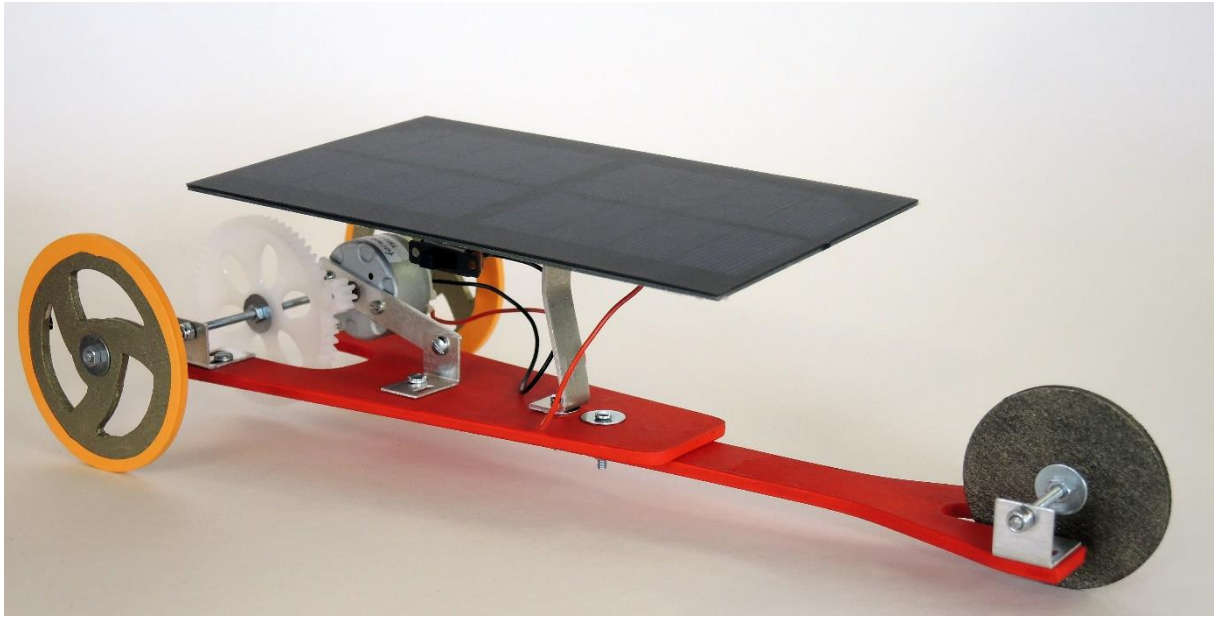
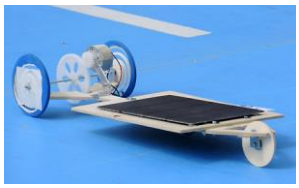
Rennsolarmobil **formel-s** Solarcup



Bautipps

© aepli ateliers gmbh Markus Aepli
Darf für Eigengebrauch und Schule kopiert werden
Version 4.03 (Februar 2021)



schnell, schön, individuell, originell, schräg, ausgefallen

Übersicht:

2 Inhaltsverzeichnis
3 Didaktische Hinweise
4 Fahren mit Licht
5 Stromkreis und Mechanik
6 Geschwindigkeit berechnen
7 Solarmobilrennen
8 Schülerblatt: Schaltplan Solarmodul
9 Schülerblatt: Zahnradgetriebe
10 Schülerblatt: Chassis und Lenkung
11 Schülerblatt: Baupläne Bodenplatten
12 Schülerblatt: Bodenplatten Varianten
13 Schülerblatt: Solarmodulhalter
14 Schülerblatt: Räder
15 Stückliste
16 Impressionen

Bautipps oder Bauanleitung?
Schritt-für-Schritt-Bauanleitungen führen zielstrebig zu einem fahrtüchtigen Modell. Sie verhindern aber genauso zielstrebig die Entwicklung von eigenen Lösungen. Lernen bedeutet nicht simples Kopieren und Nachbauen, sondern vernetztes Denken und Handeln. Wir versuchen mit der vorliegenden Broschüre einerseits die nötigen Grundlagen zu vermitteln, anderseits die Basis für eigenständige Entwicklungen zu legen.

Werkzeug
Die meisten Arbeiten lassen sich mit einfachem Werkzeug ausführen. Das Solarmobil kann notfalls sogar im Wohn- oder Schulzimmer gebaut werden.
Ein Akkuschrauber mit 3mm-Bohrer erleichtert die Bohrungen der Aluwinkel.
Zur Befestigung des Solarmoduls empfehlen wir Heisskleber (alternativ Doppelklebband).
Das Löten funktioniert mit einem einfachen Elektroniklötkolben. Eine Lötstation ist wesentlich leistungsfähiger und erleichtert diese Arbeit gerade in einer Schulklasse enorm.
Alle Gewinde basieren auf M3. Mit dem 5,5er-Schlüssel werden die Muttern festgezogen oder gekontert. Notfalls (und wirklich nur notfalls!) kann dazu eine Kombizange zweckentfremdet werden.

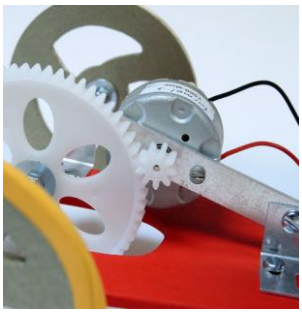
Quellenangabe
Alle Texte, Zeichnungen und Fotos: aepli ateliers gmbh / Markus Aepli, ausser:
Seite 7: Solarmobilrennen: Alle Fotos Karl Isler
Seite 16: 5 Fotos wurden von der Solarplattform Seeland zur Verfügung gestellt

Didaktische Hinweise & Tipps für den Werkunterricht

Ziel ist die Förderung von Technikverständnis durch technisches Handeln: Erfahren, experimentieren, entwickeln, herstellen, reflektieren, optimieren und beurteilen.
Das Solarmobil und die Rennen von formel-s ermöglichen diese Erfahrungen auf spielerische Art und Weise. Rennsolarmobile vereinen moderne Technik mit Effizienz und Leichtbau. Das Projekt eignet sich ideal für Teamarbeit.

Der Zeitaufwand lässt sich breit steuern: Wenn im Werken selbständige Entwicklung gefragt ist, benötigen Planung, Bau und Dokumentation auf der Basis einer Doppelstunde bis zu einem Semester. In Projektwochen sollten mit straffen Vorgaben, Teamwork und vorbereiteten Arbeitsplätzen mindestens 4 Halbtage eingeplant werden.

Teamarbeit


Getriebe

Elektrik

Leichtbau

Technik: Entscheidend ist das optimale Zusammenspiel von elektrischen und mechanischen Komponenten. Das Solarmodul wurde gezielt für dieses Fahrzeug entwickelt. Solarmodule werden effizienter und preisgünstiger: Gegenüber dem Vorgängermodul weist es 55% mehr Leistung bei gleichem Gewicht auf. Die matte Oberfläche ist robust und wetterfest. Das Solarmobil fährt selbst bei Regenwetter ab etwa 50 W/m^2. Die maximale Geschwindigkeit wird auf einer glatten Unterlage mit vollem Sonnenschein erreicht.

Elektrik: Nebst dem einfachen Stromkreis kann das Prinzip von Serie- und Parallelschaltung genutzt werden. Die Serienschaltung bringt maximales Tempo bei Sonnenschein. Die Parallelschaltung ermöglicht den Betrieb bei wenig Licht. Die Anpassung erfolgt blitzschnell mit dem Umschalter.

