

## Aufgabenstellung PREN 1 - Herbstsemester 2020 VERSION 1.2

14. September 2020  
Martin Vogel

# Autonomer «Baugerüst- Roboter»

1	Einleitung .....	2
2	Aufgabe .....	2
2.1	Ausblick auf PREN 2 .....	3
3	Randbedingungen .....	3
3.1	Treppe.....	3
3.2	Hindernisse.....	4
3.3	Startbereich und Spielfeld .....	4
3.4	Podest mit Objekten, Zielbereich .....	5
3.5	Zu realisierendes Gerät.....	5
3.6	Wettbewerbskriterien .....	5
3.7	Material und Beschaffung .....	6
3.8	Kosten.....	6
4	Ausführung und Bewertung PREN 1 .....	7

Modulverantwortlicher: Carsten Haack

Fachliche Begleitung: Marco De Angelis  
Carsten Haack  
Peter Sollberger  
Rolf Kamps  
Pierre Kirchhofer  
Thomas Koller  
Hans Kurmann  
Stefan Lustenberger  
Rolf Mettler  
Adrian Omlin  
Markus Thalmann  
Martin Vogel

## 1 Einleitung

Die aktuellen Herausforderungen in der ingenieurmässigen Produktentwicklung lassen sich meist nicht mehr von einer einzelnen Disziplin lösen. Deshalb erarbeiten an der Hochschule Luzern - Technik & Architektur Teams aus Studierenden der Studiengänge Elektrotechnik, Informatik und Maschinentechnik Lösungen zu einer interdisziplinären, exemplarischen Aufgabenstellung.

In PREN 1 im Herbstsemester erarbeitet jedes Team ein Lösungskonzept. In PREN 2 im folgenden Frühlingssemester bauen die Teams basierend auf ihrem Lösungskonzept ein Funktionsmuster, um die Tauglichkeit des Konzepts zu beweisen. Zentral in PREN ist die strukturierte, professionelle Projektabwicklung unter Anwendung des in Kontext 1 und 2 sowie in den fachspezifischen Modulen Gelernten. Die Arbeit soll in späteren Projektaufgaben als Beispiel für die Vorgehensweise und die Projektdokumentation dienen.

## 2 Aufgabe

Die Aufgabenstellung in PREN für das HS20 und FS21 ist inspiriert durch eine fiktive Arbeitsbühne; «oft steht man unten und hat oben was vergessen...». Stellen Sie sich vor, Sie entwickeln ein autonomes Gerät, welchem Sie den Auftrag geben können, via eine Treppe zum vergessenen Objekt zu gelangen und dieses zu finden. Der Auftrag wird dem Gerät mittels Piktogramms übergeben. Oben auf dem Podest der Treppe wird das richtige Objekt gefunden und dies dem Auftraggeber angezeigt. Und wie es so im richtigen Leben sein kann – auf der Treppe befinden sich Hindernisse...



Das Gerät, welches Sie in den beiden Semestern realisieren werden, muss in der Lage sein, vollständig autonom möglichst schnell und zuverlässig eine vorgegebene, sich im Freien befindende Treppe zu erklimmen. Ihr Gerät startet im Startbereich, bekommt dort das zu suchende Objekt als aufgestelltes Bild gezeigt. Ihr Gerät quittiert den Auftrag akustisch oder visuell sinnvoll und eindeutig dem Publikum. Auf der Treppe gibt es Hindernisse in Form von Ziegelsteinen.



Die Anordnung der Hindernisse wird variieren und ermöglicht keinen direkten Weg nach oben.

Zuoberst auf der Treppe hat es ein Podest mit den zu findenden Objekten. Die Anordnung dieser Objekte ist fest definiert. Hier muss Ihr Gerät das richtige Objekt bzw. die richtige Position ansteuern und berühren/rückmelden für die Zeitnahme.

Das Gerät darf fahren, schreiten, rutschen, klammern, krabbeln, schweben oder auch tief fliegen. Es muss im Freien eingesetzt werden können.

Die Hauptaufgabe in PREN 1 ist das Erarbeiten und Bewerten eines geeigneten Konzepts für die Teilfunktionen. Aus diesem Gesamtkonzept soll auch im Detail ersichtlich sein, wie das Gesamtfunktionsmuster, welches Sie in PREN 2 realisieren werden, aufgebaut sein wird. Der Lösungsansatz für einzelne kritische Teilprobleme muss in PREN 1 durch den Aufbau von Teilfunktionsmustern verifiziert werden.

