: baulich nicht vorgesehen, da nicht Antragsgegenständlich und damit nicht förderfähig

2.8.9 ST- Sicherheit

Nutzung

- Durchführung von Experimenten im Rahmen der Forschung der im Objekt vorgesehenen Versuchsaufbauten und Abläufe
- Unregelmäßig Vorführungen, Präsentationen oder vergleichbare Veranstaltungen auch abends oder an Wochenenden
- Durchführung von Blockpraktika in der Zeit von 7:30 bis 20:30 Montag bis Freitag

Nutzer

- Bedienstete und Studierende der TU Dresden
- Gäste der TU Dresden im Rahmen von Vorführungen, Präsentationen oder vergleichbaren Veranstaltungen unter Aufsicht durch eingewiesene Bedienstete oder Studierende der TU Dresden

Schutzziel

- Erhalt der Funktionsfähigkeit der Räume für geplante Nutzung
- Schutz werthaltiger Infrastruktur vor Diebstahl, Sachbeschädigung und Brandereignissen

Mögliche Gefährdung Innerbetrieblich

- Auf Grund der Raumhöhe ist ggf. besondere Absicherung bei Arbeiten in bis zu 4m Höhe nötig
- Fehlfunktionen von (Groß-)Robotern oder bei paralleler Nutzung gemeinsamer Infrastruktur (z.B. Außenpraktika bei zeitgleichen Fahrversuchen)
- Schutz vor Stürzen oder herabfallenden Gegenständen
- Lärm
- Brände an Elektrogeräten und Akkubrände, z. B. in Folge technischer Defekte oder unsachgemäßer Benutzung
- Sonstige Brände in Gebäuden
- Fehlfunktionen von (Groß-)Robotern
- Parallele Nutzung gemeinsamer Infrastruktur (Außenpraktika bei zeitgleichen Fahrversuchen...)

Sicherheitskonzept

- Zugriffskontrolle für Räume
- Getrennt abgesicherte Schaltkreise
- Leicht erreichbarer Notausschalter für einzelne Roboterzellen infolge unvorhergesehener Wechselwirkung zwischen Software und Hardware
- Monitoring von Extremumgebungsbedingungen (z.B. Temperatur, Gase) der gesamten Robotertechnik in allen Räumen
- Flexibles Drahtwandsystem zwischen Testzellen in TERCULT-9 und -9b

Mögliche Gefährdung von Außen

- Diebstahl werthaltiger Workstations, interaktiver Displays usw., inkl. schwer zu ersetzender Spezialhardware

- Diebstahl von Projektoren und sonstiger Medientechnik
- Beschädigung der o.g. Ausstattungen sowie umgebender Bauteile beim Versuch des Diebstahls
- Sachbeschädigung als Folge des versuchten oder vereitelten Diebstahls
- Diebstahl oder Beschädigung von Arbeiten der Forschungsarbeiten bzw. -ergebnissen, welche in den Räumen gefertigt oder gelagert werden.
- Brandstiftung
- Beton-Schutzwand am Montagebereich, um vor fehlmanövrierenden Außenrobotern geschützt zu sein

Folgen

- Hohe Wiederbeschaffungskosten (keine Versicherung möglich - Selbstversicherer)
- Geringe Anlagenverfügbarkeit, Ausfall des Raumes über längere Zeit (Wiederbeschaffungsdauer ca. 3 Monate aufgrund von Vergabevorgängen und Lieferfristen)
- Ausfall des Raumes bei erforderlichen Renovierungsarbeiten (Zerstörung Bausubstanz durch Sachbeschädigung im Zusammenhang mit Diebstahl)
- Daraus folgend Forschungsausfall und Verminderung der Qualität der Forschung (Ersatzräume stehen nicht zur Verfügung)
- Verlust ideeller Werte wie Forschungsergebnisse
- Verlust schwer oder ggf. nicht zu ersetzender Spezialhardware
- Daraus folgend fehlende Abschlüsse oder Rückschritt in Forschungsergebnissen, Verlust von Drittmiteinnahmen

2.9 Professur für Verkehrsprozessautomatisierung (VPA)

2.9.1 VPA- Forschungsthemen

Gegenstand des Versuchsaufbaus ist ein auf einer Ebene aufgebautes, autonomes, vernetztes Verkehrsmodell mit beweglichen Agenten (u.a. Autos; geplantes Verhältnis 1:20).

