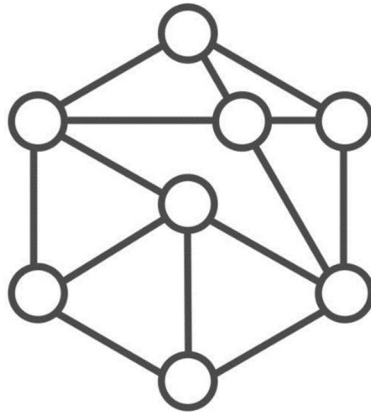


Projektmodul Produktentwicklung PREN H24 / F25

Aufgabenstellung PREN 1 - Herbstsemester 2024 (VERSION 1.0)

18. September 2024

Pfadfinder



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
2. Aufgabe	3
2.1. Ausblick auf PREN 2	4
3. Nachhaltigkeit.....	4
4. Details der Aufgabenstellung.....	5
4.1. Grundfläche für das Wege-Netzwerk	5
4.2. Zu realisierendes Fahrzeug.....	5
4.3. «SIMULATOR».....	6
4.4. Wettbewerbskriterien	7
4.5. Material und Beschaffung.....	7
4.6. Kosten	8
5. Ausführung und Bewertung PREN 1.....	8

Modulverantwortlicher: Carsten Haack

Fachliche Begleitung: Marco De Angelis
Pierre Kirchhofer
Thomas Koller
Rolf Mettler
Adrian Omlin
Kilian Schuster
Peter Sollberger
Markus Thalmann
Martin Vogel

1. Einleitung

Die aktuellen Herausforderungen in der ingenieurtechnischen Produktentwicklung lassen sich meist nicht mehr von einer einzelnen Disziplin lösen. Deshalb erarbeiten an der Hochschule Luzern Teams aus Studierenden der vier Studiengänge Elektrotechnik & Informationstechnologie, Informatik, Digital Engineering sowie Maschinentechnik Lösungen zu einer interdisziplinären, mechatronischen Aufgabenstellung.

In PREN 1 im Herbstsemester erarbeitet jedes Team ein Lösungskonzept auf Basis von verschiedenen Varianten, die bewertet werden. In PREN 2 im folgenden Frühlingsemester bauen die Teams basierend auf ihrem Lösungskonzept ein Funktionsmuster auf, um die Tauglichkeit des Konzepts zu beweisen. Zentral in PREN ist die strukturierte, professionelle Projektabwicklung unter Anwendung der in Kontext / Grundmodulen sowie den in den fachspezifischen Modulen gelernten Kompetenzen. Die Arbeit soll in späteren Projektaufgaben als Beispiel für die Vorgehensweise und die Projektdokumentation dienen.

Die Aufgabestellung in PREN widmet sich dieses Jahr dem Thema:

«Pfadplanung, Wegerkennung / Optimierung».

Es wird ein Fahrzeug entwickelt und gebaut, das auf einem Strassenplan den optimalen Weg durch Hindernisse und Sperrungen findet. Entscheidend ist dabei der Umgang mit und die Übergabe von Bild- und Sensor-Daten über die beteiligten Disziplinen hinweg. Insbesondere bei autonomen Fahrzeugen gewinnen die Datenverarbeitung und die Zuverlässigkeit der Systeme zunehmend an Bedeutung. Dies gilt für Systeme im öffentlichen Raum (self-driving cars, <https://waymo.com/> , <https://www.starship.xyz/>) aber auch für typische Industrieanwendungen (Automation und Robotik, mobile industrial robots MiR, z.B. <https://www.phoenix-mecano.ch/de/produkte/produktion/fahrerlose-transportsysteme-fts>).

Der Austausch zwischen den Fachbereichen und Teilsystemen spielt dabei eine zentrale Rolle, zumal Lösungen möglich werden, die eine alleinstehende Disziplin für sich nicht realisieren könnte. Dies wird in dieser Aufgabe exemplarisch aufgegriffen.



