

Teil 1: Teambildung und Prototyp

Der erste Teil des Moduls «Energie macht mobil» befasst sich mit den **Rahmenbedingungen** für erfolgreiche Technikentwicklung. Dabei werden in der MobiTeam-Bildung (1.2–1.5) Teams gebildet, die während des Engineeringprozesses durch das ganze Modul «Energie macht mobil» bestehen bleiben sollen.

In der Einheit «Prototyp» (Arbeitsblätter 1.6 und 1.7) werden die persönlichen und team-spezifischen Grundlagen erarbeitet und verbessert, damit ein Engineeringprozess positiv abgeschlossen werden kann.

Wir legen ganz bewusst den Fokus auf eine analytische Herangehensweise, um Aufgaben der Technikentwicklung zu bewerkstelligen. Demnach besitzt die bewusste **Beobachtung** und **Verschriftlichung** der Technikentwicklung einen grossen Stellenwert in dieser Einheit. Ich glaube, dass sich dadurch das Fach MINT auch methodisch vom Werkunterricht abtrennt, in dem meines Wissens vor allem der «Just do it»-Approach gelebt wird und deshalb der Bewusstwerdung wenig bis keine Beachtung geschenkt werden kann.

Die Einheit «Lernerfolg» (1.8) bietet den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, mithilfe des Zielscheibenfragebogens am Ende der ersten Einheit ihren Kompetenzstand in den jeweiligen Bereichen zu überdenken. Zudem dient der Fragebogen als einfache Analyse-möglichkeit, um systematische Probleme zu erkennen.

1.1 MobiTeam-Bildung

Die Lernenden können ...

- ... erfolgreiche Erfindungen als das Resultat von funktionierender Teamarbeit beschreiben.
- ... ihre Teamrolle beschreiben.
- ... ihre Eigenschaften und Fähigkeiten als wichtigen persönlichen Beitrag für das Gelingen einer Teamarbeit proaktiv einbringen und die Resultate ihrer Mitarbeit erkennen.
- ... einen Prozess der Teambildung beschreiben und anwenden.

Technikentwicklung heisst arbeiten im **Team**. Der individuellen Zusammensetzung kommt bei erfolgreichen Teams eine grosse Bedeutung zu. In der Schule wird selten in bewusst zusammengesetzten Teams gearbeitet, die **nach Optimierungskriterien** gebildet wurden. Deshalb halte ich es für sinnvoll, hier mit einer Einheit zur professionellen **Teambildung** zu beginnen.

Zusatzinformationen: «DD» (Daniel Düsentrieb) gilt als der Erfinder schlechthin, der zusammen mit «Helferlein» alles erfinden kann. Hier könnte ein kleiner Ausblick auf die Geschichte der Entstehung der Walt-Disney-Figur Daniel Düsentrieb aus Entenhausen¹ von Interesse sein: «Die Alliteration «Daniel Düsentrieb» stammt von der deutschen Übersetzerin Erika Fuchs, die damit auf ihren eigenen Ehemann anspielte», nämlich auf Günter Fuchs, der Alliterationen liebte.

Ermittlung der Teamrollen

In jedem **Team** haben die Mitglieder eine bestimmte individuelle Rolle. Am besten funktionieren Teams, wenn die Mitglieder in ihren Rollen aufgehen und sich darin akzeptiert fühlen. Es sind

¹ Siehe auch: https://de.wikipedia.org/wiki/Daniel_Düsentrieb



viele Fähigkeiten in einem Menschen enthalten, aber nur einige sind wirklich teamwirksam. Der Engländer Raymond Meredith Belbin² hat diese Teamrelevanz untersucht und acht Teamrollen³ als Archetypen bestimmt. Die neunte Rolle des Spezialisten kam später hinzu, um das Modell zeitgemäss zu ergänzen. Alle Teamrollen kennen Stärken und Schwächen und können entsprechend unterschiedlich eingesetzt werden.³

Die drei handlungsorientierten Rollen

- *Macherin/Gestalter* ist dynamisch, energiegeladen und steht ständig unter Druck, lehnt unklare und ungenaue Angaben und Aussagen ab und konzentriert sich auf die wesentlichen Kernprobleme.
- *Ausführerin/Umsetzer* ist zuverlässig, konservativ und diszipliniert. Arbeitet effizient, systematisch und methodisch.
- *Vollenderin/Perfektionierer* ist detailversessen, genau, pünktlich, zuverlässig und oft etwas ängstlich.

Die drei kommunikationsorientierten Rollen

- *Koordinatorin/Einsatzleiter* ist selbstsicher, entschlossen, kommunikativ und eine gute Zuhörerinnen/ein guter Zuhörer. Koordiniert den Arbeitsprozess, setzt Ziele und Prioritäten, erkennt relevante Problemstellungen und delegiert Aufgaben an jene, die zu deren Erledigung am besten geeignet sind. Achtet auf die Einhaltung externer Ziel- und Zeitvorgaben.
- *Teamarbeiterin/Mitspieler* ist sympathisch, beliebt, kommunikativ, diplomatisch und kennt oft die privaten Hintergründe der Kollegen.
- *Wegbereiterin/Nachforscher* ist extrovertiert, enthusiastisch und kommunikativ. Schliesst schnell Freundschaften, ist sozial und gesellig.