- Versuchsaufbau auf einer Fläche von 15x15 m²
- Plattform:
 - 0,6m Unterseite über Boden zur unterseitigen Verkabelung
 - Lochplatter zur Durchführung von Kabeln; Lochgröße min. 2cm Durchmesser; Verteilung min. 4 Löcher pro m²
Umsetzung über OSB Verbundplatten auf Traggestell, sodass Teile (1m²) der Plattform händisch herausgehoben werden können¹⁷⁷
 - Belastung bis 150 kg)
 - Beleuchtung unter Plattform für Montagearbeiten nötig¹⁷⁸
 - Errichtet von Baufirma; Seitenverkleidung von VPA
 - Treppe seitlich
- Abgehängte Decke zur Anbringung von Sensoren:
 - Reine Tragekonstruktion ohne Verkleidung
 - Konstruktion parallel zu Bodenplatte (Lochplatte)
 - Befestigungspunkte für Beameraufhängung
die Beamer hängen jeweils mittig über 5x5 m² Fläche des Versuchsaufbaus -> 9 Beamer -> 9 Aufhängungspunkte
 - Andere Geräte (Sensoren) frei positionierbar anbringen; Gewicht der Sensoren bis max. 500g)
 - Wartungsgang nur sinnvoll, wenn er sich senkrecht zum Gang verschieben lässt; keine Priorität;¹⁷⁹ Anbringen von Sensoren auf Leiter ausreichend
- 1m breiter Gang um den Versuchsaufbau; 3m auf Türseite
- Keine Emissionen vorgesehen
- Worst Case Szenarien
 - Masse und Geschwindigkeit der beweglichen Agenten sind vernachlässigbar (Aufbau analog zu „Scaled Smart City“ von University of Delaware:
https://www.youtube.com/watch?v=dH_zhb6j7f4&t=7s)
 - Mehrere Ladestationen für Live-Aufladung während einer Versuchsdurchführung -> siehe 5.1 Innerbetriebliches Sicherheitskonzept
- Kein Bedarf an Gas oder Wasser
- Versuchsdurchführung wird, da remote steuerbar, potenziell dauerhaft geschehen
Kameras werden als Teil der Sensoren für Deckenmontage genutzt und werden wie diese über unsere Server ausgewertet¹⁸⁰

¹⁷⁷ Änderung: keine Vorgabe OSB

¹⁷⁸ Änderung: mobil vorgesehen, keine fest installierten Beleuchtungen

¹⁷⁹ Änderung: wird nicht umgesetzt

¹⁸⁰ Änderung: Kameras sind nicht Antragsgegenständlich und daher nicht teil des Projektbudgets

- Option auf Installation mehrerer Beamer; Installation einer herkömmlichen Klimaanlage bevorzugt
Beamer projizieren auf den Versuchsboden (eine Alternative Darstellung der Infrastruktur; benötigt von Prof. Okrin)

2.9.2 VPA- Arbeitsabläufe und Prozesse

- Reparatur / Modifizierung am statischen Versuchsaufbau
Im Versuchsraum werden Sensoren auf der Versuchsfläche oder abgehängten Decke angebracht.
Kabel werden unterseitig/überseitig zu Anschlussfeldern gelegt.
Infrastrukturelemente auf der Modellfläche werden ausgetauscht, Straßenverläufe werden geändert
- Reparatur / Modifizierung an beweglichen Agenten
Geräte werden vom Versuchsraum zur Werkstatt gebracht. Maximal 2 Mitarbeiter arbeiten in Werkstatt.
Zugriff auf Lagerschrank und Werkstattwagen,
Alte Akkus werden entsorgt.
- Arbeiten an den Arbeitsplätzen
Es wird über Notebooks auf Sensoren im Versuchsraum zugegriffen. (ca. 1 pro 3mx3m Raster, wie Projektoren)
Remoteverbindung über Server werden getestet und eingestellt.
Ein Direktzugang zu den Servern ist für Wartungs- und Modifizierungsarbeiten nötig¹⁸¹
- Demonstration für kleine (Studenten-)gruppen (ca. 5-10 Personen)
Lehrveranstaltung finden nicht statt
Der Gruppe wird der Versuchsaufbau im Versuchsraum gezeigt.
Im Besprechungsraum wird über das Mediensystem die Übertragung des Versuchsaufbaus mit ergänzenden Daten und Visualisierungen gezeigt.
- Es werden keine großen Anlieferungen benötigt.
- Umkleiden werden nicht benötigt
- Übernachtungsmöglichkeiten werden nicht benötigt
- Separate Sanitäreinrichtungen werden nicht benötigt
- Reinigung des Versuchsaufbaus erfolgt in Eigenregie. Der Rest des Raums von einer Firma gereinigt werden (Gänge und Präsentationsbereich im Türraum).
- An-/Abreise erfolgt größtenteils über öffentliche Verkehrsmittel; 1 Parkplatz benötigt