Abbildung 1: autonomes Fahrzeug (Starship Technologies).

2. Aufgabe

Die Aufgabe ist es ein Fahrzeug zu entwickeln, welches autonom (ohne Zugriff von aussen) basierend auf einem vorher bekannten Wege-Netzwerk und den unten genannten Regeln den optimalen Weg vom START zum ZIEL findet. Das Fahrzeug muss sich auf vorgegebenen Leitlinien bewegen. Folgende «Regeln» sind dabei zu beachten:

Gesperrte Wegpunkte

Diese Wegpunkte dürfen nicht befahren werden.

Die gesperrten Wegpunkte sind bis zum Start unbekannt und müssen vom Fahrzeug erkannt werden. Sie sind mit einem Pylonen / Leitkegel besetzt.



Hindernis auf Strecke

Die Strecke bzw. Linie darf befahren werden.

Wird die Strecke befahren, muss das Hindernis vom Fahrzeug erkannt und aktiv von der Strecke aufgenommen und am gleichen Ort (Toleranzzone 20 mm umlaufend) zurückgestellt werden. (Schneepflug / fortschieben nicht zulässig)



Nicht vorhandene Strecken

Strecken können entfernt werden (Linie ON/OFF).

Wird von den Schiedsrichtern freigegeben bzw. entfernt. Nur Strecken mit Klebeband sind befahrbar.

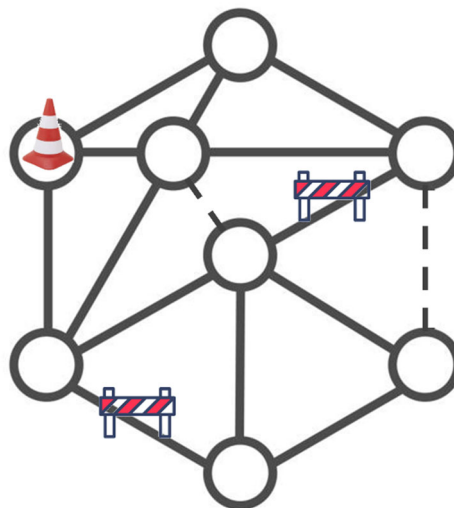


Abbildung 2: vorgegebenes Wege-Netzwerk mit Hindernis und gesperrten Wegpunkten.

Die Funktionalität des autonomen Fahrzeugs wird in einem Wettbewerb überprüft. Der geforderte Prozess-Ablauf ist dabei wie folgt:

- Vor dem Start wird das Fahrzeug vom Team auf einem Startbereich vor dem Startpunkt positioniert, die Pylone für die Sperrungen sowie die Weghindernisse werden von den Schiedsrichtern aufgestellt, Teilstrecken aktualisiert bzw. entfernt. Die Sicht auf die Strecke ist versperrt.
- Die Zielposition wird vorgegeben und über einen Wahlschalter am Fahrzeug ausgewählt.
- Mit dem Kommando «DREI – ZWEI – EINS – START» wird am Fahrzeug der Taster/Schalter aktiviert, welcher den Fahrbefehl und die Zeitmessung auslöst. Die Sicht auf die Strecke wird freigegeben.
- Ohne weiterem manuellen Eingreifen wird automatisch bzw. autonom in möglichst kurzer Zeit vom Startpunkt zum Ziel gefahren, gemäss den Vorgaben / Regeln.

Die Hauptaufgabe in PREN 1 ist das Erarbeiten eines Gesamtkonzeptes mit Details zu den Lösungskonzepten aller Teilfunktionen des geforderten Prozessablaufs, so dass in PREN 2 ein Gesamtfunktionsmuster daraus aufgebaut werden kann. Der Lösungsansatz für einzelne kritische Teilprobleme muss bereits in PREN 1 durch den Aufbau von geeigneten Teilfunktionsmustern in allen Disziplinen verifiziert und dokumentiert werden.