Mechanik: Eine Auswahl von drei Zahnrädern ermöglicht wechselnde Untersetzungen. Zahnräder und Radgrösse beeinflussen die Geschwindigkeit.

Leichtbau: Je leichter das Fahrzeug ist, desto effizienter wird die Energie in Bewegung umgesetzt. Die Briefwaage im Werkraum fördert einen Wettbewerb um jedes Gramm.

Kreativität: Rennmobile zeichnen sich durch sparsamen Materialeinsatz aus. Anderseits können witzige Gefährte entwickelt werden, die durch ihre Form auffallen und mit Design statt mit Geschwindigkeit punkten.

Kontext: 1985 startete die „Tour de Sol“. in der Schweiz. Das war das erste Solarmobilrennen der Welt. Der bedeutendste Wettbewerb für Solarfahrzeuge ist seit 1987 die World-Solar-Challenge. Dabei wird der australische Kontinent durchquert.
https://de.wikipedia.org/wiki/World_Solar_Challenge

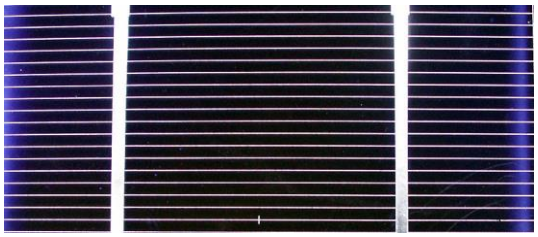
Schülerblätter: stehen auf unseren Webseiten www.aepliateliers.ch und www.formel-s.ch als pdf zum Download bereit und können gesamthaft oder gezielt eingesetzt werden.

Fahren mit Licht

Das Rennsolarmobil fährt ausschliesslich mit der Energie, die im Moment vom Solarmodul generiert wird. Es steht kein Batteriespeicher zur Verfügung.

Der Umgang mit batteriebetriebenen Modellen ist vergleichsweise simpel: Batterie einsetzen und fahren. Der Solarantrieb ist wesentlich komplexer, weil das Energieangebot der Solarzellen von den Schwankungen des Sonnenlichts abhängig ist. Die Herausforderung liegt darin, mit der momentan verfügbaren Energie so effizient wie möglich umzugehen.

Polykristalline Solarzelle


Monokristalline Solarzelle

Solarzellen wandeln Licht in elektrischen Strom um (Photovoltaik). Die Spannung jeder Solarzelle beträgt unabhängig von ihrer Grösse ca. 0,5 Volt. Weil diese kleine Spannung für Motoren und Elektronik etwas mager ist, werden mehrere Solarzellen seriell zu einem Modul verschaltet. Beim unserem Modul sind es 4+4 Solarzellen. Damit stehen gut 4 Volt zur Verfügung. Die Spannung könnte mit weiteren Solarmodulen beliebig erhöht werden. Die grossen Solarpanels auf den Dächern enthalten 60 bis 96 Solarzellen pro Modul und erreichen damit Spannungen bis 50 Volt.

Die Stärke des Lichts bestimmt den Strom der Solarzellen. Je mehr Photonen (Lichtteilchen) auf die Solarzellen treffen, desto höher ist der Strom. In der Nacht beträgt die Einstrahlung 0 Watt/m^2, bei klarem Himmel sind es 1000 W/m^2. Das ist ein sehr weiter Bereich mit allen Schattierungen dazwischen. Die Herausforderung liegt darin, die passende Übersetzung zu finden, um die Energie des vorherrschenden Lichts in maximale Geschwindigkeit umzusetzen.

Das Solarmobil benötigt genügend Licht, damit es in Bewegung kommt. Der Strom zum Motor muss mindestens 50-70 mA erreichen, bei maximalem Motorwirkungsgrad liegt er zwischen 300 und 600 Milliampère. Solarmotor und Solarmodul passen ideal zusammen.

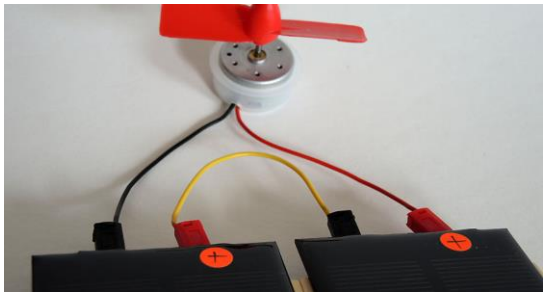
Lichtabhängige Stromstärketabelle

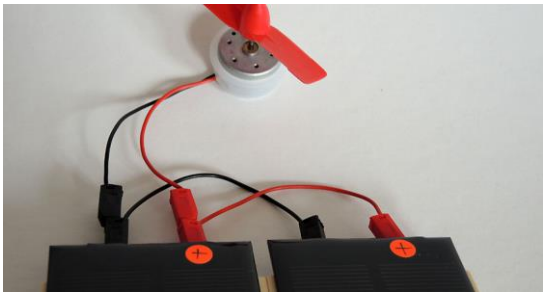
	Sonnenstrahlung	Strom bei 4 V	Strom bei 2 V	seriell	parallel
strahlender Sonnenschein	1000 Watt/m^2	700 mA	1400 mA	☑	☒
bedeckt	100 Watt/m^2	70 mA	140 mA	(☑)	☑
regnerisch, düster	≤ 50 Watt/m^2	≤ 35 mA	≤ 70 mA	☒	☑
im Schulzimmer (Licht)	≤ 2 Watt/m^2	≤ 0.14 mA	≤ 0.3 mA	☒	☒

Antrieb an die Solarleistung anpassen:
Wenn die Sonne immer mit 1000 Watt/m2 auf das Solarmodul scheinen würde, wäre es einfach, einen Antriebsstrang zusammenzustellen, der immer die maximal mögliche Leistung auf die Räder bringt. Sobald die Sonne nachlässt, bleibt das Solarmobil mit der langen Übersetzung stehen. In diesem Fall gibt es drei Möglichkeiten, darauf zu reagieren:

- Umschalter Serie-Parallelschaltung (Seiten 5 und 8)
- Wechsel des Motorritzels (Seiten 5 und 9)
- Wechsel von Rädern mit unterschiedlichem Durchmesser (Seiten 5 und 14)

Umschaltung zwischen Serie- und Parallelschaltung (Schaltschema Seite 8)
Zwei identische Solarzellen oder Solarmodule können auf zwei unterschiedliche Arten miteinander verbunden werden. Dabei ändern sich Spannung und Strom.


Serienschaltung


Parallelschaltung

Serienschaltung: Optimal bei viel Sonne und leicht bedecktem Himmel
Bei 2 Modulhälften addiert sich die Spannung auf 4 Volt. Der Motor dreht im Leerlauf mit 3600 UpM.
2 Volt / 700 mA + 2 Volt /700 mA = **4 Volt / 700 mA** (= 2,8 Watt)

Parallelschaltung: Optimal bei stark bedecktem Himmel
Der Strom der Modulhälften verdoppelt sich, die Spannung bleibt 2 Volt. Der Motor dreht im Leerlauf mit 1800 UpM und entwickelt bei wenig Licht genügend Drehmoment für eine langsame Fahrt.
2 Volt / 700 mA + 2 Volt / 700 mA = **2 Volt / 1400 mA** (= 2,8 Watt)

Zahnräder: Wechsel des Motorritzels
Beim Fahrrad können wir die Wirkung der Übersetzung mit Zahnrädern sehr gut beobachten: Wenn wir viel Kraft in den Beinen haben, sausen wir in der Ebene mit einer langen Übersetzung wie der Wind über die Strasse. Wenn wir müde sind und Gegenwind bremst, ist uns diese Übersetzung zu streng, wir werden langsam und bleiben fast stehen. Mit dem passenden Gang setzen wir unsere Energie optimal in Geschwindigkeit um. Genau gleich funktioniert es beim Solarmobil mit der Kraft vom Solarmodul. Bei viel Sonne montieren wir das grösste Ritzel auf die Motorwelle. Bei bedecktem Himmel tauschen wir es durch das kleine Ritzel aus.