2.9.3 VPA- Organisatorische Gliederung

- Anwesend sind 2 Personen, je eine Person aus den beiden Lehrstühlen
- Wissenschaftliche Mitarbeiter ohne Hierarchieunterschiede; keine Weisungsbefugnis
- Bei Anwesenheit beider Mitarbeiter erfolgt durchgängige Zusammenarbeit
- Maximal 2 weitere Mitarbeitern anwesend in Versuchsraum oder Werkstatt
- Anwesenheit durchschnittlich 3x pro Woche

¹⁸¹ Änderung in Abstimmung mit dem ZIH erfolgt nur die Errichtung von Datenverteilschränken und die Umschaltung auf die Zentralen Server in Dresden. Weitere Server sind Sache der Institute und nicht Teil des Projektbudgets.

- Kein externes Personal vorgesehen

2.9.4 VPA- Räumliche Gliederung

Gruppe/ Struktur	Erforderlicher Raumtyp	Zeitliche Nutzung des Raumtyps:
-	2-Personen Büro	Jede Woche an durchschn. 3 Tagen
-	Werkstatt 1 Arbeitsplatz	Bedarfsabhängig; geschätzt 1x pro Woche stundenweise
-	Präsentations- Meetingraum	Bedarfsabhängig; Geschätzt alle 14 Tage

2.9.5 VPA- Stoffströme

Beschaffung:

Büromaterial und Ersatzteile für den Versuchsaufbau sind nur in Kleinstmengen nötig und werden von den wissenschaftlichen Mitarbeitern in Eigenregie mitgebracht.

Entsorgung:

Akkus in Form von Powerbanks oder äquivalentes von gleicher Größe

2.9.6 VPA- Bauliche Strukturen

Raum Nr.	Raumtyp	Fläche [m ²]	Anzahl [Stck.]	Nutzung
1	Büro (2 Personen)	20	1	Planung/Auswertung/ Verwaltung
2	Besprechungs- raum	80	1	(hybride) Präsentatio- nen (für Studenten)
1	Werkstatt	10	1	1 Werkstattplatz in der Werkstatt mit La- gerkapazität für ei- gene Werkzeuge u. Ersatzteile (kleiner Schrank)
2	Versuchsraum	320	1	Versuchsaufbau
3	Parkplatz	-	1	Für Mitarbeiter + evtl. Gäste

Besprechungsraum, Lager und Werkstatt können in Gruppennutzungskonzept genutzt werden

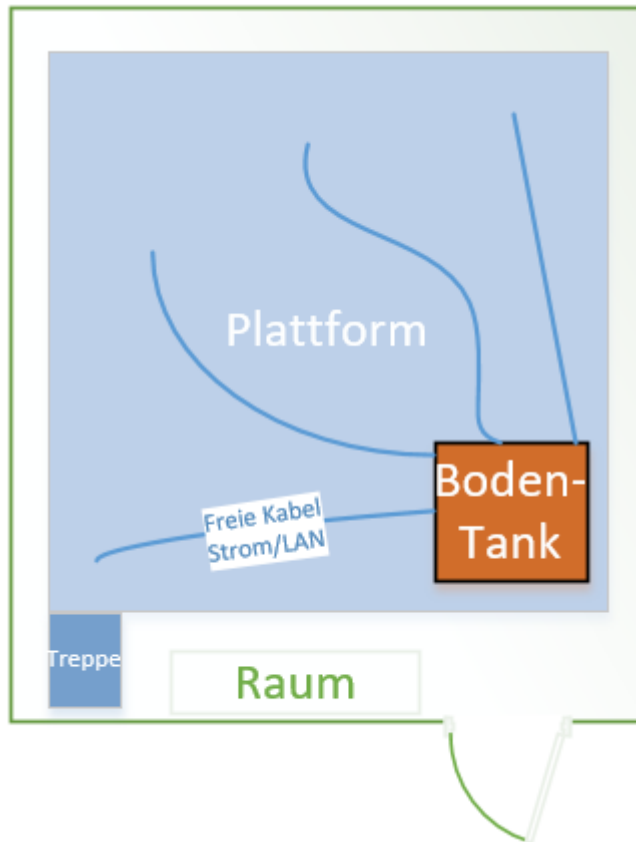


Abbildung 48: Raumgestaltung Versuchsraum VPA

2.9.7 VPA- Ausstattung

Büro:

- 2 Arbeitsplätze
- je 3 Steckdosen (USV-Absicherung nicht notwendig)
- je 2 Netzwerkanlüsse (1x PoE)
- natürliches Licht

Besprechungsraum:

- zentraler Besprechungstisch mit Anschlussfeld für HDMI, LAN und Strom
- Wandmonitor mit Kamera für Videokonferenz
- natürliches Licht

Werkstatt:

- Werkstatttisch
- Abschließbarer Werkzeugwagen
- Lagerschrank 1m breit; abschließbar

Versuchsraum:

- Raum 17x19 m² (15x15 m² Versuchsfeld mit 1m Umlauf und zusätzlichen 3m auf Türseite = Präsentationsbereich im Türraum)
natürliches Licht mit Option zur Komplettverdunkelung
Beschreibung der Plattform siehe 1.1.; fest installierte Treppe im Präsentationsbereich an einer Seite
- 1x Regal & 1x Schrank (1,5m x 0,5m BxT)
- Elektro-Bodentank für Unterboden Ecke mit 10 Steckdosen und 10 Netzwerkdosen (Möglichkeit der Komplettabschaltung); je 10 Netzwerkdosen
Anschlussfelder für Verkabelung Zwischendecke benötigt analog einen Festauslass für 12 Steckdosen und 12 Netzwerkdosen PoE
- Zusätzlicher Strom- & Netzanschluss (ohne PoE) für Beamer direkt an die Befestigungspunkte gelegt
- Beleuchtungskranz Deckenkante; dimmbar
- Beleuchtung unter Plattform für Montage
- Keine anderen besonderen Anforderungen an Beschaffenheit Wände und Boden, Türen

2.9.8 VPA- Haustechnische Anlagen

- Konstante Temperatur (20°-24° Celsius) (Kühlung erforderlich,¹⁸² da Option von Montage mehrerer Projektoren an Zwischendecke besteht)
- Keine Wasserversorgung Spül- und Wasch- und Ausgussbecken in Sonderbereichen
- Keine Gase, Kraftstrom, Druckluft, Vakuum
- Keine Abwasserbehandlung
- Keine Notstromversorgung
- Licht im Versuchsraum: dimmbar; Tageslicht mit Option Komplettverdunkelung
- IT- Anforderungen:
 - IEEE 802.11ac
 - PoE Anschlüsse im Versuchsraum und im Büro

2.9.9 VPA- Sicherheit

Spezielle Anforderungen außerhalb des am SML umgesetzten Standards sind nicht erforderlich
Kameras dienen nicht der Überwachung sondern sind nur Sensoren für automatische Objekterkennung o.ä.

(Not)Abschaltung über Ferne über separates LAN-Netz (minimale Verzögerung)¹⁸³

Zeitschaltung (Nachtabstaltung) ist nicht erforderlich (wird entweder händisch oder über Fernabschaltung geregelt)

Die Risikobeurteilung erfolgt vor Aufnahme der Nutzung in einer gesonderten Gefährdungsbeurteilung. Neu hinzustoßende Mitarbeiter sind einzuweisen.

¹⁸² Änderung: technische Kühlung nicht erforderlich

¹⁸³ Änderung: nur programmierte Abschaltung, baulich nichts vorgesehen

3 Arbeitsabläufe und Prozesse

3.1 Arbeitsabläufe

3.1.1 Wartung

Die Wartung erfolgt durch beauftragte Drittfirmen. Ein typischer Ablauf ist im Folgenden dargestellt:

Bestellung der Firmen entsprechend Wartungszyklen → Anreise mit PKW/ Transporter → Zutritt zum Gebäude durch Klingel und Gegensprechanlage → Empfang der Firmen durch den Objektmanager → Begleiten zum Arbeitsort → Selbstständige Wartungsarbeiten (ggf. mehrere Wege zurück zum Fahrzeug nötig) → Meldung an Objektmanager bei Fertigstellung → Verabschiedung durch Objektmanager

3.1.2 Reinigung

Die Gebäudereinigung erfolgt in vorher abgestimmten Zyklen vorwiegend außerhalb der Kernnutzungszeiten in Eigenverantwortung durch Drittfirmen.

