# Einleitung

Liebe/r Leser/in.

Eine eben erst veröffentlichte Umfrage der Zeitung »Die Zeit« ergab, dass in Deutschland lediglich 1.5% der Befragten ein Hybrid- oder Elektrofahrzeug besitzen. Warum wohl? An erster Stelle stand der hohe Preis, danach die problemati- sche Situation beim Aufladen auf der Liste der Vorbehalte. Durchaus praktische Einwände. Aber die Veränderungen ge- schehen rasch. Die Batteriekapazität erhöht sich Jahr für Jahr signifikant, genauso wie die Leistungsfähigkeit des An- triebs. Wer Trendsetter sein will, kommt nicht mehr darum herum, sich ein schickes E-Mobil anzuschaffen. Aber leider kann nicht jedermann einfach zum Verkauf von Tesla gehen, bewaffnet mit einem Sack voller Geld. Der kleine Mann hat viel weniger Optionen. Eine bleibt ihm aber: Einfach selber eins bauen. Das ist Ihnen zu aufwändig? Nicht unbe- dingt. Ein Umbau eines Kleinwagens in ein E-Mobil mit notwendigerweise geringerer Reichweite ist durchaus mach- bar. Schliesslich leben wir ein der Schweiz, wo mini-ELs à la Frau Iseli (Birgit Steinegger) genauso wie Twikes herum- kurven. Und die decken >90% des täglichen Bedarfs problemlos ab. Jedenfalls, wenn sie die Personentransport- Kapazität eines Minis, Twingos o.ä. aufweisen würden. Wen wundert’s, dass das schon viele [erfolgreichumgesetzt](http://www.swr.de/blog/diedurchblicker/2016/04/11/oekomobil-das-billigste-elektroauto-der-welt/) haben.

Finde ich genügend und die richtigen Unterstützer, ist es zu schaffen. Ein ±leerer Keller als Logistikbasis ist da, Geh- versuche im Bau kleiner elektronischer Schaltungen machte ich bereits und recherchieren tu ich sehr gern. Fehlen noch Kenntnisse im Umgang mit elektrischen Bauteilen unter höherer Spannung und mechanisches Können. Hier wäre Ihre Hilfe sehr willkommen. Das Globalbudget ist allerdings stark beschränkt, so dass ich auf freiwillige Mitarbeit ange- wiesen bin. Bis auf einige Regiearbeiten. Als Finanzierung kann ich sFr. 10-15k investieren. Ich werde mich bemühen, eine/n Gönner/in zu finden, welche/r ein Reserve-Darlehen zur Verfügung stellt, damit auch die Zulassungskosten ge- deckt sind.

Was Sie davon haben? Nun, bei so etwas mitgemacht zu haben, kann nicht jeder für sich behaupten. Und wer weiss, vielleicht gibt das der Idee »Individualverkehr ohne CO2-Ausstoss« endlich Auftrieb. Am Anfang des als Teu- felswerk verpönten Automobils musste ja auch noch in der Apotheke nachgetankt werden. Vielleicht sind Sie bereit, dieses Wagnis mitmir einzugehen? Ich freue mich auf Sie!

mit besten Grüssen

Marc Forestier. 8942 Oberrieden



**URL:** [**http://zzmpe.qr.ai**](http://zzmpe.qr.ai/)

für Anschlagbretter, WhatsApp usw.

Um Platz zu sparen, ist dieses Dokument mit Weblinks ausgestattet – lesen Sie nach Belieben, was für Sie von Interesse ist. Manchmal ist das Material auch ziemlich umfangreich. Sorry. Es ist klar, dass die Realisierung nicht einfach ist – gelingt sie, ist die Belohnung umso grösser!

3.09.2017 V 1.1

# Voraussetzungen

Was braucht’s für die Realisation? Werfen Sie einen Blick auf dieses einfache Diagramm, quasi eine Gliederung der an- stehenden Arbeiten.