Berechnung Untersetzungsverhältnis:
Ritzel 9Z zu Zahnrad auf Antriebswelle 60Z = Untersetzung 60:9 = 6,66:1
Ritzel 12Z zu Zahnrad auf Antriebswelle 60Z = Untersetzung 60:12 = 5:1
Ritzel 18Z zu Zahnrad auf Antriebswelle 60Z = Untersetzung 60:18 = 3,33:1
Das heisst, dass der Motor mit Ritzel 12Z fünf Umdrehungen benötigt für eine Umdrehung des Antriebsrads.

Radgrösse: Wechsel der Antriebsräder
Ein Rad mit einem kleinen Durchmesser legt pro Umdrehung eine kürzere Strecke zurück als ein Rad mit grossem Durchmesser. Darum eignen sich verschieden grosse Räder hervorragend zum Anpassen an die Leistung.

Tabelle: Umfang / Wegstrecke im Vergleich zum Durchmesser (Ø*π)

Raddurchmesser	Wegstrecke bei 1 Umdrehung
70 mm	220 mm = 22 cm
90 mm	288 mm = 29 cm
120 mm	377 mm = 38 cm

Geschwindigkeit berechnen: Mathematik für Zahlenkünstler

Gegeben: Drehzahl Motor bei 2 Volt: 1800 Umdr. pro Minute (UpM), bei 4 Volt: 3600 UpM
Motorritzel für Untersetzung: 9 Zähne / 12 Zähne / 18 Zähne, Zahnrad 60 Zähne
Raddurchmesser 70mm, 90mm, 120mm

Gesucht: Drehzahl der Antriebswelle und Geschwindigkeit am Rad (im Leerlauf, nur theoretisch)

Lösungsweg:
Schritt 1: Untersetzung berechnen:
Schritt 2: Drehzahl der Antriebswelle berechnen
Schritt 3: Raddurchmesser in Radumfang umrechnen, multiplizieren mit Drehzahl
Schritt 4: Umrechnungen m/min m/sec km/h

Berechnungsbeispiel: Solarmodul 2Volt, Zahnräder Z9/Z60, Raddurchmesser 70mm
Untersetzung: Z60:Z9 = 6,66:1 (der Motor benötigt 6,66 Umdrehungen für 1 Radumdrehung)
Drehzahl Antriebswelle: 1800UpM:6,66 = 270 UpM
Radumfang: Ø*π=70mmx3,14 = 220mm = 22cm
Wegstrecke in einer Minute: 270 UpM * 22 cm = 5940cm = 59,4m/min
59,4m/min:60 = 1m/sec = 3,6km/h

Entfaltungstabelle parallel und seriell (Leerlauf, ohne Reibungsverluste)

	Parallelschaltung 2 Volt, Leerlauf 1800UpM			4 V/3600 UpM
Ø Rad	Ritzel	V in m/s	V in km/h	V in km/h
70mm	Z9	1	3,6	7.2
	Z12	1,3	4,7	9,4
	Z18	2	7,2	14,4
90mm	Z9	1,3	4,4	9
	Z12	1,7	6	12
	Z18	2,5	9	18
120mm	Z9	1,7	6	12
	Z12	2,2	8	16
	Z18	3,3	12	24

In der Praxis entstehen im Getriebe und am Rad grössere Reibungsverluste. Die Motordrehzahl sinkt, wenn die Last grösser wird. Die effektiv erreichbare Geschwindigkeit liegt entsprechend tiefer. Eine Messreihe mit der Stoppuhr ermöglicht aufschlussreiche Resultate für die optimale Untersetzung.

Tuningtipp: Welcher Raddurchmesser ist optimal? Wenn das Fahrzeug nach dem Start sofort die Endgeschwindigkeit erreicht, sollte ein grösseres Rad montiert werden. Wenn die Beschleunigung langsam beginnt und Topspeed erst nach 2-4 Meter erreicht wird, ist die Radgrösse ideal.

formel-s Rennen: Spiel und Spass mit der Kraft der Sonne

Ein spontanes Rennen kann ohne grossen Aufwand auf dem Pausenplatz durchgeführt werden. Die Fahrzeuge werden auf einer Linie ausgerichtet und jemand gibt das Kommando. Beim Massenstart geht es lustig zu und her. Der Teerbelag ist meist nicht besonders fein. Das rüttelt und schüttelt und führt dazu, dass sich schon mal eine Schraube löst und aus dem Staub macht. Eine Piste aus Pavatex oder Kunststoffbahnen ermöglicht schnellere Fahrten.

formel-s geht einen Schritt weiter. Im Sommerhalbjahr finden in einigen Gemeinden Rennanlässe statt. Dein Team fährt mit anderen Teams um die Wette und du lässt nach jedem gewonnenen Lauf deine Emotionen hoch gehen.

Die Bahn misst 10 Meter in der Länge. Die glatte Oberfläche verleiht deinem Solarmobil Flügel.
Ein Teammitglied richtet das Fahrzeug am Start aus, jemand fängt es im Zielraum auf.
Freunde und Zuschauer feuern dich an.
Eine Software unterstützt die Rennleitung mit Startlisten und Tabellen.

Immer zwei Fahrzeuge sausen gleichzeitig los, sobald die Startklappe freigegeben wird.
Wer überquert zuerst die Ziellinie?
Innerhalb der Gruppe fährt jedes Team gegen jedes. Die Gruppensieger kommen weiter in den Halbfinal und das Final.

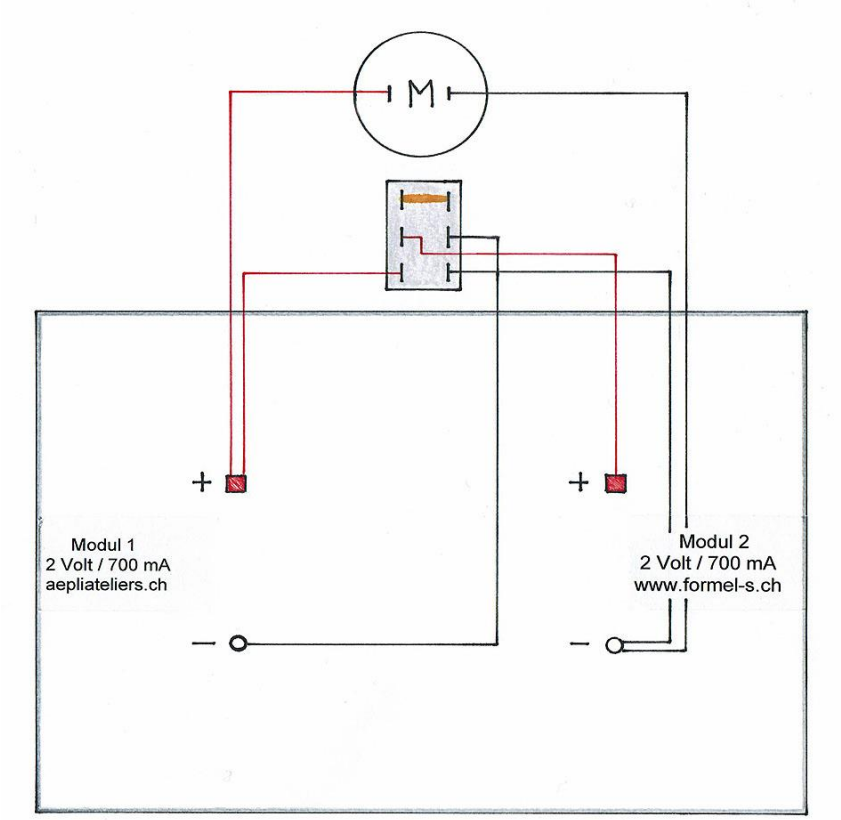
Wie in der Formel-1 gibt es immer etwas zu reparieren. Wenn die Sonne hinter einer Wolke verschwindet, müssen die Zahnräder oder Räder ausgewechselt werden. Beim Crash auf offener Bahn löst sich eine Schraubverbindung oder es muss etwas geklebt werden. An den Boxen stehen Lötstation, Kleber, Werkzeuge und Ersatzteile zur Verfügung.