Anreise des Reinigungspersonals mit PKW/ Transporter → selbstständiger Zutritt zum Gebäude über Schließanlage → Aufsuchen der Putzmittelräume und Versorgung mit Reinigungsmaterial und Wasser → Reinigung der vorgesehenen Räumlichkeiten → Aufräumen von Reinigungsmaterial → selbstständiges Verlassen des Gebäudes

3.1.3 Anlieferung

Neben der Anlieferung von Kleinmaterial und Paketen, die über den Haupteingang an das Empfangspersonal abgegeben werden und durch dieses weiter verteilt werden, erfolgen gelegentlich auch größere Anlieferungen mit LKW. Dies folgt einem abweichenden Prozedere

Anfahrt des Lieferanten mit LKW und direkte Meldung am Lieferantentor über Gegensprechanlage beim Objektmanager → Öffnen des Tors und Einfahrt → Durchfahrt bis zum Wirtschaftshof → dort Empfang durch den Objektmanager → Abladen per Gabelstapler und Zwischenlager auf den vorgesehenen Flächen des Wirtschaftshofs → Ausfahrt durch zweites Tor.

3.1.4 Entsorgung

Auf den Etagen stehen Sammelbehälter bereit, die die Sortierung des anfallenden Abfalls ermöglichen. Die Sammelbehälter werden durch das Reinigungspersonal im Wirtschaftshof in den dafür vorgesehenen Containern entleert.

Die Regelmäßige Müllentsorgung von Hausmüll ab Wirtschaftshof wird durch den Objektmanager vorbereitet. Dieser stellt die Behälter auf die vorgesehenen Abstellplätze an der Straße. Dann erfolgt die Abholung durch die städtische Müllabfuhr.

Für Container und Schrott sowie für Sicherheitscontainer für Akten erfolgt die Abholung durch Drittfirmen direkt im Wirtschaftshof analog zur Anlieferung.

3.1.5 Bereitschaftsdienst

Gelegentlich kann es vorkommen, dass die Halle und die Außenfläche tagsüber von Versuchen belegt ist. Versuche können dann auch nachts gefahren werden. Andere Versuche sollen im Dunkeln stattfinden. Die Anreise und Abreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist in der Nacht jedoch nicht mit der erforderlichen Frequenz gegeben. Außerdem ist es notwendig, dass bestimmte Versuche über einen Zeitraum von 24h regelmäßig kontrolliert und justiert werden. Daher soll es für Wissenschaftler möglich sein, zeitweise in dafür ausgestatteten Räumlichkeiten zu übernachten.

3.1.6 Empfang

Die zu erwartende Zahl an externen Besuchern insbesondere im Zusammenhang mit Probandenstudien oder auch durch Drittfirmen und Studentengruppen erfordert einen ständig besetzten Empfang/ ein Pförtnerbüro.

Besucher klingelt → Einlass über Gegensprechanlage → Empfang und Erfassen des Anliegens → Begleiten an Zielort/ Warten auf Abholung

4 Organisatorische Gliederung

4.1 Personengruppen

4.1.1 Objektmanager

Für den Betrieb des Gebäudes ist es erforderlich, dass ein Objektmanager ständig vor Ort ist. Die Funktion kann an auch eine ortsansässige Firma untervergeben werden. Neben den bereits beschriebenen Prozessen, müssen in aller Regel Störungen behoben werden. Die Betreuung durch TU-eigene Techniker aus Dresden ist wegen der Entfernung nicht darstellbar. Aufgrund der Komplexität des Gebäudes und seiner Nutzung ist es erforderlich die Stelle arbeitstäglich ständig zu besetzen.

4.1.2 Empfangspersonal

Die zu erwartende Zahl an externen Besuchern insbesondere im Zusammenhang mit Probandenstudien oder auch durch Drittfirmen und Studentengruppen erfordert einen ständig besetzten Empfang. Das Empfangspersonal kümmert sich primär um Besucher und den kleinformatischen Posteingang.

4.1.3 Drittfirmen

Der Großteil der Aufgaben zur Aufrechterhaltung des Gebäudebetriebs erfolgt durch Drittfirmen. Diese reisen in kleinen Gruppen bis 3 Personen mit PKW oder Transportern an. Der Objektmanager ist Ansprechpartner und für sie verantwortlich.

4.1.4 Wissenschaftliches Personal

Das wissenschaftliche Personal betreut die beschriebenen Versuche am SML. Der Interdisziplinäre Austausch der Anwesenden ist gewünscht, um aus dem Arbeitsprozess heraus weitere Synergien zwischen den Forschungsbereichen zu generieren.

