

## Aufgabenstellung Challenge PM2 FS26

Ihr Team hat von der Firma «LineXpress – we deliver along the line» den Auftrag erhalten, einen Roboter zu entwickeln und bauen, welcher in der Lage ist, Pakete bei Häusern abzuholen und bei anderen Häusern abzuliefern. Um Ihr Konzept zu testen, baut Ihr Team erst mal ein Funktionsmuster in einem kleinen Massstab.



Abbildung 1: Logo der Firma «LineXpress – we deliver along the line»

Sie werden also am Ende des PM2-Unterrichts mit Ihrem Team einen Roboter gebaut haben, welcher in der Lage ist, bei einem Haus Pakete aufzunehmen, entlang einer Linie zu einem entsprechenden Haus zu fahren und dort das Paket wieder abzuliefern. Da in diesem Marktumfeld grosse Konkurrenz herrscht, muss das Ganze natürlich so schnell wie möglich geschehen.

Neben einer ausgeklügelten Mechanik und einer gut funktionierenden Software geht es also auch um eine gute Strategie, damit der Roboter die Aufgabe schnell und effizient erledigt.



Abbildung 2: AI-generiertes Bild eines Paket-Roboters, welcher einer Linie entlangfährt

Weitere Bestimmungen zur Challenge finden Sie weiter unten in den Abschnitten "Roboter" und "Spielfeld".

### Durchführung:

Bei dieser Übung handelt es sich um ein Entwicklungsprojekt gemäss den VDI-Richtlinien 2221/2222. Sie werden selbstständig Teams von 5 bis 7 Leuten bilden (je nach Klassengrösse). Die Übung muss gemäss dem im PM1 erlernten Vorgehen für Entwicklungsprojekte umgesetzt werden (mehr dazu unten). Die Übung ist ergebnisoffen. Das bedeutet, dass es nicht ‚DIE‘ Lösung gibt, an welcher Sie gemessen werden. Neben der Lösung (Kreativität und Funktion) werden Sie an der angewandten und sichtbar gemachten Methodik und der Qualität der abgegebenen Unterlagen und Ergebnisse gemessen sowie an der Video-Präsentation und dem Projektbericht. Bewertet werden also Prozess und Produkt.

Im Folgenden finden Sie die Rahmenbedingungen für den Roboter und die Umgebung, in der sich der Roboter bewegen muss. Lesen Sie die Bedingungen genau durch.

Ganz wichtig: Ziel der Challenge ist nicht nur die schnellste Zeit, sondern ein robustes, gut dokumentiertes, methodisch entwickeltes Gesamtsystem.

### Challenges:

Sie starten im Depot der «LineXpress – we deliver along the line»-Firma. Dort darf Ihr Roboter eine maximale Grösse von 200 x 200 x 200 mm haben. Danach fahren Sie im Uhrzeigersinn entlang der schwarzen Line bis zum ersten Haus, welches mit einer Querlinie am Boden markiert ist. Dort befindet sich auch ein farbiges Feld am Boden, mit welchem Sie erkennen können, in welcher der vier verschiedenen Positionen sich das Paket beim Haus befindet (die Zuordnung der Farben zu den jeweiligen Häusern wird sich zwischen Übungs-Spielfeld und finalem Spielfeld ändern). Die Paketposition kann dabei im Abstand zur Querlinie am Boden in x- und y-Richtung variieren sowie auf der Terrasse stehen, womit das Paket etwas erhöht ist. Die genauen Positionen sind weiter unten definiert.

Sie nehmen das erste Paket auf und entscheiden, je nach Ihrer Strategie, ob Sie zuerst das Paket beim entsprechenden Haus auf der anderen Seite abliefern, oder ob Sie zuerst alle Pakete aufsammeln und dann alle Pakete abliefern. Dabei ist es wichtig, dass Sie das richtige Paket am richtigen Ort abliefern. Deshalb sind die Pakete in derselben Farbe codiert wie das Feld am Boden des Absenders und des Empfängers.