Die drei wissensorientierten Rollen

- *Erfinderin/Neuerer* ist introvertiert, kreativ, fantasievoll und verfügt über ein unorthodoxes Denken. Bringt neue Ideen und Strategien in die Diskussion ein und sucht nach alternativen Lösungen.
- *Beobachterin/Bewerter* ist nüchtern, strategisch, analytisch. Verschafft sich aus der Distanz einen guten Überblick, ist eher introvertiert und ergreift selten ohne Aufforderung das Wort.
- *Spezialistin/Fachmann* ist selbstbezogen, engagiert und auf den technischen sowie fachlichen Teil eines Themas konzentriert. Verfügt über umfangreiches Expertenwissen, Hintergrundinformationen und Fähigkeiten, an denen es den anderen Teammitgliedern fehlt.

Die eigenen Rollenmöglichkeiten können mittels eines von Belbin vorgeschlagenen Fragebogens⁴ bestimmt werden. Der für die Schülerinnen und Schüler angepasste Fragebogen befindet sich bei den Unterlagen für Schülerinnen und Schüler in Arbeitsblatt 1 (*1.2_AB-1_Fragebogen-Teamrollen*).⁵ Die eigenen Rollenmöglichkeiten können die Schülerinnen und Schüler direkt im Anschluss mit Arbeitsblatt 2 (*1.3_AB-2_Fragebogen-Auswertung*) identifizieren.

² Siehe auch: https://en.wikipedia.org/wiki/Meredith_Belbin

³ Siehe auch: https://de.wikipedia.org/wiki/Teamrolle#Teamrollen_nach_Belbin

⁴ Entnommen aus <http://lernwerkstatt.ch> und auf die Altersstufe der Schülerinnen und Schüler angepasst.

⁵ Ich habe den Fragebogen in einer 6. und 7. Klasse (8. und 9. Schuljahr nach HarmoS) ausprobiert und optimiert. Es erkannten sich dabei über 90 Prozent der Schülerinnen und Schüler in ihren Teamrollen wieder.



Teamrollen – Verteilung

Bei der Bildung ausgewogener Teams sind Sie als Lehrperson wieder gefordert. Eine vollständige Teamrollenbesetzung ist für ein erfolgreiches Arbeiten im MobiTeam äusserst wichtig. So tendieren beispielsweise Teams mit fehlenden Koordinatoren zur Verzettelung, solche ohne Macherin zu endlosen Diskussionen. Um eine optimale Einteilung so einfach wie möglich zu erreichen, habe ich die Teamrollenkarten mit den jeweiligen Kategorien, die von den Schülerinnen und Schülern ausgefüllt werden können, im Dokument *1.4_Teamrollenkarten* druckfertig vorbereitet. Das Dokument *1.5_Tabelle_Eigenschaften_Teamrollen* listet zudem typische Stärken und Schwächen der Teamrollen auf.

Teamrollenkarten ausfüllen

1. Die Schülerinnen und Schüler müssen ihre drei stärksten Teamrollen bestimmen und eventuell auswählen. Die Lehrperson stellt die Teamrollenkarten zur Verfügung, die im Dokument *1.4_Eigenschaftskarten der Teamrollen.pdf* als Druckvorlage zur Verfügung gestellt werden. Es sollte die Druckvorlage verwendet werden, da ansonsten Vorder- und Rückseite nicht korrespondieren könnten. Ich persönlich scheweisse die Teamrollenkarten ein, damit sie stabiler sind und nach dem Kurs wieder verwendet werden können.
2. Die Schülerin oder der Schüler nimmt ihre/seine drei Teamrollenkarten und trägt ihren/seinen Namen und die erreichte Punktzahl in das entsprechende Rangfeld ein. Anschliessend werden die ausgefüllten Karten der Lehrperson zur Teamgestaltung gegeben.