## 2.1 Ausblick auf PREN 2

In PREN 2 wird das System basierend auf dem in PREN 1 erarbeiteten Lösungskonzept aufgebaut in Betrieb genommen und ausgetestet. Als Höhepunkt findet im Rahmen des Kompetenznachweises im Sommer 2021 ein Wettbewerb statt, an dem Sie Ihr Gerät mit denen der anderen Teams messen. Ein Teil der Bewertungspunkte wird entsprechend dem Wettbewerbserfolg vergeben. Bewertet werden die benötigte Zeit und die Zuverlässigkeit Ihrer Lösung.

Voraussichtlich wird das Spielfeld in der Arena zwischen Trakt II und Trakt III aufgebaut werden.

## 3 Randbedingungen

### 3.1 Treppe

Die Treppe wird sich im Freien auf dem sogenannten Spielfeld befinden. Die Position dieser Treppe ist fix, leicht verankert und darf nur durch den Auftraggeber verändert oder umgestellt werden. Vor der Treppe gibt es einen Startbereich. Um diesen und die Treppe herum gibt es einen Freiraum von 2 Meter, welches als Spielfeld definiert und voraussichtlich mit Kreide/Klebband/Absperrband markiert sein wird. Innerhalb des Spielfeldes dürfen sich nur Personen aufhalten, welche jenen Teams angehören, welche Testfahrten durchführen. Alle Personen innerhalb des Spielfeldes müssen sich jederzeit der Gefahr durch mögliche herunterfallende oder sich frei bewegende Geräte bewusst sein. Der Bereich ausserhalb des Spielfeldes ist nicht definiert. Dort können sich weitere Personen aufhalten. Es dürfen keine Anpassungen am Spielfeld, der Treppe, des Startbereiches oder ausserhalb vorgenommen werden, wie z.B. Anbringen von Führungsschienen oder Navigations-Hilfsmittel.



Abbildung 1: Treppe mit Podest, Gerüstbau  
(Beispiel mit 7 Stufen und Podest, weitere Informationen gemäss Datenblatt)

Die Treppe besteht aus einer Grundkonstruktion aus Aluminium, Stahl, Holz und/oder anderen Materialien. Die Stufenoberflächen können teilweise durchbrochen sein. Die Treppe besteht aus 5-10 Stufen, welche nach hinten offen sein können. Zuerst auf der Treppe befindet sich ein Podest, siehe Abb. 1. Es wird eine übliche Gerüsttreppe verwendet nach Angaben des Herstellers (Datenblatt).

Die Treppe und das Podest haben Geländer / Handläufe für die Personen-Sicherheit. Dieses Geländer darf von Personen nicht überschritten, unterschritten oder verändert werden. Auf der Treppe und dem Podest selbst dürfen sich nie mehr als 2 Personen gleichzeitig befinden!

### 3.2 Hindernisse

Auf der Treppe gibt es Hindernisse zufällig verteilt, welche den direkten vertikalen Aufstieg erschweren bzw. versperren können. Es ist aber auch denkbar die Hindernisse zu überschreiten oder zu übersteigen. Die Hindernisse dürfen berührt aber nicht verschoben oder entfernt werden. Der Raum zwischen den Hindernissen ist so ausgelegt, dass an mindestens einer Stelle auf der jeweiligen Stufe immer mindestens ca. 40 cm Raum für den «Durchgang nach oben» frei ist.

Diese Hindernisse bestehen aus einem oder mehreren Zement- / Backsteinen, siehe Abb. 2, mit den Massen von ca. 25cm x 12cm x 6cm. Auf dem Podest und auch im Startbereich vor dem ersten Tritt hat es keine Hindernisse platziert.

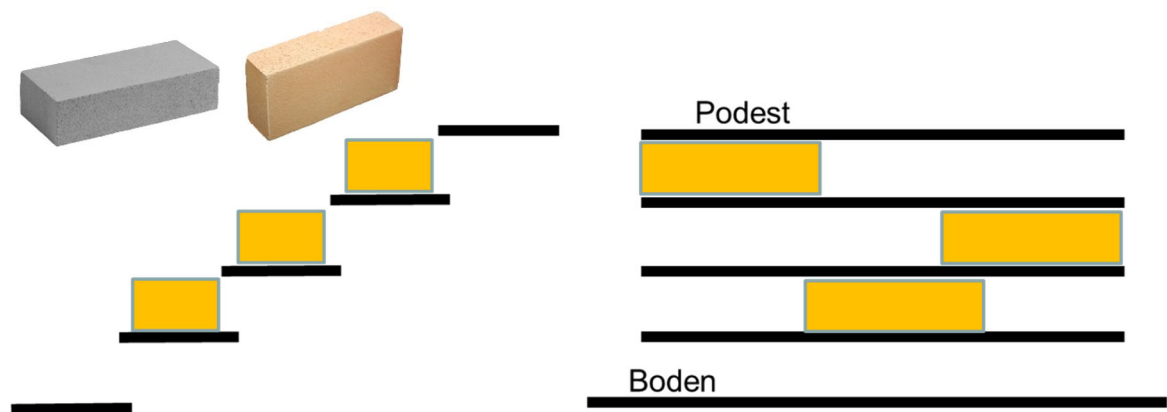


Abbildung 2: Hindernisse auf der Treppe (Skizze)