2.1. Ausblick auf PREN 2

In PREN 2 wird das System basierend auf dem in PREN 1 erarbeiteten Lösungskonzept aufgebaut, getestet und Ihr Konzept bestätigt. Als Höhepunkt findet im Rahmen des Kompetenznachweises im Sommer 2025 ein «Wettbewerb» statt, an welchem Sie Ihr Fahrzeug mit denen der anderen Teams messen. Ein Teil der Bewertungspunkte wird entsprechend dem Wettbewerbserfolg vergeben. Bewertet wird die Zuverlässigkeit Ihrer Lösung. Voraussichtlich wird der oben beschriebene Wettbewerb im Foyer vor der Mensa durchgeführt (Campus Horw). Im PREN 2 werden Sie auch Ihre realisierte Lösung hinsichtlich Nachhaltigkeit und Life-Cycle-Design analysieren und den Entwicklungsprozess für das Projekt bzgl. den Zielen für eine Nachhaltige Entwicklung (SDGs) reflektieren.

3. Nachhaltigkeit

Die HSLU leistet in der Lehre und Forschung einen wichtigen Beitrag zum Aufbau von Kompetenzen der heutigen und zukünftigen Entscheidungsträger. Diese werden einen wesentlichen aktiven Teil in der Transformation bzgl. den globalen Nachhaltigkeitszielen (SDGs) beitragen. Im PREN wollen wir Sie deshalb zusätzlich hinsichtlich dieser SDGs sensibilisieren.



Abbildung 3: Die 17 Nachhaltigkeits-Entwicklungs-Ziele der UNO und der Schweiz

In PREN 1 werden Sie allgemein die SDGs kennen lernen und dabei die Wichtigkeit bestimmter SDGs für PREN erkennen. Insbesondere kennen Sie die direkte Beziehung der Aufgabe von PREN zu den Nachhaltigkeitszielen 9 und 12. Das Nachhaltigkeitsziel 12 – «Verantwortungsvolle Produktion» - wird entsprechend auch Ihre Lösungsbewertungen beeinflussen, wie zum Beispiel die Materialwahl, die Konstruktion, die Hardware- und die Software-Ressourcen sowie deren Beschaffungswege und Recycling-Möglichkeiten. Auch die Energieversorgung und der Energieverbrauch der entwickelten Fahrzeuge soll

bereits in der Konzeptphase erfasst werden. Sie werden den Erwerb dieser Kompetenzen in Form einer schriftlichen Teilarbeit als Reflektion in der Dokumentation darlegen.

4. Details der Aufgabenstellung

4.1. Grundfläche für das Wege-Netzwerk

Die Topologie des Wege-Netzwerks bleibt unverändert und ist wie folgt definiert:

- Die Anzahl der Wegpunkte ist fix: 8 Stk.
- Die Wegpunkte selbst sind aufgeklebte Vollkreise, weiss, $D = 7...12\text{ cm}$.
- Der Untergrund entspricht dem Bodenbelag des Foyers der Mensa, Campus T&A Horw.
- Die Punkte werden mit einer hellen Linie verbunden (aufgeklebtes Klebeband, ca. 20 mm breit).
- Der Abstand der Wegpunkte ist variabel 0.5 m bis 2.0 m (Gesamtfläche ist ca. 4.5 m x 4.5 m).