Zusammenstellung durch die Lehrperson

1. Die Lehrperson sortiert die Karten nach den drei Kategorien **handlungs-**, **kommunikations-** und **wissensorientiert**, innerhalb der Kategorien nach Rängen (1–3) und Punktzahl.
2. Jedes MobiTeam besteht aus drei bis vier Mitgliedern, wobei von jeder **Teamkategorie** eine beliebige Rolle im ersten oder zweiten Rang besetzt werden sollte.⁶
3. Teammitglied eins: Sie beginnen mit der am häufigsten gewählten Teamrolle. In einer Regelklasse dieser Schulstufe ist dies oft **Mitspielerin/Teamarbeiter**. Koordinatorin/Einsatzleiter werden eher weniger auftreten. Die stärksten Teamarbeiterinnen respektive Teamarbeiter bilden den Kopf des MobiTeams.
4. Als Nächstes geben Sie die restlichen zwei Karte des Teammitglied eins dazu. Dadurch erhalten die MobiTeams die in der ersten Person vorhandenen priorisierten Teamrollen.
5. Teammitglied zwei: Sie ergänzen die MobiTeams mit den stärksten Vertreterinnen und Vertretern einer der fehlenden **Teamkategorie**. Bei der Zuteilung in die MobiTeams sollten die in Rang zwei und drei vorkommenden Teamrollen, aber auch die Punktzahlen berücksichtigt werden.
6. Auch hier müssen die weiteren entsprechenden Karten zum jeweiligen MobiTeam hinzugegeben werden. Eventuell müssen in dieser Stufe schon Mitglieder verschoben werden, weil sich überlappende starke Teamrollen im zweiten oder dritten Rang zeigen.
7. Teammitglied drei und vier: Zuerst werden die drei Teamrollen einer Person wieder zusammengelgt. Damit wissen Sie, welche Teamrollen sich in einer Person vereinen. Teammitglieder drei und vier werden nach dem Ergänzungsprinzip verteilt, damit in jedem Team alle Kategorien und die meisten Teamrollen besetzt werden können.

⁶ Zum Beispiel erster oder zweiter Rang: **Erfinderin**, **Umsetzer**, **Mitspieler**. Dabei kann eine Person auch zwei Rollen in diesen Rängen besetzen.



8. Wechseln Sie Mitglieder aus, falls sich Konflikte vorhersagen lassen, wie zum Beispiel zwei starke Erfinder in einer Gruppe oder eine starke Spezialistin ohne starke Ergänzung im kommunikativen Bereich.
9. Sie können jetzt die Zusammensetzung mit den möglichen Stärken und Schwächen der einzelnen MobiTeams ausfüllen (Seiten 10–12 im Dokument *1.4_Teamrollenkarten*).

Zur späteren Wiederverwendung erhalten alle ihre drei persönlichen Teamrollenkarten zurück, damit die persönlichen Teamrollen immer klar sind.

Alternativer Weg zur Teambildung

Teams können auch anders gebildet werden. Eine Möglichkeit ist, praktische Situationen⁷ zu bearbeiten und die Schülerinnen und Schüler direkt die Rolle auswählen zu lassen, die sie übernehmen möchten. Die zu den Teamrollen passenden Aufträge müssen zur Auswahl gestellt werden (Organisationsszenarios) oder von den Teams selbst gewählt werden. Nach zwei bis drei solcher Runden kristallisiert sich ein Bild der eigenen Teamrolle heraus. – Ich habe hier diesen Weg nicht weiter beschrrieben, da er mir für diese Einheit zu lange dauert, den Schülerinnen und Schülern zu intransparent erscheint und sehr aufwendig ausgewertet werden müsste.

Vorgeschlagene Tests zur Bestimmung der Teamqualität

Ich habe eine einfache Aufgabe verwendet, um das Funktionieren der Teams zu testen. Beispielsweise kann das sogenannte Flussüberquerungsproblem⁸ mit Meister, Hund und Hase mit einem Kohlkopfkorb, die in einem zu kleinen, nur zwei Dinge fassenden Boot einen Fluss überqueren müssen, auch dazu verwendet werden, zu zeigen, dass Best-friends-Teams nicht optimal funktionieren. Eine vereinfachte Version des Teamspiels «Flugzeugabsturz in der Wüste»⁹ würde sowohl als Teamrollenspiel wie auch als Erfolgskontrolle für die Güte einer Teamzusammensetzung funktionieren. Dabei ist aber darauf zu achten, dass zuerst die Strategie «bleiben versus weggehen» thematisiert wird. Zudem muss beachtet werden, dass die bei Wikipedia hinterlegte Lösung zum Überleben nicht optimal ist (Lösungsprioritäten wären: Szenario «bleiben»¹⁰, 1. signalisieren, 2. überleben – nicht verdursten, 3. Komfort – nicht frieren). Durch externe Evaluation liesse sich die Teamgüte auch direkt beobachten (Anzahl und Qualität der Kommunikationen innerhalb der MobiTeams).

Zusatzarbeiten für Interessierte

Erfinderinnen und Entwickler sind ganz aussergewöhnliche Menschen, häufig mit einer speziellen Biografie. Ein historisch wichtiges Beispiel ist wohl Alan Turing, dessen «Erfindung» im Zweiten Weltkrieg viele Menschenleben rettete.¹¹ Bekannte moderne Beispiele, die bei der Weiterentwicklung und Kommerzialisierung der Turingmaschine eine Rolle spielten, sind Bill Gates¹² oder Steve Jobs¹³. Hier könnte ein kleiner Exkurs über ihre Biografien prägende Hinweise zum erfolgreichen Umgang mit speziellen Lebensläufen bringen.