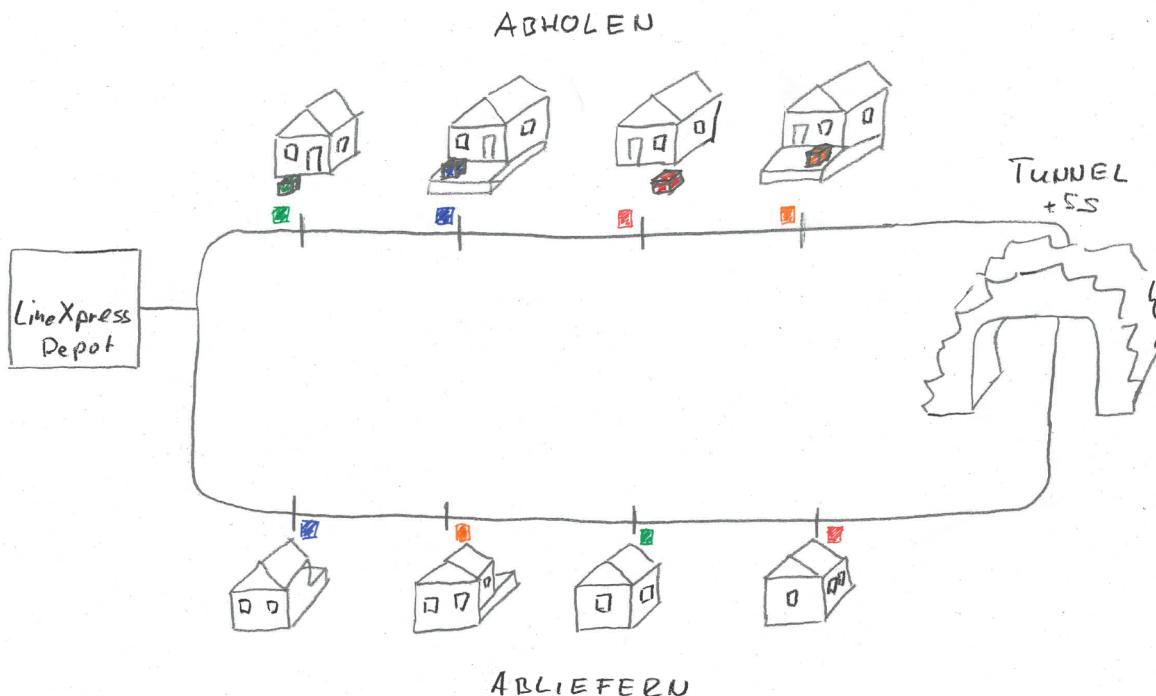


Abbildung 3: Spielfeld

Um die Pakete abzuliefern, können Sie entweder weiter im Uhrzeigersinn fahren, wobei Sie durch den Tunnel fahren müssen, welcher einen Durchgang von 250 x 250 mm hat und der Sie eine Zeitstrafe von 5 Sekunden kostet, da die Beleuchtung im Tunnel sehr schlecht ist und die Sicherheit für Ihren Fahrer und die Pakete nicht gewährleistet ist. Wenn Sie 180° umdrehen und so zu den Abliefer-Häusern fahren, haben Sie unter Umständen einen weiteren Weg, müssen zweimal um 180° drehen, müssen aber nicht durch den Tunnel und sparen so die 5 Sekunden Zeitstrafe. Die Abliefer-Häuser sind wiederum mit einem schwarzen Strich (kürzer als bei den Abhol-Häusern) am Boden markiert. Bei den Abhol-Häusern muss das Paket analog zur Position bei den Abholhäusern deponiert werden. Sobald das letzte Paket richtig abgeliefert wurde, wird die Zeit gestoppt.

#### Roboter:

- Der Roboter muss am Anfang eine maximale Grösse von 200 x 200 x 200 mm aufweisen.
- Der Roboter startet im Depot, ohne Paket innerhalb des markierten Bereichs.
- Die Farbcodierung der Häuser und somit der Pakete ist zufällig, dies müssen Sie entsprechend im Logikteil der Software berücksichtigen (keine hardcodierten Zuordnungen von Paketen und Häusern).
- Der Roboter muss über einen Linien-Folge-Sensor und einen Farbsensor (wird weiter unten beschrieben) verfügen.
- Der Roboter muss in der Lage sein, die Pakete an 4 verschiedenen und klar definierten Positionen aufzunehmen und wieder entsprechend an derselben Position abzuliefern.
- Falls Sie durch den Tunnel fahren wollen, darf Ihr Roboter dabei natürlich nicht grösser als 250 x 250 mm im Querschnitt sein.

- Ob Sie die Pakete auf dem Roboter zwischenlagern oder nach jeder Aufnahme abliefern ist Ihnen überlassen.