Der Strom für den Speaker, das Büro und die Werkstatt wird vor Ort mit einer Solaranlage generiert, umweltfreundlich und unabhängig von einer Steckdose.

Im Anschluss an die Vorläufe messen sich die Gruppensieger in den Halbfinal- und Finalläufen.
Der Tagessieger oder die Tagessiegerin werden gekürt.

Aktuelle Infos zu Bautipps und Solarmobilrennen
www.formel-s.ch ist die Plattform, wo alle Infos und Updates zu Solarmobil und Rennen zur Verfügung stehen: Bilder und Videos, Bautipps, Schülerblätter und ein Webshop.

Schema Solarmodul und Umschalter

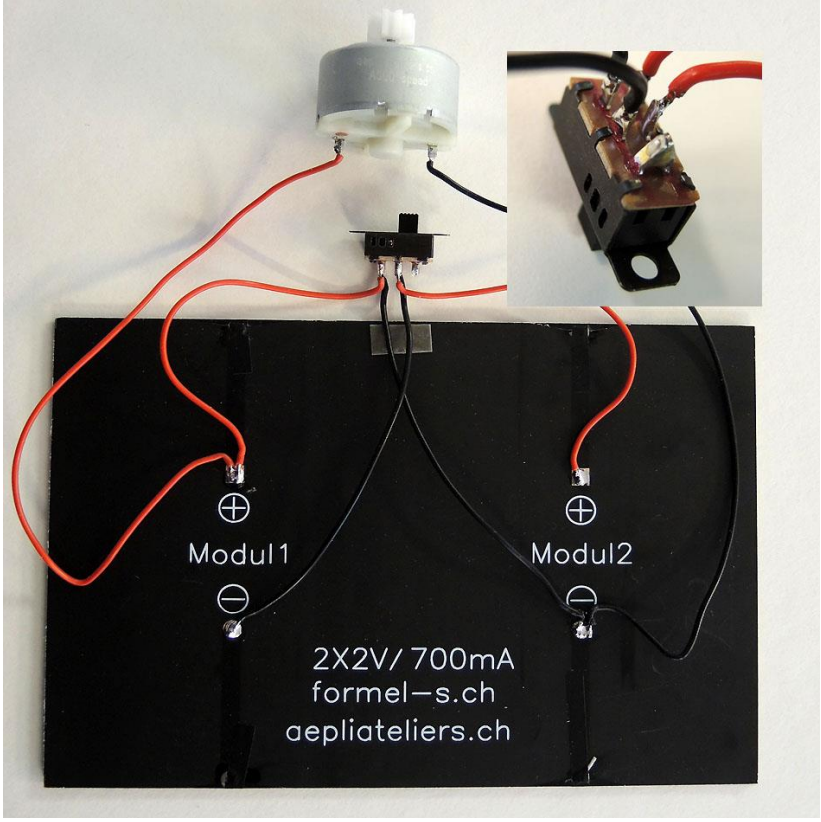


Das Rennsolarmodul von formel-s vereint zwei Solarmodule mit je 2 Volt / 700 mA auf einem Board. Die beiden Hälften können seriell oder parallel verschaltet werden.

Das Modul kann bei Bedarf in der Mitte geteilt werden (Laubsäge).

Kabellängen:
Schalterkabel je 8cm
Motorkabel ca 20cm

Lötbrücke auf dem Schalter (siehe kleines Bild):
Beine biegen und mit einem Tropfen Lötzinn verbinden



Kurztipps Löten:
Kabelenden abisolieren, verzinnen und kürzen
Lötkontakte von Motor, Schalter und Modul ebenfalls vorverzinnen
Lot sparsam verwenden
Dann zusammenfügen und nur noch kurz wärmen

Verbindungen **genau** nach Schema erstellen.

Funktionskontrolle:
Ritzel auf Motor stecken, im Freien testen:
Schalter Mitte = AUS
bei Lötbrücke = schnell
Kabelseite = langsam

Schaltschema für zusätzlich vor- und rückwärts als pdf auf der Webseite

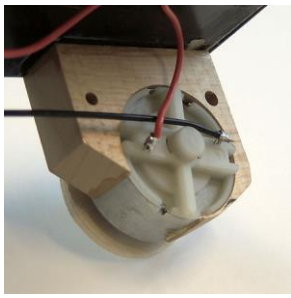
Tuningtipp: Saubere Lötstellen haben weniger Übergangswiderstand und leiten den Strom besser

Zahnradgetriebe

Der Solarmotor A-500 speed dreht bei 4 Volt im Leerlauf mit 3600 Umdrehungen pro Minute. Einfach ein Rad aufstecken und losfahren? Beim Motordurchmesser von 32 mm muss das Antriebsrad grösser als 35 mm sein. Das funktioniert gut bei viel Sonne, bei bewölktem Himmel ist das Drehmoment zu schwach. Das Fahrzeug kommt nur langsam vorwärts oder steht still.

Ein Getriebe schafft Abhilfe: Wie beim Fahrrad benutzen wir kleine und grosse Gänge. Zahnräder eignen sich besonders gut. Gummi- und Riemengetriebe sind mit grösseren Reibungsverlusten behaftet.

Das Zahnspiel lässt sich dank der grossen Zähne (Modul 1) einfach einstellen. Die Reibung ist dann am kleinsten, wenn die Zähne etwa 1 mm Abstand vom Zahngrund haben, wenn die Zähne also etwas auseinandergezogen werden. Dazu muss der Motorhalter mit einer Stoppmutter so stark klemmen, dass er sich schwenken lässt, seine eingestellte Position aber sicher beibehält.