⁷ Planung und Organisation eines Sporttags oder Schulhausfests als Planspiel oder in Wirklichkeit, verschiedene Rollenspiele aus dem Internet.

⁸ Siehe: <http://mathematische-basteleien.de/flussueberqueren.html>

⁹ Siehe: <http://spielewiki.org/wiki/W%C3%BCstenspiel>

¹⁰ «Gehen» setzt voraus, dass die genaue Position bekannt ist. Flugkarten geben diese Info nicht wieder. Weiche ich nur 10 Grad ab, habe ich bei 100 Kilometern Abstand (10 Minuten Jet, eine Abweichung von 20 Kilometern. «Bleiben» hat den Vorteil, gefunden zu werden (Silhouette sehr gross, Fallschirm und Spiegel garantieren Signalisation).

¹¹ Im Film «The Imitation Game» wird dieser Abschnitt seines Lebens mit erhellenden Rückblicken filmisch eindrücklich verarbeitet.

Siehe auch: https://de.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing

¹² Siehe auch: https://de.wikipedia.org/wiki/Bill_Gates

¹³ Siehe auch: https://de.wikipedia.org/wiki/Steve_Jobs



Didaktische Kommentare

- Die Einführung in Teamrollen kann zum Einstieg anhand eines Fussballteams veranschaulicht werden: Dass die Teamrollen beim FCB eine Rolle spielen müssen, leuchtet allen ein.
- Die Fragen, anhand deren die persönlichen Präferenzen bezüglich der Teamrollen definiert werden sollen, sind teilweise nicht einfach auszufüllen. Die Zielgruppe dieser Fragebögen sind Schülerinnen und Schüler des Leistungszugs P. Ich habe den Fragebogen aber bei Tests im 8. und 9. Schuljahr nach HarmoS im Leistungszug E erfolgreich anwenden können (Zeitaufwand etwa 45 Minuten).
- Die Schülerinnen und Schüler müssen angehalten werden, eventuell durch die Sitzordnung unterstützt, dass die Fragebögen allein und von ihnen selbst ausgefüllt werden und bis zum Resultat nicht verglichen werden. Anschliessend kann die Auseinandersetzung mit den Präferenzen der anderen dazu dienen, die eigene Teamrolle besser zu verstehen.
- Dem Faktor Zeit darf bei der Teambildung keine beschränkende Rolle eingeräumt werden: Lassen Sie sie so lange daran arbeiten, wie sie müssen.
- Die MobiTeams sollen über das ganze Modul «Energie macht mobil» Bestand haben, damit auch kritische Momente entstehen können, die es wieder aufzulösen gilt.
- Die **Begleitung** der Teams bedeutet Supervision durch die Betreuerinnen und Betreuer und braucht Zeit.
- Als weiterführende Diskussion und mögliche Lernzielkontrolle kann zwischen den Begriffen «Team» und «Gruppe» differenziert werden. Ein Team ist durch die Teamrollen und die entstehenden Synergien mehr als die Summe der Einzelteile. Eine Gruppe kennt keine statischen Teamrollen, sondern ist ein dynamischer Prozess, der in der Theorie der Gruppendynamik¹⁴ gut beschrieben wird. Beiden gemeinsam ist, dass sowohl Synergien in einem Team als auch der Prozess der Gruppenbildung zum Gelingen beitragen oder auch zum Scheitern führen können.

¹⁴ Siehe auch: <https://de.wikipedia.org/wiki/Gruppendynamik>



1.2 Bau des eigenen Prototyps: Test- und Wettbewerbsbedingungen

Lernziele

Die Lernenden können ...

- ... einen vereinfachten Zeitplan erklären und dessen Vorteile gegenüber einem «Just do it»-Approach benennen.
- ... die verschiedenen Schritte, die in einem Optimierungsprozess durchlaufen werden, beschreiben und anwenden.
- ... beschreiben, wie die Wirkung einer Anpassung sichtbar gemacht werden kann.
- ... ihre Teameigenschaften und -fähigkeiten als wichtigen persönlichen Beitrag für das Gelingen einer Teamarbeit proaktiv einbringen und die Resultate ihrer Mitarbeit erkennen.
- ... den Vorteil der Verschriftlichung eines Prozesses beschreiben.
- ... ein Entwicklertagebuch führen und kennen dessen Vorteile (**alternatives Lernziel**).
- ... die in einem technischen Optimierungsprozess notwendigen Schritte bestimmen und anwenden.
- ... suboptimale Konstruktionsdetails erkennen und diese gezielt optimieren.
- ... ihre Ideen in einer Gruppe erklären und diesen zum Durchbruch verhelfen.
- ... die einem technischen Optimierungsprozess innewohnende Rangordnung anwenden.
- ... Veränderungen im Verhalten, zum Beispiel eine Verringerung der Rolldistanz, mit eingeführten Konstruktionsänderungen logisch in Beziehung bringen.
- ... ihre Ideen und die ausgeführten Arbeiten in verkürzter Form schriftlich und nachvollziehbar festhalten.
- ... gemachte Erfahrungen im MobiTeam diskutieren und die Ergebnisse der Diskussion in weitere Handlungen einbauen.