1

8 Bremsen (Vakuum),

E-Motor, Getriebe- platte, Lenkung (Servo)

Motorsteuerung,

Heizung

7 Logistik, Finanzen

Verkabelung 2

Akkus, Lade-

elektronik 3

Software

6 (Instrumente) Zulassung StVA

Ausbau Ottomotor,

5

Aggregate & Verwertung

EMPA 4

Ich meine, als Erstes müssen Projektmitglieder angeworben werden. Dann soll die Dimensionierung der Akkus (Gröss- ter Ausgabeposten) und des Motors etc. definiert werden, was eine ungefähre Schätzung der Gesamtkosten erlaubt. Erst dann sollte das Vorhaben umschrieben und der Kontakt mit den Zulassungsbehörden und evtl. weiteren Regie-Auftrag- nehmern hergestellt werden. Das müsste es gestatten, die Frage „Projektstart Ja/Nein“ zu beantworten. Danach folgt die Suche nach Werkstatt, Lager, die Aufgabenverteilung (Detailplanung, [Projektorganisation](http://homepage.hispeed.ch/%7Eforest/PrjPlanung_GanttChart.xls)) und diejenige nach einem geeigneten Ausgangsfahrzeug (Chassis).Aber ich greife vor. Lesen Sie etwas mehr zu den Unterprojekten auf den nächsten Seiten. Details bzw. Ein Beispiel finden Sie [hier,](http://www.metricmind.com/ac_honda/main2.htm) ein Fotoalbum schon realisierter Projekte [hier.](http://www.evalbum.com/)

# Unterprojekte

**Chassis, Verwertung ICE, Material-Akquisition**

Das benutzte Ausgangsauto setzt natürlich die Grenzen bzgl. späterer Nutzung. Parameter wie Eigengewicht, Komplexität der vorhandene Zusatzaggregate (ABS, Klimaanlage, Fahrzeugelektrik) etc. müssen berück- sichtigt werden. Ein kleineres B-Klasse Modell (Twingo, Fiesta, Corsa, Polo o.ä.) ist meist günstig zu haben, die nicht mehr gebrauchten Teile (Motor, Kühler, Auspuff usw.) können u.U. verkauft werden (Tutti/auto- ricardo). Der Einkauf bzw. die Erstellung der Einkaufsliste ist ein weiterer Aspekt. Glücklicherweise muss nicht mehr bei [Adam&Eva](http://www.diyelectriccar.com/forums/showthread.php/planning-1994-renault-twingo-conversion-38674.html) begonnen werden. Im Hinblick auf einen optimalen Gebrauchswert peile ich einen Asynchronmotor mit Steuerung an ([AlsKit](http://johanneshuebner.com/quickcms/index.html%3Fde_electric-car-conversion-site%2C14.html) erhältlich). So wie in Waschmaschinen als *Invertermotor* angeprie- sen.

**Bremsen**

…gehören natürlich zu jedem Auto. Da sind sie i.d.R. mittels Luftdruck-Unterstützung (Bremskraftverstärker) und Hydraulik ausgestaltet. Im Fahrzeug mit Verbrennungsmotor wird der Verstärker ans Vakuum vom An- saugtrakt angeschlossen, was im E-Auto nicht geht. Aber eine kleine Pumpe sorgt für die ca. 300 mBar Unter- druck. So etwas gibt es auch als Teil von Notbremsassistenten (Vom Abbruch). Das Gesamtgewicht darf höchs- tens dem Wert entsprechen, welches der Hersteller des Chassis als unbedenklich [zertifiziert](https://stva.zh.ch/internet/sicherheitsdirektion/stva/de/StVAfz/FZimport/FZimportCOC.html) (Bestätigung für

die Zulassung wichtig). Sonst wäre die Wirksamkeit der Bremsen nicht genügend für einen sicheren Betrieb. Ob der E-Motor als Generator umgepolt werden soll, hat Auswirkungen auf die Bremsen wie auch die Lade- elektronik. Ein vorhandenes ABS muss auch nach dem Umbau funktionieren, eine Klimaanlage hingegen nicht (Soweit ich informiert bin). Die Verteilung der Bremskraft erfolgt zu 80%:20% (vorne/hinten).