**Pakete:**

- Die Pakete haben eine Grösse von 30 x 30 x 30 mm.
- Die Pakete haben seitlich eine Nut, damit sie mit einer Gabel aufgenommen werden können.
- Die Pakete haben auf der oberen Seite einen kleinen Magneten, mit welchem das Paket aufgenommen werden kann.
- An der unteren Seite haben die Pakete einen deutlich stärkeren Magneten, damit sie bei den Abliefer-Häusern in Position bleiben, wenn Sie den Greifer wieder weg bewegen.
- Eine gültige Ablieferung der Pakete ist gegeben, wenn der Magnet des Pakets durch den Magnet des Hauses gehalten wird.

Hier kommt ein 3D-Bild eines Pakets mit den relevanten Massen.

**Spielfeld:**

- Es werden sowohl 4 Abhol- wie auch 4 Abliefer-Häuser vorhanden sein.
- Das Depot der Firma «LineXpress – we deliver along the line» wird mit einem dünnen Rahmen am Boden markiert.
- Alle Fahrlinien (Strasse und Querbalken) haben eine Breite von 20 mm und sind schwarz.
- Die Querlinien der Abhol-Häuser sind **100 mm** breit und diejenigen der Abliefer-Häuser sind **50 mm** breit.
- Jedes Haus ist mit einem farbigen Feld von 40 x 40 mm markiert.
- Die Position der farbigen Felder entnehmen Sie den Bildern weiter unten.
- Die Positionen der Pakete gegenüber den Querlinien entnehmen Sie bitte auch den Bildern weiter unten.

Hier kommt ein Bild des Spielfelds

Abbildung 4: *Spielfeld von oben*

Hier kommt ein Bild der farbigen Felder relativ zu den Querbalken

Abbildung 5: *Position der farbigen Markierfelder*

Hier kommt ein Bild der Positionen der Pakete relativ zu den Querbalken

Abbildung 6: *Positionen der Pakete gegenüber den Querbalken*

**Zeitmessung:**

- Die Zeit startet, sobald sich der Roboter im Depot zu bewegen beginnt.
- Die Zeit stoppt, sobald der Roboter beim letzten Abliefer-Haus einen Zustellversuch gemacht hat (Ein Zustellversuch gilt als erfolgt, sobald der Roboter das Paket losgelassen hat oder der Greifer eine definierte Ablagebewegung ausführt).

- Pro Durchfahrt des Tunnels wird eine Zeitstrafe von 5 Sekunden gegeben.
- Jedes Paket, welches nicht im Zielfeld des jeweiligen Abliefer-Hauses abgeliefert wurde, gibt eine Zeitstrafe von 20 Sekunden.

### Weitere Regeln:

- Die Wahl der Strategie (zuerst alle Pakete aufnehmen oder einzeln abliefern) hat keinen Bonus oder Malus zur Folge.
- Schafft der Roboter die korrekte Ablieferung im ersten Lauf, so wird ein Bonus von 20 Sekunden gegeben.
- Jedes Team hat zwei Durchgänge zur Verfügung, falls der erste Versuch erfolgreich ist, wird kein zweiter Durchlauf gewährt.
- Funktioniert der Roboter nach einem Neustart immer noch nicht wie gewünscht, kann am Schluss (wenn alle anderen Teams fertig sind) noch einmal ein Versuch gemacht werden. Dies wird allerdings mit einer Zeitstrafe von 20 Sekunden gewertet.
- Es darf während des Wettkampfs in keiner Art und Weise mit dem Roboter kommuniziert werden. Der Roboter muss die Aufgabe vollständig autonom erledigen.
- Bei Bedarf können kleinere Regeländerungen oder -erweiterungen während des Semesters vereinbart werden.
- Werden Häuser oder der Tunnel verschoben, hat dies eine Zeitstrafe von 30 Sekunden pro verschobenem Objekt zur Folge.
- Ein Lauf wird nach maximal 8 Minuten abgebrochen und als nicht erfolgreich gewertet.

### Elektronik:

Die abgegebene Elektronik besteht zum einen aus einem Mikrocontroller-Board (Nucleo-Board F446RE) und zum anderen aus einem Motherboard.