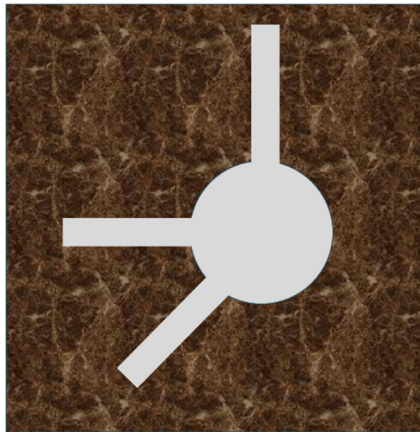


Abbildung 4: typischer aufgeklebter Knoten- / Wegpunkt

4.2. Zu realisierendes Fahrzeug

Das Fahrzeug muss eine Eigenkonstruktion sein. Einzelne Systemkomponenten, wie z.B. Räder, Servos, Motoren, Mikrocontrollerboard, Kamera u.a. dürfen zugekauft und eingesetzt werden. Es dürfen Software-Komponenten/-Services von Fremd-Herstellern verwendet werden. Das Fahrzeug muss die Aufgabe autonom bewältigen. Es müssen sich alle Hardware-Komponenten wie z.B. Sensoren, Aktoren, Steuergeräte im bzw. auf dem Fahrzeug befinden.

- Das Fahrzeug muss innerhalb von 1 Minute auf der Markierung platziert, aufgebaut und betriebsbereit sein.
- Das Fahrzeug ist mit einem physischen Taster / Schalter zu versehen, mit welchem das Fahrzeug mit dem START-Kommando gestartet wird.
- Über einen weiteren Wahlschalter (Eingabegerät) ist das jeweilige Ziel A-B-C anwählbar.
- Ein Eingreifen auf das Fahrzeug ist nach dem Start nicht mehr erlaubt.
- Beim Befahren der Linie muss immer ein Teil des Fahrzeugs auf der Linie verbleiben.

Über einen immer zugänglichen Not-Aus-Knopf oder Schalter kann der mechanisch-dynamische Prozess jederzeit sofort unterbrochen werden.

Das Fahrzeug muss innerhalb des Startbereichs passen (30 cm x 30 cm) und darf das Gewicht von 2 kg nicht übersteigen. Die Höhe des Fahrzeugs oder allfälliger Anbauteile ist auf maximal 80 cm beschränkt.

Das Erreichen der Zielposition muss vom Fahrzeug in einer passenden Form visuell oder akustisch angezeigt werden. Die Zielposition ist ein Wegpunkt. Das Fahrzeug muss in einem Kreis um diesen Wegpunkt zum Stehen kommen (30 cm Durchmesser).

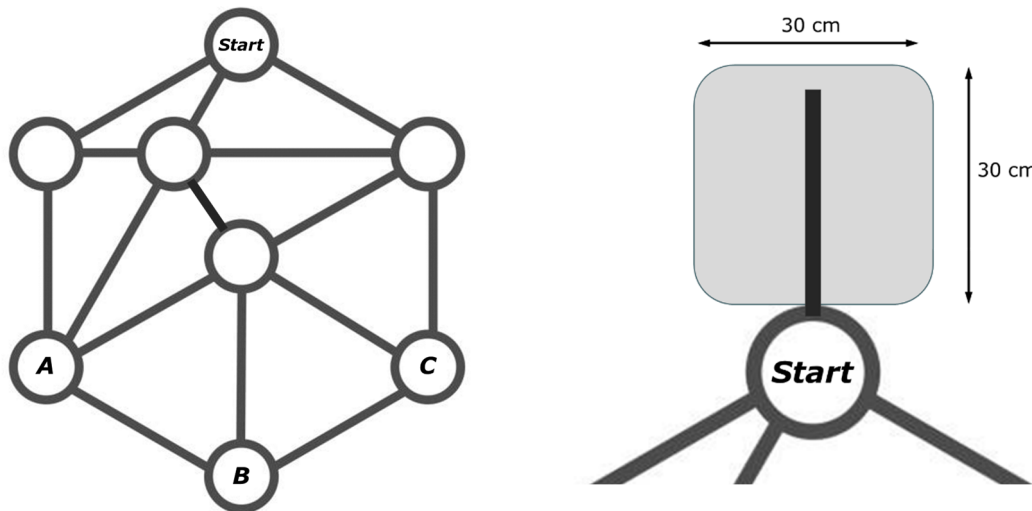


Abbildung 5: Start und Zielpositionen A-B-C, Startbereich (30 cm x 30 cm)

Sie sind auch während der Betriebs- und Test-Phasen zuständig für die Sicherheit des Fahrzeuges (z.B. geeignete IP-Schutzart) sowie für den Schutz der Personen (z.B. beschleunigte Objekte / offene Antriebe).