4.1.5 Technisches Personal

Maschinen und Geräte in den Werkstätten und die Forschungsgeräten müssen durch fachkundiges Personal bedient und kleinere Störungen eigenverantwortlich beseitigt werden. Hierfür stellen die Beteiligten Professuren technisches Personal ein. Das Technische Personal wertet keine Versuche aus und kann in den Werkstattbereichen untergebracht werden, wo sich bereits ein separater Sanitärtrakt und die Umkleiden befinden.

4.1.6 Versuchs- und Sicherheitskoordinator

In den Aufgabenbereich des Versuchs- und Sicherheitskoordinators fallen:

- Administration bzw. Vergabe von Versuchskapazitäten,
- Zuweisung von Versuchsflächen,
- Koordinierung von parallelen Versuchen,
- Überprüfung und Freigabe von Sicherheitskonzepten für die Versuche,
- Überwachung der Versuche und Kontrolle der Einhaltung der Sicherheitsmaßnahmen,
- wissenschaftliche Vermarktung des SML,

- wissenschaftliches Bindeglied zur Vernetzung der unterschiedlichen Wissenschaftsbereiche,
- administrative Verwaltung der Flächennutzung durch Projektpartner.

Der Koordinator muss eng mit dem Objektmanager zusammenarbeiten und einen Zugriff auf sicherheitsrelevante Systeme (Gegensprechanlage, Not-Aus- Schalter, Schranken- bzw. Tor-/Türsteuerung) sowie alle Videosignale haben. Er sollte einen Arbeitsplatz im Hauptleitstand und einen Büroarbeitsplatz bekommen. Eine Remote-Anbindung für die Fernüberwachung (bspw. aus Dresden) sollte ebenfalls vorgesehen werden.

5 Sicherheit

5.1 Innerbetriebliches Sicherheitskonzept

5.1.1 Sicherheitszonen und Sperrzonen

Das Grundstück wird basierend auf den Versuchsabläufen der Forschungstätigkeiten in mehrere Zonen unterteilt. In diesen Sperrzonen dürfen sich bei den laufenden Versuchen nur die für den jeweiligen Versuch verantwortlichen eingewiesenen Personen aufhalten. Die Zonen sind gegenüber Sicherheitszonen baulich abzugrenzen. Ein unbeabsichtigtes und unbefugtes Betreten ist bei laufenden Versuchen dadurch auszuschließen, dass Zugänge mit Sperrband abgesperrt werden. Zusätzlich soll das Öffnen einer zu dem Versuchsbereich zugewandten Tür eine für alle Anwesenden wahrnehmbare Warnmeldung, visuell durch Blitzleuchte und akustisch durch Warnsignal auslösen. Versuche sind in diesem Fall zu unterbrechen bzw. je nach Gefahrenlage mit erhöhter Vorsicht fortzusetzen. Jede Sperrzone ist optisch von der jeweils angrenzenden oder überschneidenden Sperrzone abzugrenzen. Für jede Sperrzone ist ein separates optisches und akustisches Warnsystem vorzusehen. Zugänge sind ebenfalls mit Warnanlagen auszustatten. Im Buchungssystem sind überschneidende Sperrzonen mit zu buchen. Der Aufenthalt in der baulich gesicherten Zone muss auch für nicht eingewiesene Personen gefahrlos möglich sein. Versuche sind auf die Sperrzonen zu begrenzen. Bei Versuchen muss eine Person ausschließlich zur Überwachung der Sicherheitsbestimmungen eingesetzt werden.

5.1.2 Mögliche Gefährdungen der Bausubstanz

Bezüglich der Gefährdung der Bausubstanz durch die Nutzung wurden die folgenden Risikoschwerpunkte ermittelt:

- Anprall
- Brand
- unzulässiger Gewichtseintrag
- Wasser

Das SML zeichnet sich als Testumgebung für Realfahr- und -flugversuche aus. Folglich stellen bewegliche Objekte unterschiedlichster Gewichtsklassen einen wesentlichen Risikofaktor für die Bausubstanz durch Kollision dar. Das höchste Kollisionsrisiko geht von autonom fahrenden Fahrzeugen und Flugobjekten aus. Wegen der geringeren Geschwindigkeit sind Unfälle mit Staplern und Hebezeugen an der Bausubstanz weniger wahrscheinlich.

Von den in den Fahrzeugen und Flugobjekten verbauten Akkus geht bei Beschädigung die Gefahr des Brandes aus. Gleiches kann beim Ladevorgang geschehen. Akkubrände zeichnen sich durch große Hitzeentwicklung aus und sind schwer zu löschen, wenn Sie weit genug fortgeschritten sind.