Das Nucleo-Board ist eine Platine, welche einen ARM-Mikrocontroller und die dazu benötigte Peripherie besitzt. Diese Nucleo-Boards lassen sich mittels der sogenannten Mbed Programmierplattform in C++ programmieren.

Das von uns entwickelte Motherboard stellt die restliche Peripherie zur Verfügung, welche typischerweise für den Bau von einfachen mobilen Robotern benötigt wird. Dazu gehören:

- 1 IMU (Inertial Measurement Unit mit Gyro, Beschleunigungssensoren und Magnetometer)
- 3 Motorentreiber für die direkte Ansteuerung von DC-Motoren
- 3 Encoder-Counter, um die Umdrehungszahl der DC-Motoren einzulesen
- 4 digitale I/O, 3.3V (5V tolerant)
- 4 analoge Eingänge, 3.3V (5V tolerant)
- Stecker, um die Motoren, Encoder, Sensoren anzuschliessen
- Ladebuchse und einfache Spannungsanzeige für den Akku.
- 1 Slot für SD-Karte, um einfach Daten zu loggen oder auszulesen

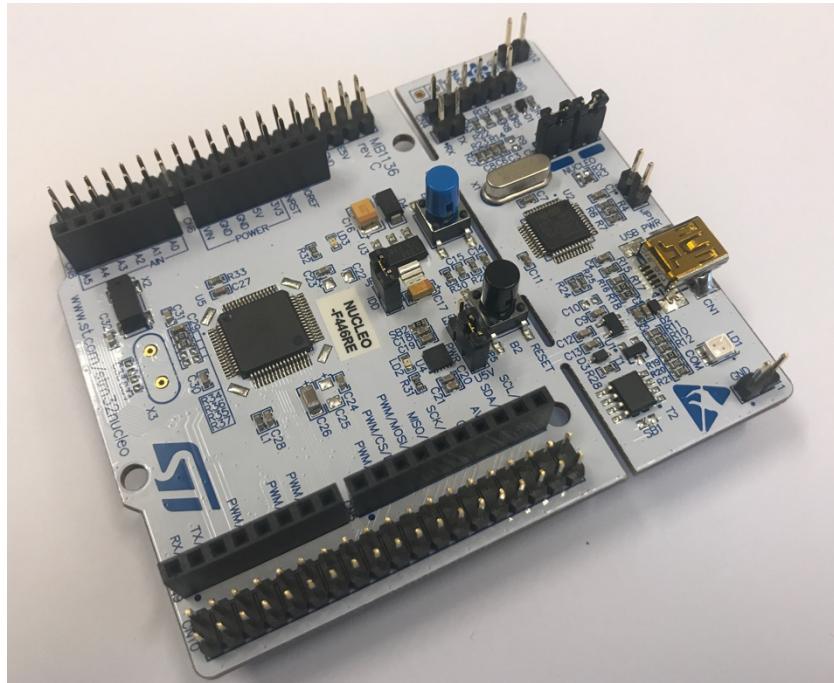


Abbildung 7: Nucleo-Board

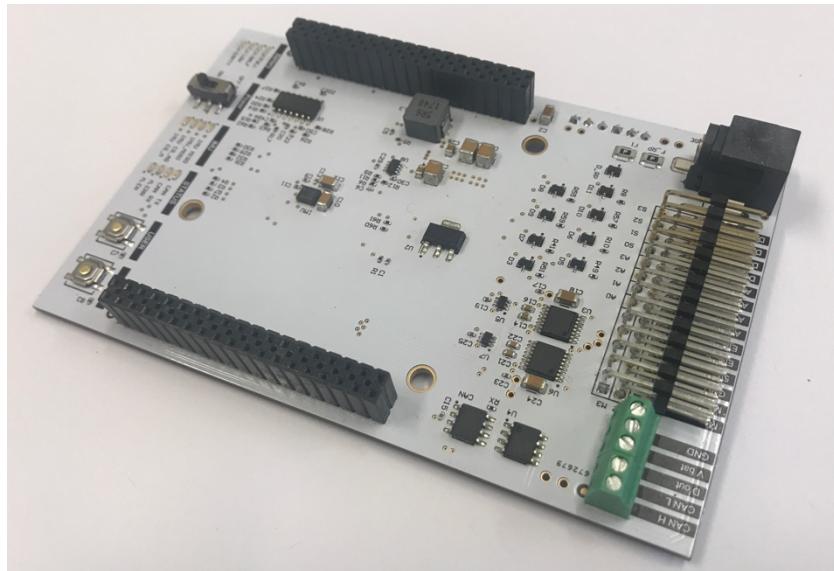


Abbildung 8: ZHAW-Motherboard

Zudem erhält jedes Team 1 Akkupaket. Dabei handelt es sich um 2 in Serie geschaltete NiMH-Akkus mit jeweils 5 Zellen. Sie haben also ein 12 V-Akkupaket mit 2300 mAh.