### 3.3 Startbereich und Spielfeld

Vor der Treppe auf dem Boden befindet sich der Startbereich (Holzboden). Dieser hat die Masse von ca. 200cm x 150cm. Innerhalb des Startbereiches gibt es ein markiertes Startfeld mit den Innen-Massen von ca. 40cm x 40cm. Die Position des Startfeldes ist nicht definiert. Das Gerät wird vor dem Start innerhalb des Startfeldes platziert und darf die Markierungslinien dabei mit den Geräte-Aussenmassen nicht überschreiten.

An einer fest definierten Position im Startbereich wird vor dem Start jeweils ein zufällig ausgewähltes Piktogramm des gesuchten Objektes platziert. Die Bildabmessung ist ca. 20cm x 20cm, die Objekt-Abbildung darauf ist ca. 15cm x 15cm und ist zentriert angeordnet.

Es wird beispielsweise eines der folgenden 5 Objekte als Piktogramme abgebildet sein:



Abbildung 3: Beispiele Piktogramme Objekte (festgelegte Reihenfolge 1..5 im Zielbereich)

### 3.4 Podest mit Objekten, Zielbereich

Das Podest hat die Abmessungen von ca. 100cm x 150cm. Auf dem Podest befinden sich die o.g. Zielpositionen, welche in einer fest definierten Reihenfolge und Standorten positioniert auf dem Podest angebracht sind.

Ziel ist es, die Position des im Startbereich auf dem Bild gezeigten und gesuchten Objekts anzufahren und den «Fund» zu signalisieren.

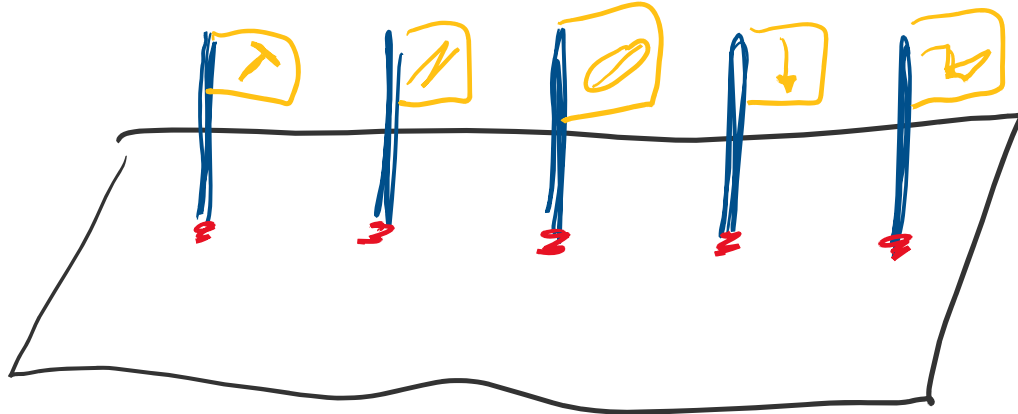


Abbildung 4: Objekte / Positionen im Zielbereich (Beispiel Fahnenstangen)

### 3.5 Zu realisierendes Gerät

Es sind Geräte erlaubt, welche fahren, schreiten, rutschen, klammern, krabbeln, schweben oder tief fliegen. Ketten-/Raupenantriebe sind diesmal ausdrücklich nicht erlaubt.

Das Gerät darf sich nie mehr als 100 cm über dem Boden, den Treppenstufen oder der Podest-Fläche befinden. Die Teams sind dabei jederzeit für die Sicherheit der Personen und der Umgebung verantwortlich. Es wird seitlich der Treppe keine Vorkehrungen zur Sicherung der Geräte getroffen.

Das Gerät muss eine Eigenkonstruktion sein. Einzelne Systemkomponenten, wie z.B. Servos, das Lenkgetriebe eines Modellautos, Räder, ein Mikrocontrollerboard oder eine Kamera dürfen zugekauft und eingesetzt werden.