Die Fehlnutzung der vorgesehenen Haltepunkte und Kranbahnen kann zu einem punktuell höheren Gewichtseintrag in die Konstruktion führen, als statisch vorgesehen. Auch die Fehlbelastung mit dynamischen statt statischen Lasten stellt ein Risiko insbesondere für die Deckenkonstruktion und Haltepunkte dar.

Nicht zuletzt schädigt eindringendes Wasser die Bausubstanz, wenn diese nicht für diesen Lastfall vorgesehen ist. Der Wassereintrag durch den Nutzer ist in allen Räumen mit Wasseranschluss möglich. Weiterhin wird durch Reinigung der Boden mit Feuchte beansprucht. Im Klimaraum und in der Fahrzeugwerkstatt erfolgt der Wassereintrag dagegen planmäßig. Außerplanmäßig wird über die Witterung Nässe durch die Außenöffnungen eingetragen. Im Brandfall löst die Sprinkleranlage einen erheblichen Wassereintrag aus.

5.1.3 Mögliche Gefährdungen der anwesenden Personen

Personen setzen sich insbesondere beim Aufenthalt auf den Versuchsflächen folgenden Gefahren aus:

- Unfall
- Gefahrstoffe
- Brand
- Gifte/ Abgase
- Lärm
- Parallelbetrieb von Teilflächen

Zusätzlich zu den Risiken Unfall und Brand, die auch für die Bausubstanz bestehen, bedarf es Schutzmaßnahmen gegen Gefahrstoffe, wie Betriebsmittel, Kraftstoffe und Chemikalien aus Akkumulatoren. Darüber hinaus stellt der bei den Versuchen emittierte Lärm eine Belastung dar. Beim Parallelbetrieb von beieinander liegenden Teilflächen, entstehen weitere potentielle Gefahrensituationen.

5.1.4 Reduzierung der Gefährdung durch Technische Maßnahmen

Im Folgenden sind den ermittelten Gefährdungen bauliche Vorkehrungen gegenübergestellt.

Bausubstanz

Gefährdung	Bauliche Maßnahmen
Kollision, Unfall, unkontrollierte Fahrbewegungen	Anprallwand, Aufprallschutz, Leitplanken, Abweiser, bauliche Trennung
Brandentwicklung	Sicherheitsraum mit Sicherheitsschranken für Akkus, flächendeckende Brandmeldeanlage, Sprinkleranlage
außerplanmäßiger Lasteintrag	Lasteintragspunkte markiert mit zulässigen Lasten in Verbindung mit Objektdokumentation
Wassereintrag von außen, Sprinkler, Trinkwasseranschlüsse, Reinigung	Bodenabläufe, Abdichtungen, Halle mit Straßenaufbau und Pumpensümpfen

Personen

Gefährdung	Bauliche Maßnahmen
Maschinenunfall; Strom	Not- Aus- Schalter; Erste Hilfe
Unbefugte auf der Testfläche	Zugangskontrolle, akustische und visuelle Warnggebung, visuelle Überwachung, direkte Wege; Informationssystem, Fluchtwege
Gefahrstoffe	Wasch- und Umkleidemöglichkeiten, Erste Hilfe; Absaugung
Fahrzeuggestaltung	erhöhte Leitstände, UAV- Fessel, TECPRO Barriers

Durch den Nutzer sind in Abhängigkeit der geplanten Versuche vor deren Durchführung:

- die auftretenden Gefährdungen einzuschätzen,
- sich über die Sicherheitsvorkehrungen Kenntnis zu verschaffen,
- weitere Maßnahmen zu treffen, die die Wirksamkeit der bereits vorgesehenen Schutzmaßnahmen erhöhen.

5.1.5 Gefährdungsbeurteilung

Jeder Beteiligte muss für seine Arbeitsorte auf dem Gelände eine Gefährdungsbeurteilung erstellen. In die Gefährdungsbeurteilung sind auch Gefahren aufzunehmen, die sich aus der parallelen Nutzung von Räumlichkeiten aus den Gefahrenquellen der anderen Akteure ergeben.

5.1.6 Grundsätzliche Überlegungen zum Brandschutz

Für das Gebäude ist nach den Anforderungen der Sächsischen Bauordnung (SächsBO) die Erstellung eines Brandschutzkonzeptes erforderlich. Das Brandschutzkonzept ist aufgrund von Sonderbautatbeständen bauaufsichtlich zu prüfen.