4.3. «SIMULATOR»

Für den besten Start-Ziel Weg sind Rückmeldungen über aktuelle Hindernisse, Sperrungen etc. wichtig. Darauf basierend muss entschieden werden, wie das Fahrzeug reagieren soll. Dies soll bereits in der Konzeptphase, ohne physisch aufgebauten, fahrfähigen Prototyp des Fahrzeugs, mit einem «Simulator» realisiert, überprüft und getestet werden – z.B. was passiert an Kreuzungspunkten, wie werden gesperrte Strecken zurückgemeldet. Das Vorgehen hierbei muss über den gesamten Entwicklungsprozess PREN1 und PREN2 nachvollziehbar dokumentiert und getestet werden (beispielsweise mit einem einfachen GUI im PREN1, auf Basis der vorgegebenen Topologie) und umfasst die folgenden Teilbereiche:

- Spezifikation,
- Morphologischer Kasten zu den Grundfunktionen des Simulators,
- Konzeption,
- Umsetzung und Test,
- Dokumentation,
- Präsentation MEP.

4.4. Wettbewerbskriterien

Es ist vorgesehen den Wettbewerb anlässlich des Kompetenznachweises in PREN 2 im Foyer der HSLU, vor der Mensa auszutragen (Campus Horw). Ein Lauf bezeichnet den Prozess vom Start- bis zum Zielpunkt. Am Wettbewerb wird jedes Team zwei Läufe absolvieren, wobei der Punkte-bessere Lauf gewertet wird.

Am Wettbewerb haben Sie vor dem Start maximal 1 Minute Zeit, um das Fahrzeug startklar zu machen und im Startbereich zu platzieren, siehe Abb. 5. Die Zeit und Ihr Fahrzeug werden mit dem Kommando «DREI, ZWEI, EINS – START» durch Betätigen des Start-Tasters / Schalters gestartet. Nach 4 Minuten wird ein unbeendeter Lauf abgebrochen.

Für den Wettbewerb und den Kompetenznachweis in PREN 2 gibt es folgendes Bewertungsschema:

- Regelkonforme Fahrstrecke über mind. 2 Wegpunkte (40%).
- Richtiges Ziel erreicht und visuell / akustisch abgeschlossen, korrekte End-Position (40%).
- Geschwindigkeit bzw. Zeit (20%, nur bei korrektem Ziel).
- Gesperrter Wegpunkt nicht erkannt und befahren (disqualifiziert).
- Nicht vorhandene Strecke / Linie befahren, Linie verlassen (disqualifiziert).
- Abzug: Hindernis gerammt / kollidiert / übersehen (-30%).
- Abzug: weitere Anforderungen an Fahrzeug nicht erfüllt (-10%...-30%).

Gemäss den Wettbewerbspunkten wird eine Rangliste erstellt. Die Punkte, welche in die Notengebung für den Kompetenznachweis PREN 2 einfließen, werden entsprechend der Rangierung bestimmt. Sie sind also nicht identisch mit diesen Wettbewerbspunkten.

4.5. Material und Beschaffung

Wird in PREN 1 für Tests oder für den Aufbau von Funktionsmustern Material benötigt, so kann der Kauf beim betreuenden Dozierenden beantragt werden. Der Entscheid zur Beschaffung obliegt dem betreuenden Dozenten oder dem Dozententeam.