**Lenkung**

Die Lenkung stammt vom Ursprungsfahrzeug. Die Servo-Unterstützung ergibt sich auch hier durch eine elek- trische Hydraulikpumpe, da kein Antriebsriemen wie beim Verbrennungsmotor zur Verfügung steht. Die Ge- wichtsverteilung sollte nahe am Modell mit konventionellem Motor liegen, sonst ergeben sie u.U. Abweichun- gen im Fahrverhalten, v.a. in Kurven und bei Lastwechseln (Abbremsen).

**Antrieb mechanisch**

Gemeint ist dies: Die Kraftübertragung vom E-Motor auf die Räder. Getriebe (Manuell), Kupplung und Achs- untersetzung/Differential werden vom Chassis übernommen. Eine präzise gefertigte Montageplatte für den Motor muss gebaut werden (Meist stabiles Aluminium). Die Achsen des Motors und des Getriebes müssen ge- nau zentriert angeordnet sein, sonst ergeben sich wegen der gewaltigen Kräfte Probleme (Vibration, Beschädi- gung). Ein bescheidener E-Motor kann durchaus ein Drehmoment aufweisen, wie es ein Verbrennungsmotor erheblich grösserer Bauart aufweist. Bei Fehlern können Kupplung und Getriebe Schaden nehmen und das Fahrverhalten wird ruppig. Es ist ein einfaches Teil mit beträchtlichen Anforderungen (Präzision, Lebensdau- er). Auch möglich wäre es, ein Pulley für den Antrieb eines gewöhnlichen Alternators via Zahnriemen vorzu- sehen. Damit kann, etwa durch eine elektrische Kupplung, im Last-freien Betrieb die für die Instrumente/Be- leuchtung/ABS nötige Starterbatterie nachgeladen werden.

**Batterie / Aufladen**

Sie ersetzen den Kraftstofftank. Ich möchte aus Sicherheitsgründen auf LiFePO4-[Akkus](http://www.batteryuniversity.com/learn/) setzen. Diese geraten bei internen Kurzschlüssen nicht automatisch (Und unlöschbar!) in Brand. Für die Aufladeelektrik möchte ich auf einen CH-Zulieferer ([Brusa](http://www.brusa.biz/)) setzen, falls möglich. Dies hat entscheidenden Einfluss auf die Lebensdauer und damit die Betriebskosten (Akkus halten nicht ewig). Zu erwägen wäre ausserdem, ob Kühl- bzw. Tempe- riermöglichkeiten vorzusehen sind – selbst wenn dies nicht von Beginn weg benutzt wird. Dies hat [lautIn-](http://homepage.hispeed.ch/%7Eforest/Trio%20unter%20Strom(Die%20Zeit).pdf) [sidern](http://homepage.hispeed.ch/%7Eforest/Trio%20unter%20Strom(Die%20Zeit).pdf) grossen Einfluss auf die nutzbare Kapazität. Einen entsprechend grosszügig dimensionierten Haus- anschluss (25 A, 400V) vorausgesetzt, lässt sich der Akku zügig laden, wenn nötig mit Kühlung (Lebensdauer). Eine Reichweite von 50-100 km wäre ausreichend, eine Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h genauso.