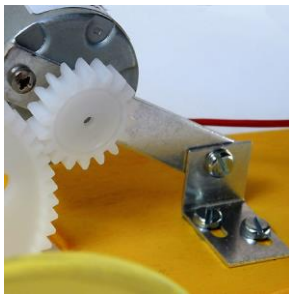

Direktantrieb

Ritzel Z9 – Zahnrad Z60

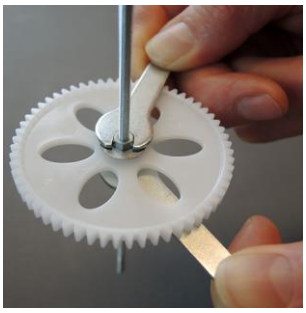
Ritzel Z12 – Zahnrad Z60

Ritzel Z18 – Zahnrad Z60

Die Ritzel mit 9, 12 und 18 Zähnen weisen eine Bohrung von 1,9 mm auf und werden auf die Motorwelle gepresst. Dazu legt man das Zahnrad auf den Tisch und drückt den Motor mit beiden Händen auf das Ritzel. Mit einem Schraubenzieher oder einem Schraubenschlüssel (Hebel) kann das Zahnrad wieder gelöst werden. Die Bohrung weitet sich etwas, der Wechsel geht später einfacher.


Aluwinkel mit Motorhalter

Zahnspiel einstellen


Zahnrad kräftig kontern

Ritzel einpressen

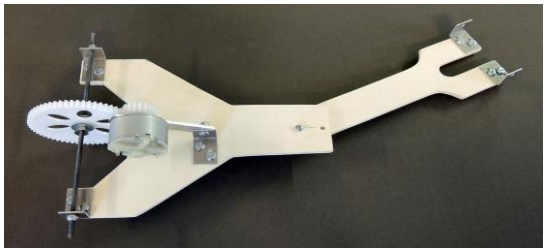
Kontern: Das Zahnrad und die Räder lassen sich mit je 2 Muttern unverrückbar auf die Gewindestange klemmen. Kräftig anziehen! Unterlagscheiben schützen vor Druckstellen.

Tuningtipp: Besonders bei wenig Licht wirkt sich ein optimal eingestelltes Zahnspiel sehr positiv auf die Geschwindigkeit aus.

Chassis und Lenkung

Am Chassis sind Solarmodul, Motor und die Achslager der Räder befestigt. Damit das Solarmobil am Rennen geradeaus fährt, ist eine feinfühlige Lenkung zwingend nötig.

Gute Erfahrungen haben wir mit einer zweiteiligen Grundplatte gemacht: Auf der einen Hälfte sind Motor, Getriebe, Radlager und Antriebsräder montiert. Die Verbindung zur anderen Hälfte ermöglicht eine präzise Einstellung der Geradeausfahrt.



Auf den folgenden Seiten sind Zeichnungen und Varianten abgebildet. Pappelholz mit 4mm Stärke ist leicht und preisgünstig, aber auch Draht und andere Materialien können verwendet werden.

Fragen zur Konstruktion:

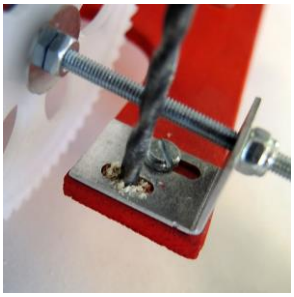
- Aluwinkel auf oder unter der Bodenplatte? Das Fahrzeug bekommt dadurch eine tiefe Strassenlage wie ein Rennbolide oder mehr Bodenfreiheit wie ein Geländefahrzeug.
- 3- oder 4-Rad? Theoretisch hat ein 3-Rad weniger Reibungsverluste.
- Leichtbau: Überflüssiges Holz wegsägen? Das Chassis darf bei einem Crash nicht brechen!
- Wo Motor und Modul platzieren? Vorteilhaft etwa in der Mitte, es sind die schwersten Elemente.
- Was ist vorne, was ist hinten? Ein rückwärtsfahrendes 3-Rad wird an der Bande eher abgelenkt und setzt seine Fahrt unbehelligt fort.

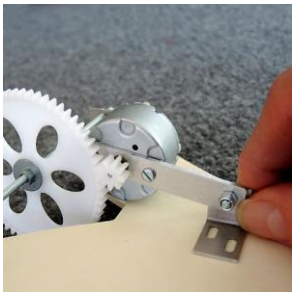
Arbeitsablauf:

- Form der Bodenplatten entwerfen, ev. Schablone, Umrisse zuschneiden
- Position der Aluwinkel für die Räder bestimmen und aufzeichnen
- Zahnrad Z60 platzieren: Die Bodenplatte benötigt dafür einen Ausschnitt (Laubsäge).
- Pro Aluwinkel je 1 Bohrung mit Ahle vorstechen und bohren Ø 3 mm.
- Die Aluwinkel mit je einer Schraube/Mutter montieren, Schrauben nur leicht anziehen.
- Gewindestange (Antriebswelle) einführen, Aluwinkel ausrichten, Schraube kräftig anziehen und anschliessend mit Akkuschrauber die zweite Bohrung direkt durch den Aluwinkel bohren.