Damit **Sammelbestellungen** getätigt werden können, soll das beschaffte Material vorzugsweise von folgenden Lieferanten kommen: *Conrad Electronic, Distrelec, Mädler, Farnell*. Wenn nötig und begründet kann Material auch bei anderen Lieferanten bestellt werden.

Wird Material vom Team selbst eingekauft, können nur die Material-Kosten zurückgefordert werden, d.h. ohne Porto, Versand-/Zollspesen, etc. und nur mittels Abgabe des Originals des Kaufbeleges (nutzen Sie die Sammelbestellungen, s.o.). Eine selbst getätigte Materialbestellung muss auf die Privatadresse erfolgen. Es darf kein Material auf den Namen der Hochschule Luzern Technik & Architektur beschafft werden.

Wird Material im Ausland bestellt, ist zu beachten, dass die Lieferkosten und die Zollgebühren sehr hoch sein können, welche nicht von der HSLU übernommen werden und dass oft beträchtliche Lieferzeiten bestehen.

Die Hochschule hat aus ehemaligen PREN-Durchführungen einiges an Material an Lager wie Servoantriebe, DC- und Schrittmotoren sowie Sensoren und Aktoren. Dieses Material kann für PREN 1 ausgeliehen und in PREN 2 allenfalls weiterverwendet werden. Dieses Material wird dann zu 50% des ursprünglichen Preises in die Kostenrechnung eingebracht.

4.6. Kosten

Für den Bau der Teilfunktionsmuster in PREN 1 und für die Realisierung des Systems in PREN 2 stehen Ihnen als Team insgesamt CHF 500.- zur Verfügung. Davon dürfen maximal CHF 200.- in PREN 1 ausgegeben werden. Aus diesem Betrag müssen sämtliche Kaufteile sowie allfällige Software bezahlt werden.

Die Kosten für Normteile wie Schrauben, Lager, Rohmaterial, Widerstände, Kondensatoren usw. werden nicht verrechnet, sofern die Teile in den Werkstätten der HSLU T&A am Lager sind.

Die Verwendung von «gesponserten» Komponenten ist möglich. Um kein Team zu benachteiligen, werden diese Komponenten, auch wenn der HSLU keine Auslagen entstehen, mit einem realistischen Preis in die Kostenrechnung einbezogen. Private Laptops, Computer, Smartphones und Tablets fallen nicht in die Kostenrechnung. Verwendete Netz- und Ladegeräte fallen ebenfalls nicht in die Kostenrechnung, ausser wenn Sie extra für diese Anwendung beschafft und von der Hochschule Luzern bezahlt werden.

Die Nutzung von «freien» Softwarekomponenten und/oder -Services ist zulässig und belastet die Kostenrechnung nicht. Es können Bauteile im «Rapid-Prototyping» Verfahren mit den 3D-Druckern der HSLU - T&A hergestellt werden. Das mit eigenen 3D-Druckern verarbeitete Material kann nicht vergütet werden. Die verarbeitete Menge muss ausgewiesen werden (Vergleichbarkeit der Ressourcen).

Für Arbeiten am Fahrzeug steht Ihnen die PREN-Werkstatt im Labortrakt (Gebäude I) zur Verfügung. Im Fablab (Gebäude I) lässt sich u.a. mit einem Lasergerät Plexiglas und Holz zuschneiden und bearbeiten.

Die Kosten für die Arbeitszeit von Mitarbeitenden der HSLU - T&A zur Herstellung von Teilen sind in den oben erwähnten CHF 500.- nicht mit eingerechnet. Jedem Team stehen für PREN 1 und PREN 2 zusammen folgende Hilfen zur Verfügung:

- maximal 25 h Maschinenlaufzeit der 3D-Drucker,
- maximal 1 h Maschinenlaufzeit des Lasergeräts,
- maximal 10 Arbeitsstunden des Werkstattpersonals Elektrotechnik,
- maximal 10 Arbeitsstunden des Werkstattpersonals Maschinentechnik.