**Antrieb elektronisch / Instrumente**

Wie schon erwähnt bietet ein [Asynchronmotor](http://homepage.hispeed.ch/%7Eforest/TI_VecCtr-3phIndctnMotors.pdf) optimale Kontrolle über Kraftentfaltung und Fahrverhalten. Ausserdem hat ein Elektroingenieur aus Deutschland [eineLösung](http://www.diyelectriccar.com/forums/showthread.php/another-homebrew-ac-controller-45909.html) im Angebot, die schon vielfach im Alltags- einsatz erprobt ist. Einzig die elektrische Anpassung an den jeweils eingesetzten Motor muss individuell vorge- nommen werden (IGBT, insulated gate bipolar transistor). Dafür gibt es Industriekomponenten, auch ge- braucht. Eine entsprechende Kühlung der Elektronik und des Motors muss auf Erfahrungswerten basierend konstruiert werden. Die [AuswahldesMotors](http://homepage.hispeed.ch/%7Eforest/elektroauto-selbstbau(faz).pdf) ist kritisch und beeinflusst die Wahl der Elektronik und der Ak- kus. Da e-Motoren kurzfristig viel mehr Kraft aufbringen, als es die Dauerleistung vermuten lässt, genügen meist ⅓ der Stärke des zuvor eingesetzten Verbrennungsmotors. Vorkehrungen zum Schutz der Elektronik bei Kurzschlüssen in den Motorwindungen wären ideal, um Folgekosten tief zu halten. Für die Angabe der Rest- kapazität kann auf Industrieteile abgestellt werden (Brusa). Für die Erhaltung der Ladekapazität ist es wünsch- bar, den Innenwiderstand der einzelnen Packs bestimmen o. automatisch überwachen zu können – so können bei Bedarf nur die schwächelnden Packs ausgetauscht werden, die Fehlersuche wird viel einfacher.

**Verkabelung / Sicherheit**

Vielleicht wieder eine Arbeit, die man am besten einem Profi übergibt. Früher war ein elektrifizierter Fiat Pan- da von [Larag](http://www.larag.com/de/) erhältlich. Eventuell übernimmt sie dies für uns im Kundenauftrag, Erfahrung damit hat sie hof- fentlich immer noch. Die Fahrbatterie bekommt eine eigene, vollständig isolierte Masseleitung. Ähnliches gilt für das Onboard-Ladegerät. Vorhandene Kontrollleuchten im Armaturenbrett sind ggfs. neu anzusteuern (z. Bsp. Tankkontrolle = Ladezustand kritisch, Kühlmitteltemp. = E-Motortemperatur). Die schon erwähnte Lö- sung für die Motorsteuerung unterstützt Fahrzeuganwendungen (CAN-Bus: controller area network). Unab- dingbar sind ein bzw. mehrere Kollisions-Notschalter, wie sie auch konventionelle Fahrzeuge zum Abschalten der Benzinpumpe im Fall eines Unfalls haben. Die Anbindung ans Chassis erfordert einigen Programmierauf- wand!

**Heizung**

Sicherheitsrelevant ist auch der Einbau einer Heizung. Da diese vom Akku gespeist wird, ist es u.U. ökono- mischer, ein kleines Quantum Flüssigkeit auf 70 Grad zu heizen und mittels Pumpe im vorhandenen Wärme- tauscher zirkulieren zu lassen, anstatt ein Keramikelement zu verwenden. Für die Enteisung der Frontscheibe wichtig, genauso wie das Gebläse (Original). Die Heckscheibenheizung sollte eine Abschaltautomatik bekom- men. Für die kalte Jahreszeit wäre es ideal, die Akkus vorwärmen zu können (Nur bei parkiertem Auto, wie in Skandinavien üblich).

# Planung

Damit befassen wir uns, wenn der Start vom Team befürwortet wird. Die Planung/Anpassung der Motorsteue- rung sollte im Labor erfolgen, schon nur aus Sicherheitsgründen. Ein [Zeitrahmen](http://homepage.hispeed.ch/%7Eforest/PrjPlanung_GanttChart.xls) (Ab Fertigstellung Steue- rung+e-Motor, Testlauf unter Laborbed.) für die Realisierung könnten 6-12 Monate sein. Darüber hinaus ist die [Zulassung](https://asa.ch/wp-content/uploads/webshop/richtlinien/w_2b_D/index.html) abhängig von den eingebauten Systemen und der Verfügbarkeit der Finanzmittel und von Behör- denabläufen (Zertifizierte Messinstitute etc.).

# Rekrutierung des Projektteams

**Fachkräfte m. spez. Kenntnissen**

Schon zugesagt haben ihr Interesse ein Karosseriespengler-Lehrling, ein Automechatroniker, ein Informatik- lehrling und evtl. weitere Personen. Das Projekt wird in Kürze auf Schwarzen Brettern verschiedener Fach- hochschulen in der Schweiz publiziert. Ich wäre froh, von Interessenten [Kurzporträts](http://homepage.hispeed.ch/%7Eforest/kurzportraet(MF).docx) per E-Mail zu bekom- men. Sie sind nicht absolute Voraussetzung zum Mitmachen, erleichtern aber die Auswahl.