Ausgehend von den bereitgestellten suboptimalen Fahrzeugen kann die Analyse- und Optimierungsarbeit beginnen. Es kann sinnvoll sein, die Schülerinnen und Schüler mithilfe einer **To-do-Liste** in ihrer zeitlichen und inhaltlichen Planung zu unterstützen. Dazu könnte folgendes Raster verwendet werden:

Was	Projektphase	Kommentare
1. To-do-Liste und Zeitplan erstellen, verstehen und verändern	vor Beginn der Analyse- und Optimierungsarbeit	Hier ist die Zeit die limitierende Ressource. Deshalb verwenden wir hier eine vorgegebene To-do-Liste inklusive Zeitplan. Am Ende müssen der Zeitplan und eventuell die To-do-Liste angepasst werden.
2. Konstruktionsdetails	Arbeitsblatt 3 (1.6_AB-3_Analyse)	Bereitgestellte fehlerhafte Konstruktionen bieten die Möglichkeit, Verbesserungen eines fremden Designs zu erarbeiten. Hier sollte darauf geachtet werden, dass eine gute Konstruktion aus den zur Verfügung gestellten Fahrzeugen hergeleitet werden kann. Das heisst, alle guten Elemente müssen vorhanden sein.
3. Beurteilung des Designs	Arbeitsblatt 3	Hier sollte darauf geachtet werden, dass die MobiTeams nicht zu forsch herangehen. Trotzdem sollte nicht zu viel geholfen werden.
4. Verbesserung planen	Arbeitsblatt 3	Von einem Fahrzeug ausgehend, gewünschte Elemente der anderen Fahrzeuge integrieren. Innovationen einführen.
5. Konstruktion	Arbeitsblatt 4 (1.7_AB-4_Prototyp)	Die Schülerinnen und Schüler zu sorgfältigem Arbeiten inklusive Planung und Dokumentation anregen.
6. Test und Beobachtung	Arbeitsblatt 4	Testbedingungen stabil halten, das heisst, die Rampen müssen stabilisiert sein.
Die Punkte vier bis sechs werden so lange durchgeführt, bis die verfügbare Zeit um ist.		



Die **To-do-Liste** wird dazu verwendet, den Schülerinnen und Schülern vor Augen zu führen, welche Zwischenschritte in einem Optimierungsprozess notwendig sind. Ein Fokus liegt auf der beschränkten Zeitressource, der andere auf der Verschriftlichung. Beschränkte Zeitressourcen sind eine inhärente Beschränkung aller Entwicklungsprozesse. Verschriftlichung dient der Bewusstmachung getroffener Entscheide. Die Schlüsse, die die Schülerinnen und Schüler während des Optimierungsprozesses treffen, basieren zu einem grossen Teil auf unbewussten, intuitiven Entscheidungsprozessen. Dies ist auch bei erwachsenen Technikentwicklerinnen respektive -entwicklern nicht anders (siehe Anhang 5.C: *Emotionale Verknüpfung der Technik-kognition*). Um später die im Test gemachten Erfahrungen auf die eingeführten technischen Änderungen zurückführen zu können, müssen die gemachten Entscheidungen und ihre Folgerungen bewusst gemacht werden.

Objekte des Engineeringprozesses: Auswahl und Gewichtung

Die **Wirkungen** der einzelnen Optimierungsschritte entlang des **Engineeringprozesses** sollten mittels einfacher **Tests** gemessen werden können und somit für die Schülerinnen und Schüler unmittelbar erkennbar werden. Dadurch wird der Engineeringzyklus erfahrbar. In unserem ersten Teil stellen wir schon von Beginn weg zwei oder drei veränderbare Parameter in das Zentrum des Engineeringprozesses.

Geradlinige Rollrichtung: Die Fahrzeuge müssen auf eine gerade Rollrichtung hin getrimmt werden, damit die Verbesserung des Fahrzeugs einfach messbar und für die Schülerinnen und Schüler offensichtlich wird. Kurvenfahrten sind deshalb tabu, weil sie erstens meist in einer Wand enden und zweitens nur via Rollzeitmessung ausgewertet werden könnten. Dies würde das direkte Erfassen des technischen Fortschritts erschweren, aber nicht verunmöglichen.

Rollweite: Der Fahrzeugwiderstand (= Rollwiderstand, Achsenwiderstand und Luftwiderstand) muss so stark wie möglich verringert werden, um eine maximale Rollweite zu erreichen.