Aufgrund der spezifischen Nutzung der Versuchshalle und der übrigen Forschungsbereiche ist für die Beurteilung des Brandschutzes die Muster-Industriebaurichtlinie heranzuziehen. Das Bürogebäude und der Multifunktionsraum könnten darüber hinaus als Versammlungsstätte eingeordnet werden. Die Büronutzung stellt im Allgemeinen einen unregelmäßigen Sonderbautatbestand dar.

Es wird empfohlen, die antragsgegenständliche Prüfung der Versuchshalle von den übrigen Gebäudeteilen zu trennen. Aus den Sonderbauvorschriften gemäß MIndBauRL ergeben sich Erleichterungen. Diese reduzieren u. a. die Anforderungen an tragende und aussteifende Bauteile auf eine maximal feuerhemmende Ausführung für die Versuchshalle.

Die erforderliche Feuerwehrumfahrung ist, wo erforderlich, auf dem Grundstück bzw. auf der öffentlichen Straße vorzusehen. Diese ist ständig freizuhalten und mit Aufstellflächen zu versehen.

Zur Ausbildung von Flucht- und Rettungswegen sind die Anforderungen der MIndBauRL aber auch der Landesbauordnung anzuwenden. Für die Versuchshalle können die Erleichterungen der MIndBauRL genutzt werden, wonach die Rettungsweglängen durch die Ausstattung mit einer automatischen Feuerlöschanlage und/oder Brandmeldeanlage erweitert werden können. Mit der Verwendung eines Hallentrennsystems ist die hindernisfreie und sichere Führung von Rettungswegen innerhalb eines Brandschutzkonzeptes zu bewerten.

Weitere Anforderungen können sich aus dem Arbeitsstättenrecht ergeben.

5.2 Äußeres Sicherheitskonzept

5.2.1 Schließsystem

Nach Vorgabe TU Nutzeranforderungen ist für die Gebäude ein digitales Schließsystem einzubauen. Die Information über den Öffnungszustand der Außentüren ist in der Gebäudeleitzentrale zu verarbeiten. Die arbeitstägliche Programmierung von Transpondern muss für ausgewiesene Personen möglich sein, damit die Nutzer die Büros im Desk-Sharing betreiben können.

5.2.2 Zaunanlage

Das Grundstück wird vollständig eingezäunt. Im Haupteingangsbereich wird der Zaun an die Fassade herangeführt, sodass ein unbefugtes Betreten insbesondere der Versuchsflächen verhindert wird. Tore sind elektronisch über die Gebäudeleitzentrale zu steuern.

5.2.3 Geländebeleuchtung

Die Geländebeleuchtung wird für Versuche genutzt, bei denen das Tageslicht nicht ausreicht. Die Beleuchtung ist an Masten bzw. am Gebäude befestigt und lässt sich zusätzlich zur Zeitschaltung auch manuell bedienen.

5.2.4 Verschlusskontrolle

Sämtliche Türen erhalten einen Riegelkontakt um die Schließung zu überprüfen. Offenstehende Türen sollen in der Leitzentrale angezeigt werden. Bei laufenden Versuchen soll die Information zusätzlich im Leitstand eingehen, damit die überwachende Person über eine Lautsprecheranlage die betreffende Person ansprechen kann. Nachts sollen offene Türen dem Wachdienst angezeigt werden, der den Verschluss übernimmt.

5.2.5 Kameraüberwachung

Kameras werden zur Überwachung schwer einsehbarer Bereiche eingesetzt. Diese Kameras zeichnen nicht auf und unterstützen lediglich die Person, des Versuchs- und Sicherheitskoordinators im Leitstand als manuelle Überwachung. Die Funktion der Gebäudeüberwachung nach außen wird durch Sicherheitskameras im Außengelände sichergestellt. Die zu diesem Zweck aufgenommenen Bilder werden 12 Stunden gespeichert und dann überspielt. Die Speicherung von Aufnahmen über diesen Zeitraum hinaus benötigt aus Datenschutzgründen einen berechtigten Anlass. Zusätzlich werden zur Aufzeichnung von Versuchen durch den Nutzer Kameras installiert, die jedoch nach dem Versuch wieder abgebaut werden. Diese Systeme laufen getrennt von der Gebäudetechnik und sind im Verantwortungsbereich des Nutzers.

5.2.6 Wachdienst

Die Bestreifung mit Wachdienst ist im üblichen Rahmen für öffentliche Gebäude vorzusehen. Der Wachdienst übernimmt die Verschlusskontrolle am Ende des Tages und zum Wochenende. Dafür erhält er die Information aus dem gebäudeeigenen System. Der Wachdienst übernimmt den Verschluss der geöffneten Türen.