**Allrounder**

Hier würde ich mich z. Bsp. einordnen. Siehe auch mein [Profil](http://homepage.hispeed.ch/%7Eforest/Kurzportr%C3%83%C2%A4t(MF).docx) bzw. dasjenige bei LinkedIn. Apropos: Damen sind natürlich genauso willkommen! Das sage ich Ihnen als *VDM*\*. Gilt selbstverständlich auch für Ingenieu- rinnen und Programmiererinnen etc.

\*VDM : Vater dreier Mädchen.

# Realisierung

**Vorprojekt**

Das umfasst für mich die Anwerbung der Mitglieder, Spesenregelung und Wahl der Werkstätten, Logistik (u.a. Transfer des Prototyps zwischen Arbeitsorten). Bis zum Laboraufbau des Antriebs ohne Akkus und eines Test- laufs unter Last. Letzteres ist Bedingung, um die einwandfreie Leistungssteuerung untersuchen zu können.

# Material, Projektphasen & -meilensteine

**Arbeitsanweisungen, Termine**

Es ist mir klar, dass hier noch beträchtlich investiert werden muss. Soll das Projekt gelingen, muss von jeder- mann etwas Rücksicht auf die anderen genommen werden. Und es darf niemand böse bzw. enttäuscht sein, wenn einmal ein Team-Mitglied nicht mehr mitmachen kann oder will. Dann muss natürlich schnell Ersatz ge- funden werden. Ich wäre den Ausscheidenden dankbar für ihre Hilfe bei der Teilprojekt-Übergabe an die Nach-

folger. Zum finalen Testlauf bzw. für die Einweihung nach erfolgter Strassenverkehrszulassung sind sie natür- lich ebenso eingeladen.

**Werkstatt, -ausrüstung Logistik, Zahlungen / Belege**

# Finanzen / Entschädigung

**Buchhaltung, Firmenkontakt**

# Ziel, Projektterminierung

**Erfolgskontrolle**

**Reglementarische Dokumente & Zulassung Finalisierung, Behördenkontakt**

# Quellen, Beispiele

**Teilemarkt, Elektronik**

Es fallen mir [mouser,](http://eu.mouser.com/) [farnell,](http://ch.farnell.com/) [distrelec,](https://www.distrelec.ch/?country=CH) [conrad,](http://www.conrad.ch/ce/) [Pusterla](https://www.nzz.ch/article7WMFC-1.359218) ein. Und natürlich eBay. Expertentipps zum Thema Beschaffung sind willkommen.

**Auto-Gebrauchtmarkt**

Autos und Teile: Auto [Ricardo,](http://auto.ricardo.ch/) [Autoscout24.](http://www.autoscout24.ch/) Manchmal sind unter „andere Fahrzeuge“ auch komplette

e-Mobile erhältlich (mit/ohne Batterie). Schweizer Hersteller: Kyburz (Post), [Kamoo.](http://www.kamoo.ch/) Printausgabe der *Tier- welt* (Da gibt es auch Grossmütter zu kaufen, öh mieten). Neues Projekt bei [micro.](http://www.micro-mobility.com/micro-erleben/produktentwicklung/microlino-car)

**Auto-Abbruch**

Meist nur Teile: [Avis2000,](http://www.avis2000.ch/index2.htm) [Rupp,](http://www.avrupp.ch/de/home) usw. Mein 18-jähriges fährt mit einigen Teilen aus der Autoverwertung. X- fach vom Strassenverkehrsamt bewilligt – ohne Probleme.

**Foren**

[Greencarcongress](http://www.greencarcongress.com/) (→Topics). [Reddit](http://www.reddit.com/) (Query: diy, electric, car). [DIYelectric](http://www.diyelectriccar.com/) car.

**Clubs**

[ElektromobilClub](http://www.elektromobilclub.ch/) Schweiz.