5. Ausführung und Bewertung PREN 1

Neben der technischen Richtigkeit legen wir unser Augenmerk auch auf die professionelle Abwicklung des Projekts. Dazu gehören unter anderem:

- Kontinuierliche Projektplanung mit Vergleich von Planung und Realität.
- Definition der Produktanforderungen in einer Anforderungsliste.
- Detail Skizze der Aufgabenstellung in einer geeigneten Form.
- Dokumentation der Technologierecherche.
- Erarbeiten von Lösungsvarianten und systematische Lösungsfindung.
- Darauf basierend eine Bewertung der technischen Risiken (Riskmanagement).
- Vollständige, verständliche und nachvollziehbare Dokumentation des Gesamtkonzepts mit entsprechenden Unterkapiteln zu den Hauptfunktionen.

Die Arbeit muss in einem Projektbericht (PDF) dokumentiert und abgegeben werden. Der Aufbau der Dokumentation basiert auf den Inputs aus den Kontext-/Grundmodulen.

Für die Zulassung zum Kompetenznachweis müssen die folgenden drei Meilensteine erfüllt sein (Abgabeform PDF Projektbericht, jeweils **Freitag-Abend, 18:00 Uhr**):

- Projektplanung, Skizzierung / Modell der Aufgabenstellung, Technologierecherche, Anforderungsliste (Meilenstein 1, **Abgabe 04.10.**)
- Evaluation der Lösungsprinzipien, Auswahl der optimalen Lösungskombination(en) (Meilenstein 2, **Abgabe 01.11.**)
- Freigabe des Gesamtkonzepts inkl. «Simulator Wegplanung», Dokumentation zu 80% fertig gestellt, (Meilenstein 3, **Abgabe 6.12.**)

Schlussbericht Konzeptphase PREN1 (Teil der MEP), **Abgabe 10.01.2025**

Für den Kompetenznachweis werden die folgenden Kriterien mit der entsprechenden Gewichtung bewertet (PREN1):

Kriterien	Gewichtung
Teamarbeit und Arbeitsweise Zusammenarbeit / Arbeitsplanung / Problemerkfassung / Konfliktbewältigung / Systematik / Informationsbeschaffung / Interdisziplinarität / Projektmanagement / persönlicher Einsatz / Initiative / Effizienz / Arbeitsmenge	20 %
Resultate und Ergebnisse Innovationsgehalt / technische Machbarkeit / technische Richtigkeit / Einfachheit / Herstellbarkeit / sinnvoller Einsatz von Technologien / Vollständigkeit / Schnittstellen / Wirtschaftlichkeit / Nachvollziehbarkeit / Layout / Softwarearchitektur / Zuverlässigkeit / Ästhetik / Bedienbarkeit / Technologierecherche / Produktanforderung / (Teil-)Funktionsmuster inkl. «Simulator Wegplanung» / Reflexion zur Umsetzung der Kompetenzen «Nachhaltigkeit»	50 %
Dokumentation Formales / Aufbau / Integration der Disziplinen / Sprache / Vollständigkeit / Verständlichkeit / Glaubwürdigkeit / Kohärenz / Abbildungen / Tabellen / Quellenangaben	20 %
Präsentation Beginn / Schluss / Sprache / Inhalt / Verständlichkeit / Glaubwürdigkeit / Vorgehen / nonverbale Aspekte / Einsatz visueller Hilfsmittel	10 %

Wir erwarten eine Zusammenarbeit über die Grenzen der Disziplinen hinweg. Jede Disziplin muss einen nachweisbaren Beitrag zum Erfolg leisten. Alle Mitglieder des Teams erhalten die gleiche Bewertung. In Ausnahmefällen können einzelne Teammitglieder separat bewertet werden und eine individuelle Aufgabe erhalten (Nacharbeit etc.).

Wir freuen uns auf ein erfolg- und lehrreiches Semester mit Ihnen!