Zusatzgewichte: Sind zusätzliche Gewichte zulässig? Ob zusätzliche Gewichte erlaubt sein sollen oder nicht, muss als Wettbewerbsbedingung ganz zu Beginn formuliert werden. – Ich würde mich im ersten Teil dagegen entscheiden, weil sonst nicht nur zwei, sondern gleich drei Parameter optimiert werden müssten. Wie im theoretischen Teil abgehandelt, besteht zudem die Gefahr, falsche Vorstellungen zu nähren.¹⁵

Alle drei Parameter stehen miteinander in einer offensichtlichen Beziehung, je weniger Kurven gefahren werden, desto geringer ist der Achsenwiderstand, der durch die unterschiedlichen Drehgeschwindigkeiten zwischen Innen- und Aussenrad zustande kommt.¹⁶ Je mehr Gewicht transportiert wird, desto höher ist die bremsende Reibung. Entgegengesetzt dazu wirkt der unten erhaltene Impuls, der sich proportional zur beschleunigten Masse verhält.

Reihenfolge der Optimierungen

Die Schülerinnen und Schüler optimieren zwei Parameter. Somit müssen sie sich für eine geeignete Reihenfolge der Optimierungsprozesse entscheiden und sich der Vor- und Nachteile ihrer Wahl bewusst werden. Technische Optimierungen erfolgen meist schrittweise einer ihnen

¹⁵ Gewichte haben keinen Einfluss auf die Beschleunigung entlang der Rampe, sondern nur auf den am Ende erhaltenen Impuls. Dieser führt anschliessend zu einer Verlängerung der Rolldistanz, da der grösste Teil der Widerstandskraft unabhängig von der gebremsten Masse ist. Sobald dieses Problem thematisiert wurde, können in einem zweiten Schritt die zusätzlichen Gewichte eingeführt werden (5.B. *Physikalisches Grundwissen.pdf*).

¹⁶ Die Funktionsweise eines Differenzialgetriebes und dessen einfacher Aufbau sind im folgenden Video gut dargestellt: <https://youtube.com/watch?v=S9NKB0VoR2I> (12.1.2016)



innewohnenden Rangordnung (inhärente Rangordnung) entsprechend. Es wären theoretisch beide Abfolgen möglich, obschon die meisten wohl als Erstes die Rollrichtung begradigen werden, um ihren Konstruktionserfolg dann als Verlängerung der Rollstrecke direkt sichtbar machen zu können.

Die umgekehrte Abfolge würde dagegen die wirkliche Rollfähigkeit des Fahrzeugs verbergen, nicht aber Verbesserungen des Rollwiderstands. Erst in einem zweiten Schritt wird die Rollrichtung linearisiert. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, Betriebsgeheimnisse zu wahren. Teams, die so arbeiten, lassen ihre Gegner über ihren Erfolg im Unklaren. Diese Unterschätzung führt zu einer Verringerung der Anstrengung des Gegners und somit zu einer verbesserten Chance für das so arbeitende Team, den Wettbewerb zu gewinnen.

Die Wettbewerbsbedingungen

Wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben, muss das Testsystem erhöhten Verlässlichkeitsanforderungen gerecht werden, um reproduzierbare Resultate zu generieren und den Optimierungsprozess zu beschleunigen. Aus diesem Grund ist der Konstruktion und dem Bau des Testsystems grösste Sorgfalt geschuldet.

Mein Vorschlag für ein geeignetes Testsystem ist eine normierte, stabile Abfahrtsrampe, kombiniert mit einem Tor im Abstand von 0,5 bis 1 m zur Rampe, mit einer Durchgangsbreite von 30 bis 45 cm, sodass das Tor die Bewegungsrichtung einschränkt, um eine geradlinige Fahrtrichtung zu erzwingen.

Eigene versus allgemeine Rampen

Die Rampen müssen alle gleich gebaut sein und gemeinsam getestet werden. Dadurch wird eine optimale Homogenität zwischen Testsystem und Wettbewerbssystem gewährleistet. Testet jedes Teams auf einer eigenen Rampe, ist die Heterogenität eher gross. Es genügt eine Rampe pro MobiTeam, also für vier Schülerinnen und Schüler.