Detailliertere Informationen über die Elektronik wird Ihnen im Verlauf der Vorlesung gegeben.

Selbstverständlich darf nur so viel Hardware eingesetzt werden, wie auch tatsächlich vom Board kontrolliert werden kann.

**Aktuatoren and Sensoren:**

Im Folgenden wird die Hardware beschrieben, welche jedem Team abgegeben wird:

1 X Ultraschall-Sensor

[https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Ultrasonic Ranger/](https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Ultrasonic_Ranger/)

2 x DC-Motor mit Encoder (Getriebeübersetzung variiert):

Motor: <https://www.pololu.com/category/167/20d-metal-gearmotors>

Encoder: <https://www.pololu.com/product/3499>

2 x RC-Servos:

<https://www.conrad.ch/de/p/reely-standard-servo-cys-s0090-analog-servo-getriebe-material-metall-stecksystem-jr-2203091.html>

<https://www.modellsport.ch/RC-Elektronik/Servo/Futaba/Futaba-Servo-S-3001.html>

1 x analoger Distanzsensor:

<https://www.digikey.ch/de/products/detail/sharp-socle-technology/GP2Y0A41SK0F/3884447>

1 x digitaler Endschalter:

<https://www.digikey.ch/de/products/detail/omron-electronics-inc-emc-div/D3V-166-2C5/5236792>

1 x LED:

<https://www.conrad.ch/de/p/barthelme-led-sortiment-rot-blau-gruen-gelb-warmweiss-rund-5-mm-120-mcd-800-mcd-2000-mcd-20000-mcd-30-35-20-1666905.html>

1 x Line-Follower-Array

<https://www.sparkfun.com/products/13582>

1x Farbsensor

<https://www.berrybase.ch/tcs230-tcs3200-farbsensor-modul>

<https://elektro.turanis.de/html/prj029/index.html>

**Budget:**

Für zusätzliche Hardware steht jedem Team ein Budget von CHF 75.- zur Verfügung. Es wird empfohlen, lediglich Komponenten zu bestellen, welche mit den bestehenden Softwaretreibern verwendet werden können. Genaue Informationen zu möglichen Lieferanten und dem Bestellprozess werden zu gegebener Zeit kommuniziert. Weiter ist darauf zu achten, dass – sofern möglich – Komponenten verwendet werden, welche bereits im Fundus vorhanden sind (auch dazu später mehr). Diese Fundus-Komponenten werden virtuell zu 50 % dem Budget belastet.

### Abzugebende Dokumente:

Sie verfassen einen Projektbericht und geben diesen elektronisch ab. Folgende technischen Inhalte müssen vorhanden sein:

#### Produktentwicklung:

- Einführung / Übersicht
- Zeitplan (→ im Anhang)
- Kurzer Recherchebericht
- Anforderungsliste
- Funktionsstruktur (→ im Anhang)
- Morphologischer Kasten (→ im Anhang)
- Darstellung der wichtigsten Lösungsprinzipien mit aussagekräftigen und sauberen grobmassstäblichen Skizzen
- Nutzwertanalyse
- Kurz-Budget mit Zusammenstellung der Auslagen (Teile aus Fundus 0.5 x, alle 3D-Druckteile, Laserteile, Schrauben, Kabel... gratis) (→ im Anhang)
- Evtl. von NWA zu finalem Konzept, falls finale Lösung sich stark von theoretischer Lösung unterscheidet.

#### Mechanik:

- Einführung / Übersicht
- Ausarbeitung der mechanischen Lösung (von der Idee zum Prototyp)
- Berechnungen von Motorenmomenten oder ähnlichem
- Skizzen der finalen Lösung
- Screenshots der CAD-Konstruktion
- Evtl. etwas über den Zusammenbau

#### Elektronik:

- Einführung / Übersicht
- Beschreibung selbst hergestellte Elektronik (nur wenn selbst Elektronik entwickelt wurde)
- Vereinfachtes Elektronikschemta, das zeigt, welche Ein- und Ausgänge an welchem Pin hängen)
- Dokumentation über verwendete Bauteile inkl. Motoren, Sensoren...