bohren

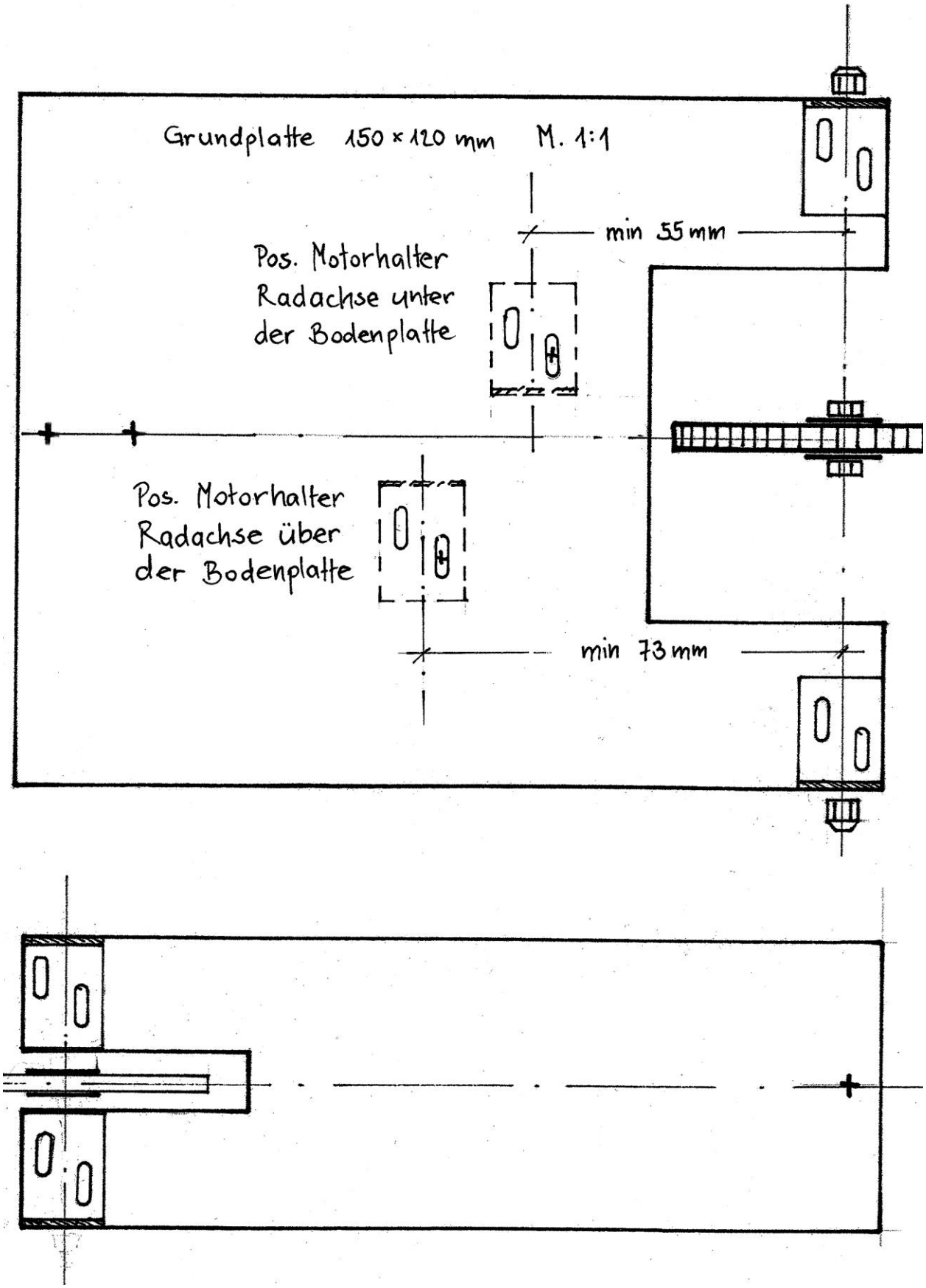
Aluwinkel festschrauben


zweite Bohrung durch Alu

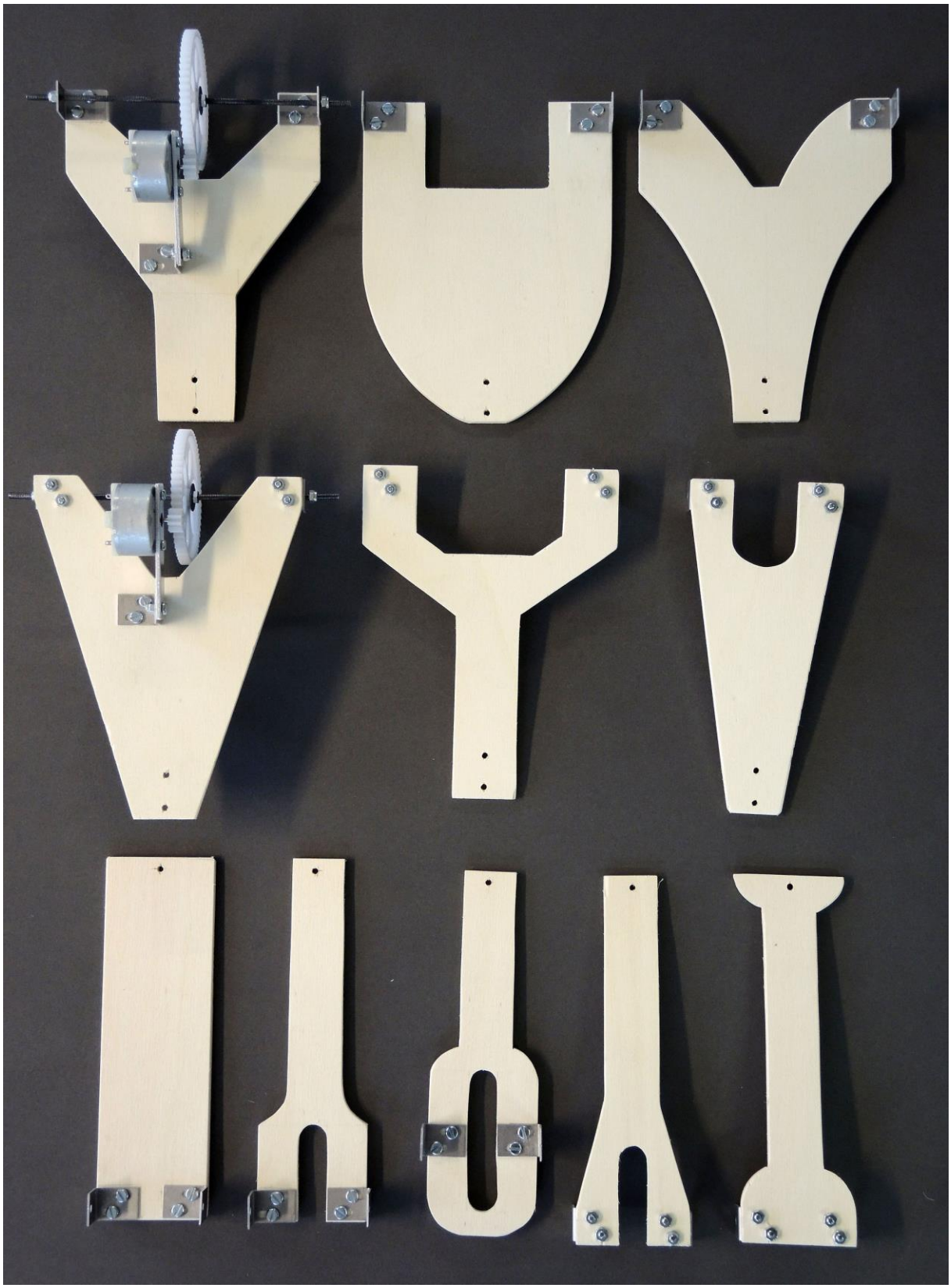

Position Aluwinkel suchen

Position für Motorhalter finden: Kleinstes Ritzel auf Motorwelle pressen.
Am Zahnrad Z60 einfahren und Bohrung auf der Bodenplatte anzeichnen.
Mit Ahle vorstechen, 3mm-Loch bohren, Schraube einsetzen, ausrichten, zweites Loch bohren.
So passen die grösseren Ritzel automatisch.
Die Positionen der Aluwinkel auf der Grundplatte sind im Plan Seite 11 vermasst und eingetragen.

Plan Bodenplatten M.1:1



Tuningtipp: Überflüssiges Material wegschneiden = Gewichtsreduktion



Tuningtipp: Beide Grundplatten mit nur einer Schraube verbinden. Einer Wand entlang fahren und den Geradeauslauf akribisch genau einstellen. Jetzt mit dem Akkuschrauber die zweite Bohrung anbringen und das Gelenk mit der zweiten Schraube fixieren. Für Kurvenfahrt wieder eine Schraube entfernen.

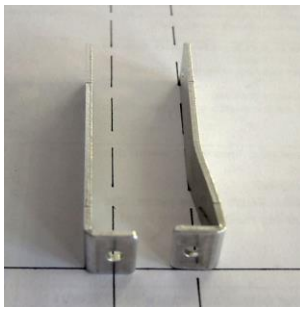
Solarmodulhalter

Der Solargenerator liefert die maximale Leistung, wenn die Sonnenstrahlen senkrecht auf die Solarzellen treffen. In der Schweiz steht die Sonne nie senkrecht am Himmel, darum bringt eine schwenkbare Halterung bis 30% mehr Energie. Bei einem Fahrzeug, das auf einem Platz seine Runden dreht, ist eine waagrechte Montage ideal. Auf der Rennbahn ist die Fahrtrichtung vorgegeben, da ist die Ausrichtung zur Sonne besonders vorteilhaft.

Arbeitsschritte:

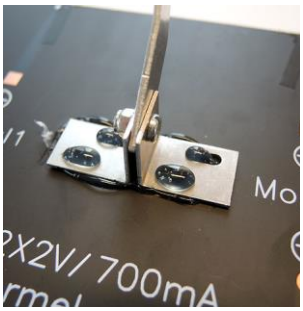
- Modulhalter nach Bedarf biegen (Kombizange)
- Modulhalter und die zwei Aluwinkel mit Schraube und Stoppmutter verbinden
- Position auf dem Solarmodul suchen: In welche Richtung will ich schwenken?
- Position mit Filzstift markieren
- Heisskleber sehr gut vorwärmen, dann genügend Klebstoff auf das Solarmodul bringen
- SOFORT die beiden Aluwinkel in den Kleber drücken – Klebstoff quillt durch die Langlöcher
- Ruhig warten, Kleber erkalten lassen, Modulhalter mit Stoppmutter am Chassis befestigen.