Das Gerät muss die Aufgabe autonom bewältigen. Es ist nicht erlaubt, das Gerät von einem externen stationären Rechner aus oder fremd zu steuern. Auch müssen sich eine allfällige Kamera, Sensoren und Navigationsmittel auf dem Gerät befinden.

Das Gerät ist mit einem Taster zu versehen, mit welchem dieses beim Startkommando gestartet wird. Ein Eingreifen oder Kommunizieren mit dem Gerät ist nach dem Start nicht mehr erlaubt. Nach erfolgreichem Auffinden der Zielposition muss das Gerät automatisch stoppen und sich vollständig auf dem Podest befinden. Es wird empfohlen einen Not-Aus-Taster auf dem Gerät anzubringen.

Die Bestätigung des Auftrages durch das Gerät muss für das Publikum vor dem Erreichen der Treppe eindeutig, klar sichtbar und/oder hörbar sein. Dies gilt auch für die Zielerreichung.

Das Gerät darf im Startbereich höchstens die Masse / Grundfläche von 40cm x 40cm haben. Allfällige Rotorachsen für Luftschrauben müssen innerhalb dieser Masse sein. Während des Laufes dürfen die Masse grösser sein.

### 3.6 Wettbewerbskriterien

Es ist vorgesehen, den Wettbewerb zwischen den Teams anlässlich des Kompetenznachweises in PREN 2 in der Arena zwischen Trakt II und III auszutragen. Der Parcours kann aber auch auf einem anderen Spielfeld, welches in obigen Kapiteln beschrieben wurde und den genannten Kriterien entspricht, aufgebaut werden.

Es ist vorgesehen, dass das Gerät am Wettbewerb die Treppe einmal besteigt. Dies wird als ein Lauf bezeichnet. Die Zeit für diesen Lauf wird jeweils gemessen. Voraussichtlich kann am Wettbewerb

jedes Team zwei Läufe fahren, wobei der bessere gewertet wird. Voraussichtlich werden je 2 Teams parallel auf 2 Treppen starten.

Am Wettbewerb haben Sie vor dem Start maximal 2 Minuten Zeit, um das Gerät startklar zu machen und im Startfeld zu platzieren. Während dieser Zeit werden die Hindernisse durch die Wettbewerbsleitung für Ihren Lauf gesetzt. Gleichzeitig wird in dieser Zeit das zu suchende Objekt als Bild im Startbereich aufgestellt.

Die Zeit und Ihr Gerät werden mit dem Kommando «drei, zwei, eins – START» gestartet und beim erfolgten Erreichen der Zielposition gestoppt. Die maximal zulässige Zeit für einen Lauf beträgt 4 Minuten. Nach dieser Zeit wird der Lauf abgebrochen. Die Zeit wird mit einer Stoppuhr durch «offizielle» Schiedsrichter des Dozententeams gemessen. Das schnellste Team erhält 10 Punkte, das langsamste 0 und einen abgebrochenen Lauf ergibt 0 Punkte für die Zeitwertung. Dazwischen werden die Punkte proportional zur Zeit verteilt. Wird das Podest erreicht, d.h. alle Treppen überwunden, gibt es zusätzlich 2 Punkte Bonus. Pro erstiegene Treppenstufe gibt es je 1 Punkt. Das richtige Erkennen und Ausgeben/Anzeigen des Objektes im Startbereich ergeben 3 Punkte, das Auffinden des gesuchten Objekts im Zielbereich gibt 3 Punkte. Pro verschobenes Hindernis werden je 5 Strafpunkte abgezogen.

Gemäss den Wettbewerbspunkten wird eine Rangliste erstellt. Die Punkte, die in die Notengebung für den Kompetenznachweis PREN 2 einfließen, werden entsprechend der Rangierung bestimmt. Sie sind also nicht identisch mit diesen Wettbewerbspunkten. Bewertet wird jener der beiden Läufe, welcher mehr Punkte ergibt.

### 3.7 Material und Beschaffung

Wird bereits 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, Mädlar, Farnell*

Wenn nötig, kann Material auch bei anderen Lieferanten bestellt werden.

Wird Material vom Team selbst eingekauft, können die Kosten zurückgefordert werden. Das ist nur bei Abgabe des Originals des Kaufbeleges möglich. 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 und dass oft beträchtliche Lieferzeiten bestehen.

Die Hochschule hat aus ehemaligen PREN-Durchführungen einiges an Material an Lager wie Servoantriebe, DC- und Schrittmotoren (detaillierte Liste siehe ILIAS). Dieses Material kann ausgeliehen werden.