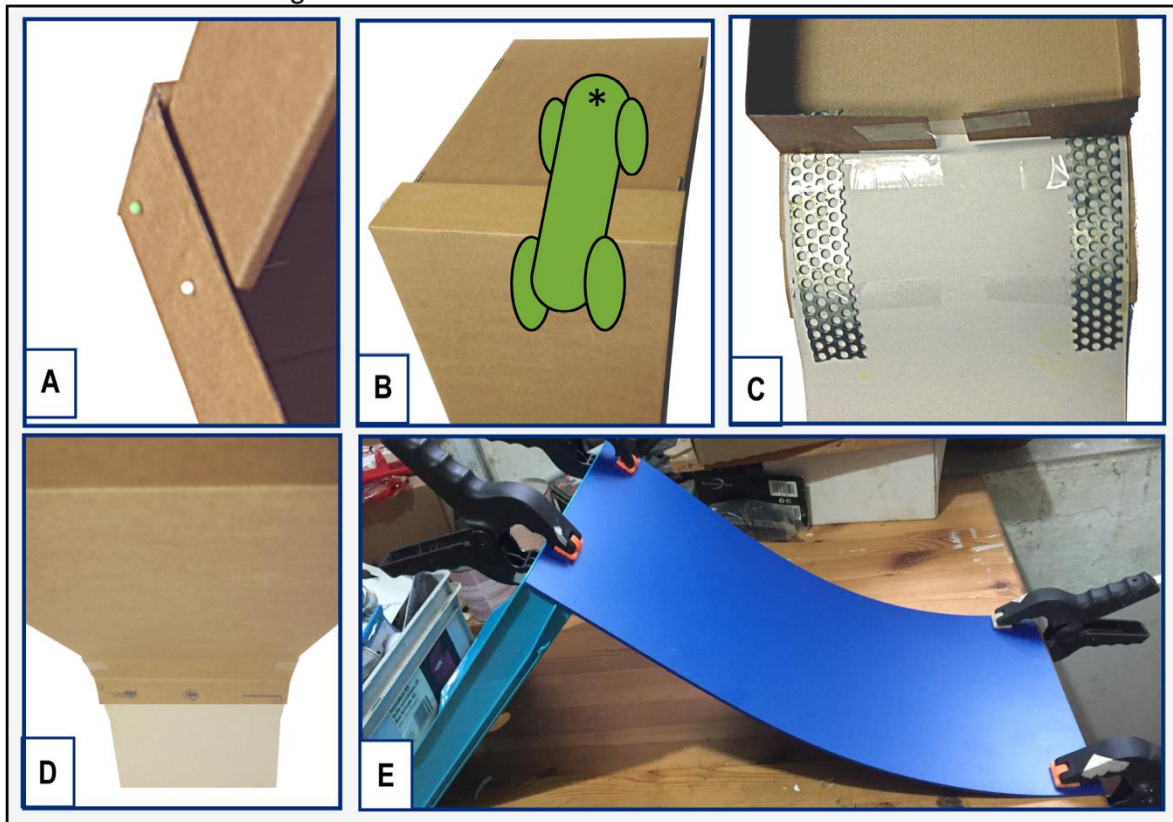
Material zum Rampenbau

Die Rampen können mittels der Explore-it-Schachteln gebaut werden (Abbildung «Rampen»), sollten aber stabilisiert werden. Zudem empfehle ich, einen biegsamen Karton in der Grösse A4 (ungefähr 250–300 g/m²) als Übergang zwischen Rampe und Boden einzusetzen, damit die Fahrzeuge ihre kinetischen, vertikalen Energieanteile optimal in ihre horizontale Laufrichtung umlenken können. Als Alternative kann ein biegsamer Kunststoff, wie zum Beispiel GuttaGliss-Hobbycolor-Platten¹⁷, mithilfe einer Wärmepistole in die richtige Form gebracht werden.

¹⁷ Im Raum Basel in unterschiedlichen Farben im Baumarkt OBI erhältlich.



Rampen



- Deckel und Boden der Explore-it-Schachteln werden im rechten Winkel ineinander-gesteckt und mittels je zweier Stecknadeln aneinander befestigt. (A)
- Der grössere Deckel dient als Rampe, der Boden als Pfeiler. (B)
- Am unteren Ende der Rampe werden der Karton und zwei etwa 20 cm lange, gebogene (Loch-)Bleche angeklebt. (C)
- Sicht vom Fahrzeug aus die Rampe hinunter. Der leicht gebogene Übergang befindet sich zwischen Rampe und Fahrbahn. (D)
- Als gute Alternative hat sich die Verwendung von modellierbaren Kunststoffplatten erwiesen. Diese können mittels Heissluftföhn in Form gebracht werden. (E)
- Der Startpunkt der Abfahrt kann genormt werden. Ausbalancieren oben auf der Rampe (B), langsames Hochheben des Hinterteils (*), bis das Fahrzeug zu rollen beginnt.



Analyse der Konstruktionsdetails des vorgegebenen Fahrzeugs

Arbeitsblatt 3 (1.6_AB-3_Analyse) dient dazu, die Schülerinnen und Schüler bei der Verschriftlichung ihrer Konstruktionsentscheide zu unterstützen. Die Analyse basiert auf einem bis drei unterschiedlich konstruierten, vorgefertigten Fahrzeugen, die durch eine sehr suboptimale Konstruktion geradezu dazu herausfordern, Details der Fahrzeuge zu kombinieren und zu verbessern. Dabei kann darauf geachtet werden, dass die meisten möglichen Konstruktionsdetails irgendwo in den Fahrzeugen verwirklicht wurden. Je nach Klassenstufe und Leistungszug kann teilweise aber auch darauf verzichtet werden, um dadurch Innovationen anzuregen.