Zum Lösen der Verbindung mit dem Schraubenzieher unter den Aluwinkel fahren und drehen.


Modulhalter biegen

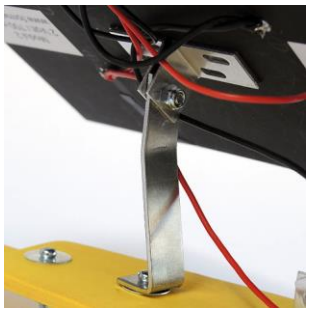
Aluwinkel montieren

mit Filzstift markieren

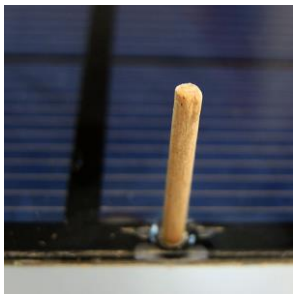


Aluwinkel kleben

Die Sicherungsmuttern dosiert anziehen, so dass sich das Modul ohne grossen Kraftaufwand verstellen lässt. Wenn die Muttern zu locker sitzen, verschiebt sich die Position während der Fahrt.


Modulhalter

Modulhalter unten


Visier

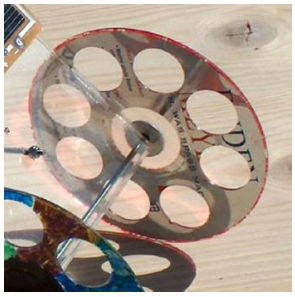
Tuningtipp: Wann steht das Solarmodul genau in der Sonne? Ein Visier hilft beim Ausrichten. Wenn der Schatten nicht mehr sichtbar ist, fallen die Sonnenstrahlen genau senkrecht auf die Solarzellen.

Räder

Die Grösse der Räder ist ein weiterer Faktor, um die Geschwindigkeit zu beeinflussen. Räder sollen federleicht und gleichzeitig stabil sein und die Kraft mit guter Haftung auf die Fahrbahn übertragen. Bei Regenwetter können sie nicht klein genug sein. Bei Sonne müssen sie möglichst gross sein, damit sie pro Umdrehung einen weiten Weg zurücklegen.

verschiedene Durchmesser, verschiedene Materialien

Moosgummi

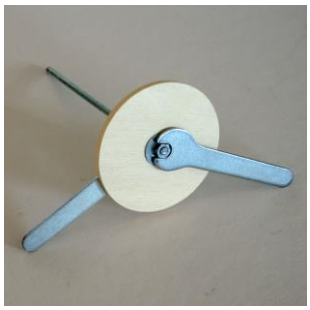


CD-Rad gebohrt

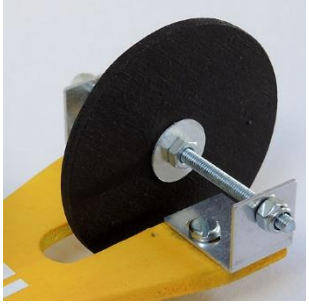
Ballon vorbereitet

Ballon auf Rad aufgezogen

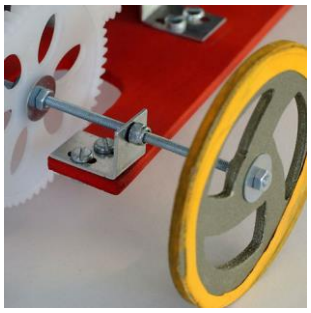
Grip: Harte Räder drehen auf der glatten Holzpiste durch. Ein Band aus Ballongummi schafft Abhilfe. Wesentlich robuster ist Veloschlauch. Bei Rillenrädern können O-Ringe montiert werden.



Rad mit 2 Muttern kontern



Radlager weit aussen



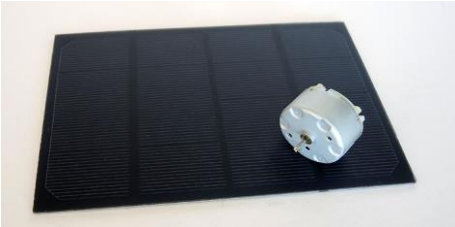
schmales Chassis, breiter Radstand

Schmales Chassis, breiter Radstand? Kein Problem: Aussen an den Aluwinkeln halten je eine Stoppmutter die Gewindestange in Position. Achtung: Die Muttern benötigen 1 mm Abstand zum Aluwinkel. Die Welle muss etwas Spiel aufweisen und darf auf keinen Fall klemmen! Anschliessend werden die Räder an den äusseren Enden der Gewindestange mit zwei Kontermuttern festgezogen.

Stoppmuttern (Sicherungsmuttern) erkennt man am Kunststoffeinsatz im Gewinde. Sie lassen sich nur mit Kraftaufwand eindrehen und kommen dort zum Einsatz, wo sich bewegte und unbewegte Teile berühren (Radlager, schwenkbarer Motorträger, schwenkbares Solarmodul).

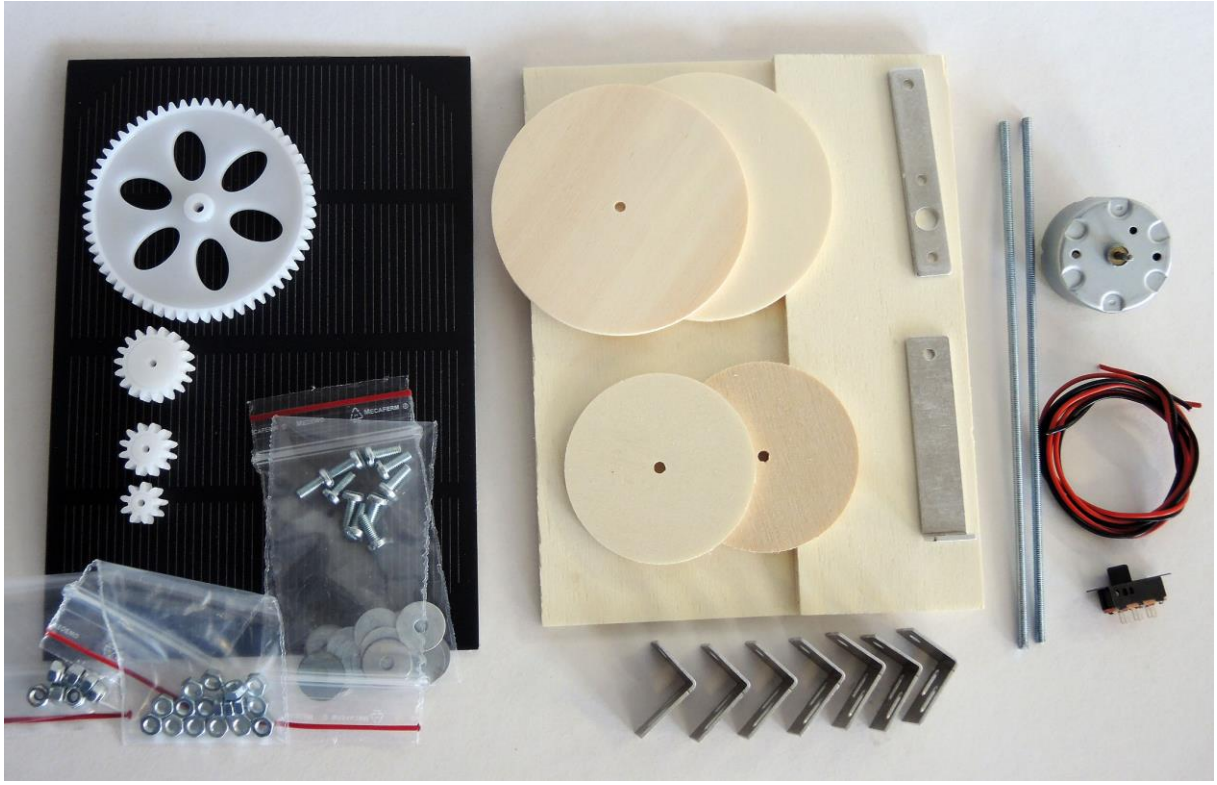
Tuningtipps: Rennteams bauen mit Vorteil ein ganzes Sortiment von Radsätzen
Bei grossen Rädern lohnt es sich, das Gewicht zu reduzieren
Bauplan für eine Räderschleifeinrichtung als pdf im Infocenter www.formel-s.ch