### 3.8 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 gemäss Lagerliste in den Werkstätten der HSLU T&A am Lager sind. (Detaillierte Liste siehe ILIAS).

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.

Das von der HSLU zum Bau der Teilfunktionsmuster ausgeliehene Material wird ebenfalls verrechnet, und zwar zum halben Listenpreis. Sobald Sie das Material in einwandfreiem Zustand zurückgeben, wird Ihnen der entsprechende Betrag wieder gutgeschrieben. Wenn Sie das Material in PREN 2 verwenden möchten, wird es Ihnen ebenfalls zum halben Kaufpreis verrechnet.

Die Nutzung von freien Softwarekomponenten oder –Services ist zulässig und belastet die Kostenrechnung nicht.

Es können Bauteile im Rapid-Prototyping Verfahren mit dem 3D-Drucker (FDM Verfahren, Werkstoff ABS) der HSLU - T&A hergestellt werden. Das mit externen 3D-Druckern verarbeitete Material kann nicht vergütet werden.

Für Arbeiten am Gerät steht Ihnen die PREN-Werkstatt im Labortrakt zur Verfügung.

Im Fablab lässt sich mit einem Lasergerät Plexiglas und Holz zuschneiden.

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 des 3D-Druckers
- maximal 1 h Maschinenlaufzeit des Lasergeräts
- maximal 10 Arbeitsstunden des Werkstattpersonals Elektrotechnik
- maximal 10 Arbeitsstunden des Werkstattpersonals Maschinentechnik

#### **4 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
- Dokumentation der Technologierecherche
- Risikomanagement
- Erarbeiten von Lösungsvarianten und systematische Lösungsfindung
- Vollständige, verständliche und nachvollziehbare Dokumentation des Gesamtkonzepts inkl. Designüberlegungen mit einem Unterkapitel «Hinderniserkennung/Pfadplanung» – Proof of Concept

Die Arbeit muss in einem Projektbericht dokumentiert werden. Der Aufbau der Dokumentation basiert auf den Inputs aus dem Kontextmodul 1.

Für die Zulassung zum Kompetenznachweis müssen die folgenden Punkte erfüllt sein:

- Technologierecherche und Anforderungsliste, Skizzierung/Modell der Aufgabenstellung (Testat 1 in SW4)
- Evaluation der Lösungsprinzipien und Auswahl der optimalen Lösungskombination(en) (Testat 2 in SW8)
- Freigabe des Gesamtkonzepts, Dokumentation zu 80% fertig gestellt (Testat 3 in SW13)

Für Testzwecke der Teilfunktionsmuster wird ab Mitte Semester in PREN 1 ein Teil der Treppe mit Hindernissen, Muster der Piktogramme-Bilder sowie Teile des Podestes zur Verfügung stehen.



Für den Kompetenznachweis werden die folgenden Kriterien mit der entsprechenden Gewichtung bewertet (PREN 1):

Kriterien	Gewichtung
<b>Teamarbeit und Arbeitsweise</b> Zusammenarbeit / Arbeitsplanung / Problemerkennung / Konfliktbewältigung / Systematik / Informationsbeschaffung / Interdisziplinarität / Projektmanagement / persönlicher Einsatz / Initiative / Effizienz / Arbeitsmenge	20 %
<b>Resultate und Ergebnisse</b> Innovationsgehalt / technische Machbarkeit / technische Richtigkeit / Einfachheit / Herstellbarkeit / sinnvoller Einsatz von Technologien / Vollständigkeit / Schnittstellen / Wirtschaftlichkeit / Nachvollziehbarkeit / Layout / Softwarearchitektur / Zuverlässigkeit / Ästhetik / Bedienbarkeit Technologierecherche / Produktanforderung (Teil-)Funktionsmuster	50 %
<b>Dokumentation</b> Formales / Aufbau / Integration der Disziplinen / Sprache / Vollständigkeit / Verständlichkeit / Glaubwürdigkeit / Kohärenz / Abbildungen / Tabellen / Quellenangaben	20 %
<b>Präsentation</b> 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.

Wird ein Team am Kompetenznachweis mit „FX“ bewertet, erhält es die Gelegenheit zur Nachbesserung. Das kann eine Teamaufgabe sein. Alle Teammitglieder erhalten in diesem Fall nach der Nachprüfung ein „F“ oder ein „E“. Es ist auch möglich, dass jedes Teammitglied zur Nachbesserung eine individuelle Aufgabe lösen muss. Nach der Nachprüfung wird für jedes Teammitglied einzeln entschieden, ob es ein „F“ oder ein „E“ erhält.