#### Software:

- Einführung / Übersicht
- Flow-Chart Diagramm zur Implementierung ggf. erweitert mit Textbeschreibung

#### Diskussion und Ausblick:

Dieser Abschnitt bespricht die erzielten Ergebnisse bezüglich ihrer Erwartbarkeit, Aussagekraft und Relevanz. Er gibt einen Rückblick auf die Aufgabenstellung, ob sie erreicht bzw. nicht erreicht worden ist; er enthält ein Fazit über das Projekt sowie über mögliche Verbesserungen.

Insbesondere wird auch ein detaillierter Vergleich der gebauten Lösung mit der Anforderungsliste erwartet (sind alle Anforderungen erfüllt, wie gut sind die Wünsche erfüllt).

#### Verschiedenes im Anhang:

- Protokoll der wesentlichen Tests und der daraus resultierenden Erkenntnisse
- Sensorkalibrierung
- Eigene Dokumente oder Daten, wie z. B. Zeitplan

**Der Bericht soll so kurz wie möglich und so lang wie nötig gehalten werden. 10 Seiten reiner Text sollten nicht überschritten werden. Der Anhang und Abbildungen zählen nicht dazu.**

Weitere Details zum Bericht werden Sie während des Semesters von Frau Runte erhalten.

Zusätzlich ist elektronisch abzugeben:

- .stp der Konstruktion
- Elektronikschaltungen (falls vorhanden)
- Kompletter Softwarecode
- Video

Neben dem Bericht werden Sie Ihre Ergebnisse in der Semesterwoche 13 in Form einer Video-Präsentation vorstellen. Dazu erhalten Sie während des Semesters detailliertere Informationen.

### Termine

- Start der Übung U2 ist die SW 1
- Die Video-Präsentationen müssen in SW 13 (13.5. (Klasse ST25a) und 15.5. (Klasse ST25t)) abgegeben werden.
- Die Berichte müssen in SW 14 am Abend des 23.5. abgegeben werden.
- In der letzten oder zweitletzten Woche wird ein Wettkampf stattfinden, bei welchem die Roboter den Parcours abfahren müssen. Der Termin wird noch kommuniziert.
- Der PM2-Semesterplan ist zu beachten.
- Es werden zwei Projektreviews gemäss Semesterplan sowie Coachinggespräche (im Team) im Rahmen der Förderung der ‚Non-Technical Skills‘ durchgeführt.
- In der ST25t fallen 2 Unterrichtseinheiten aus (Karfreitag und 1. Mai).
- Die Soll-Arbeitsstunden pro Person betragen 56 Lektionen (4x14Lektionen) während des Unterrichts plus dieselbe Zeit an Selbststudium, also insgesamt 112h. Das ergibt für eine 6er-Gruppe 672h. Bitte berücksichtigen Sie diese Soll-Zeit in Ihrer Zeit- und Arbeitsplanung.

### Modul PM2

Modulstruktur und Leistungsnachweise des Moduls PM2 sind gemäss der Schulverwaltungssoftware Evento:

Bezeichnung	Art	Form	Umfang	Bewertung	Gewichtung
Leistungsnachweise während Studiensemester	Video-Präsentation	mündlich	tbd	Benotung	30%
Projekt	Projekt U2	schriftlich	Semesterarbeit	Benotung	70%

Die Video-Präsentation sowie das Projekt U2 inkl. Projektbericht ergeben eine Teamnote und werden innerhalb des Semesters erarbeitet.

Video-Präsentation: Die detaillierten Angaben zur Video-Präsentation werden Sie im Verlauf des Semesters noch erhalten.

Projekt U2: Bewertet wird insbesondere das Produkt (die gefundene und umgesetzte Lösung) und der Prozess anhand der abgegebenen Unterlagen gemäss Auflistung ‚Abzuliefernde Ergebnisse‘ und der Beobachtungen während des Semesters. Im Vordergrund steht, dass die Teams eine kreative Lösung finden. Das Abschneiden am Wettkampf fliesst nur minimal in die Beurteilung ein, ist aber ein Teil davon, da dieses eine gute Aussage über das Erfüllen der Aufgabenstellung macht.