Bemerkung

Bei meiner Testklasse (6. Klasse/8. HarmoS-Schuljahr, Leistungszug E) habe ich alle wichtigen Konstruktionsdetails bereitgestellt. Diese wurden aber meist nicht beachtet. Die Schülerinnen und Schüler haben sich vielmehr sehr schnell an die Ausarbeitung einer eigenen Konstruktion gemacht. Die geforderte und arbeitsblattunterstützte Analyse und deren Verschriftlichung habe ich erst im Nachhinein in die Unterrichtseinheit eingeführt.

Konstruktion des MobiTeam-Fahrzeugs

Arbeitsblatt 4 (1.7_AB4_Prototyp) dient dazu, die Schülerinnen und Schüler bei der Verschriftlichung ihrer Entscheide während des Engineeringprozesses zu unterstützen. Sie können ihre Erfahrungen und ihre Vorgehensweise aber auch in Form eines Entwicklertagebuchs festhalten, was dem empathisierenden kognitiven Problemlösungsstil näher kommt als die analytische Form einer Tabelle. **Es muss aber darauf geachtet werden, dass die Informationen schriftlich festgehalten werden.** Als Zwischenstufe eignen sich auch eigene Audiodateien auf dem Smartphone, die zusammen mit gemachten Bildern als Kommentare abgegeben werden können. Die Items sind selbst erklärend. Im Schema der Technikentwicklung ist diese Liste im Bereich «Testen, bewerten, Probleme bestimmen und Lösungen einführen» anzusiedeln.

Didaktische Kommentare

- Die Bedingungen für den Wettbewerb müssen zu Beginn klar definiert werden und dürfen während der Entwicklung nicht verändert werden.
- Es ist darauf zu achten, dass den Teammitgliedern ihre Teamrollen bewusst bleiben, um die einmal besprochene Arbeitsteilung einzuhalten.
- Die Schülerinnen und Schüler müssen unterstützt werden, wenn ihre Teamrollen von den anderen Teammitgliedern nicht ernst genommen werden.
- Unterstützend kann auch wirken, wenn ein exemplarischer Ursachenschlüssel zur Verfügung gestellt wird, zum Beispiel:
 - Fahrzeug driftet nach rechts – mögliche Ursachen: nicht parallele Achsen, Bremswirkung auf rechter Seite, exzentrische Radaufhängung.



1.3 Analyse des Fragebogens

Lernziele

Die Lernenden können ...

- ... ihre Lernerfolge bestimmen und ihren momentanen Fortschritt bewerten.
- ... über ihre Rolle im Team berichten.
- ... über die gemachten Erfahrungen schriftlich berichten.

Arbeitsblatt 5 (*1.8_AB-5_Lernerfolge*) dient dem Monitoring des Lernstands für den Einzelnen, für das Team, aber auch für die ganze Klasse. Zudem kann es zum Qualitätsmonitoring der Teamzusammenstellung benutzt werden.

Bemerkung zur Klassenauswertung durch die Lehrperson: Der Auswertung von Fragebögen (*1.8_AB-5_Lernerfolge*) durch die Lehrpersonen sollte generell Zeit eingeräumt werden. In diesem Fall reicht es, den Fragebogen im A3-Format auf systematische Probleme hin zu untersuchen. Der optische Mittelwert sollte überall um den Viererkreis zu liegen kommen, da in dieser Altersstufe der eigene Lernerfolg eher über- denn unterschätzt wird. Zusätzlich kann noch auf soziale Ungereimtheiten geachtet werden, die mit der Teamzusammenstellung zu tun haben könnten (Teamrolle und Arbeiten im Team). Weichen diese bei einem Teammitglied stark von der Einschätzung der technisch orientierten Fragen ab, so sollte das supervisorisch mit dem ganzen MobiTeam angegangen werden.

Didaktische Kommentare

- Die auszufüllenden Items in der Zielscheibe habe ich nach meinem Gutdünken gewählt, sie können durch andere ersetzt werden (siehe leeres Formular).
- Ich würde eine Zielscheibe mit höchstens acht Items bestücken.
- Zur Auswertung sollten die Punkte durch die Schülerinnen und Schüler auch direkt auf eine Klassenzielscheibe (im A3-Format ausdrucken) übertragen werden, um systemische Stärken und Schwächen aufdecken zu können (Planungshilfe für das weitere Vorgehen). Am besten benutzt jedes MobiTeam eine spezielle Farbe.
- Sollten Schwierigkeiten bei der Teamzusammenstellung zutage treten, muss zuerst die Art der Probleme bestimmt werden. Meist beruhen diese Probleme auf falsch verstandenem Teamrollenverhalten. Oft gehen die Schülerinnen und Schüler davon aus, dass alle immer das Gleiche und «gleich viel» machen müssen. Dies, obschon sich alle einig sind, dass eine geniale Idee einer Faulenzerin mehr Wert hat als 100 Arbeitsstunden eines Fleissigen, die auf falschen Annahmen beruhen.