Stückliste

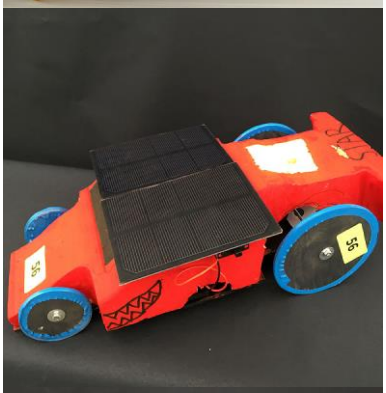
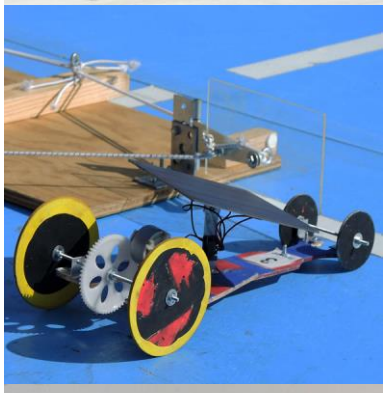
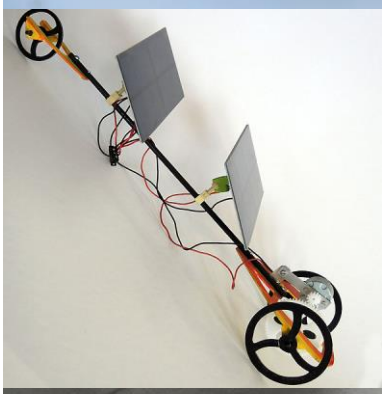
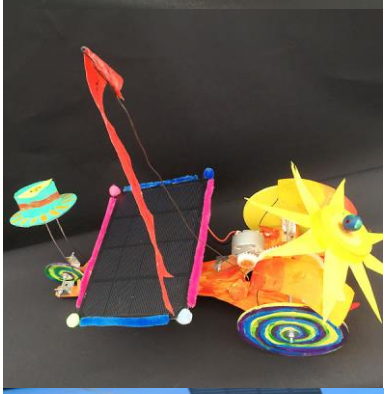
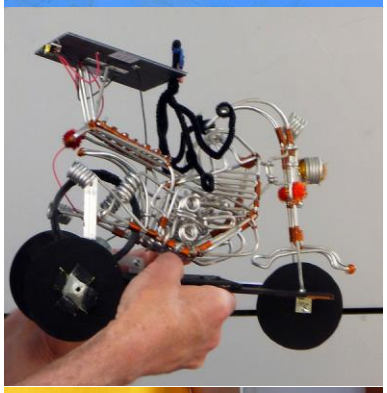
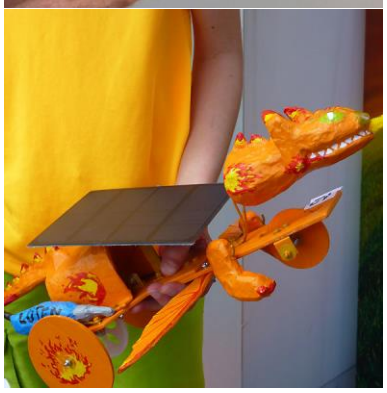
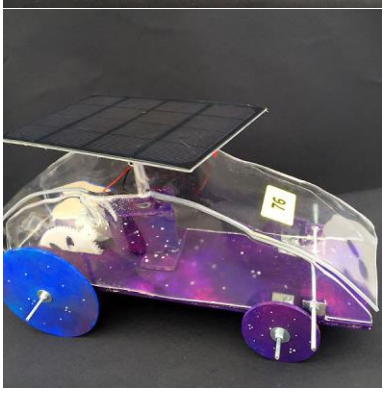


Antrieb formel-s Art. Nr. 2423

Antrieb formel-s plus Art. Nr. 2424



formel-s Baupackung Art. Nr. 2425

2423	**Antrieb formel-s bestehend aus:**	**2425**	**formel-s Baupackung, bestehend aus:**		
3053	Solarmodul 2x2V/700	3053	Solarmodul 2x2V/700mA	1	Solargenerator für das Fahrzeug
3121	Solarmotor A-500 speed	3121	Solarmotor A-500 speed	1	Mit 3 Ritzel für versch. Wetterlagen
		2770	Motorhalter, Schrauben	1	Alu, schwenkbar für Getriebe
		2775	Aluwinkel mit Bohrungen	7	Achslager, Solarmodul, Motorträger
		2720	Ritzel Z9, 1,9mm	1	Zahnrad auf Motor, kleinste Übersetzung
		2721	Ritzel Z12, 1,9mm	1	Zahnrad auf Motor, mittlere Übersetzung
		2722	Ritzel Z18, 1,9mm	1	Zahnrad auf Motor, längste Übersetzung
		2723	Zahnrad Z60, 2,9mm	1	Zahnrad auf Antriebsachse
			Sperrholz 120x150/50x150	2	2-teiliges Chassis
2424	**Antrieb formel-s plus bestehend aus:**		Räder Ø 50, Sperrholz	2	Für 4- oder 3-Rad-Fahrzeug
			Räder Ø 70, Sperrholz	2	Antriebsräder
3053	Solarmodul 2x2V/700	2711	Gewindestange M3x150	2	Radachsen, können gekürzt werden
3121	Solarmotor A-500 speed		Solarmodulhalter Alu	1	Solarmodul zur Sonne ausrichten
2770	Motorhalter, Schrauben	2800	Schalter 2xUM	1	Serie-/Parallelschaltung
2775	Aluwinkel Motorhalter		Litze rot/schwarz je 0,7m	1	Verkabelung Modul, Schalter, Motor
2720	Ritzel Z9, 1,9mm		Schrauben M3x8	12	Winkel, Motorhalter, Modulhalter
2721	Ritzel Z12, 1,9mm		Schrauben M3x16	3	Verbindungsgelenk, Modulhalter
2722	Ritzel Z18, 1,9mm		Muttern M3	16	Aluwinkel, Kontermuttern für Räder
2723	Zahnrad Z60, 2,9mm		Stoppmuttern M3	10	wo bewegliche Teile auf starre treffen
2800	Schalter 2xUM		Unterlagscheiben	10	um Druckstellen zu vermeiden (Räder)

Impressionen