

Meine Elektrabi-Story

1. [Vorgeschichte](#)
2. [Restauration](#)
3. [Neues Gehäuse für Motorsteuerung](#)
4. [Ersatz-Stromversorgung](#)
5. [Externes Betriebsgerät](#)
6. [Schrittweise Inbetriebnahme der Motorsteuerung](#)
7. [Re-Engineering der Motorsteuerung](#)
 - 7.1. [AMC-SP](#)
 - 7.2. [AMC-PWM](#)
 - 7.3. [AMC-REG-C](#)
 - 7.4. [AMC-SINI**b**](#)
 - 7.5. [Leistungselektronik-Einheit](#)
8. [Weitere Berie**b**seinheiten](#)

©Copyright by Peter Salomon, Berlin, April 2022

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, Irrtum und Änderungen vorbehalten.
Eine auch auszugsweise Vervielfältigung bedarf in jedem Fall der Genehmigung des Herausgebers.

Die hier wiedergegebenen Informationen, Dokumente, Schaltungen, Verfahren und Programmmaterialien wurden sorgfältig erarbeitet, sind jedoch ohne Rücksicht auf die Patentlage zu sehen, sowie mit keinerlei Verpflichtungen, noch juristischer Verantwortung oder Garantie in irgendeiner Art verbunden. Folglich ist jegliche Haftung ausgeschlossen, die in irgendeiner Art aus der Benutzung dieses Materials oder Teilen davon entstehen könnte.

Für Mitteilung eventueller Fehler ist der Autor jederzeit dankbar.

Es wird darauf hingewiesen, dass die erwähnten Firmen- und Markennamen, sowie Produktbezeichnungen in der Regel gesetzlichem Schutz unterliegen.

1. Vorgeschichte

Es war so ziemlich am "Abspann" meiner Berufstätigkeit im Jahre 2008.

Da flatterte mir ein Werbe-Flyer in den Briefkasten mit dem Hinweis, daß ich mich doch mal mit einem Elektroauto befassen sollte. Die Fa. Manthey hatte ihren Sitz in der Bouchéstr. in Berlin-Treptow und baute alte Trabants um auf Elektroantrieb - eine interessante Angelegenheit, die ich mir unbedingt mal anschauen musste.

Es war ein altes Industriegelände, was sicherlich früher zu DDR-Zeiten mal zum "VEB Werk für Signal- und Sicherungswesen Berlin" (WSSB) gehörte. Die Fa. "Manthey-Mobil" ward auch schnell gefunden und als ich Herrn Manthey den Werbeflyer entgegenstreckte, tat er sehr erfreut und zeigte mir alle seine zum Verkauf stehenden Fahrzeuge. Ich war schon sehr beeindruckt – durfte sogar mal mit einem umgebauten Trabant-Kombi Probefahren – natürlich nur auf dem Hof, weil das Fahrzeug ohne Nummerschild noch nicht wieder angemeldet war. Die Beschleunigung eines Elektrofahrzeuges ist exorbitant und ich musste aufpassen nicht gleich an der nächsten Gebäudewand zu landen – und dann noch fast ohne irgendwelche Motorgeräusche. Das Autofahren macht damit richtig Spaß!

Der Preis eines solchen umgebauten Trabants stand allerdings in keinem Verhältnis zum Preis eines originalen Trabant, die immer noch zum Schrottpreis gehandelt wurden. Die 10- bis 15.000 Euro konnte ich nicht so einfach sofort aufbringen und bat deshalb Herrn Manthey um Bedenkzeit.

Einige Wochen später – es ging schon auf den Herbst zu, hatte ich wieder Fa. Manthey besucht und wollte eigentlich meine Mitarbeit anbieten – aushilfsweise als Elektroniker. Herr Manthey war nicht sonderlich erfreut über meinen Besuch, hatte er doch anderes Wichtigeres zu tun. Es stellte sich nämlich heraus, daß er die Fa. schließen wollte, bzw. musste.

Er erzählte mir dann doch von seiner Firmengeschichte. Als studierter KFZ-Ingenieur hatte er sich bereits vor der gesellschaftspolitischen Wende in der DDR mit einer KFZ-Werkstatt selbstständig gemacht. Der Antrieb mit dem 2-Takter-Motor des Trabant hat ihn noch nie so richtig gefallen und so versuchte er die bereits serienmäßig hergestellte 4-Takt-Variante durch Umbauten von alten Fahrzeugen ebenfalls herzustellen. Das war ein sehr schwieriges Unterfangen, weil natürlich an die 4-Takt-Motoren von VW kein Rankommen war. Lediglich im Ausnahmefall durch Ausschachten von Fahrzeugen mit Totalschaden war das manchmal möglich.

In den Wendewirren kam er dann auf die Idee mit dem Elektro-Antrieb. Durch Beziehungen einer Nachbar-Werkstatt, die importierte Gabelstapler reparierten, kam er mit der Fa. BRUSA

aus der Schweiz in Kontakt. Die waren und sind Hersteller von elektronischen Steuerungen – Umrichtern für den Einsatz in Fahrzeugen, damals insbesondere Gabelstapler und Flurförder-Fahrzeuge.

Der Umbau eines so einfachen Fahrzeuges, wie der Trabant, war für den KFZ-Ingenieur eine eigentlich keine schwierige Aufgabe. Schwierigkeiten machten allerdings die von Anfang an geltenden EMV-Bestimmungen. Deshalb wurde zunächst als Motor ein Gleichstrom-Reihenschlußmotor aus einem Gabelstapler eingesetzt. Obwohl dabei auch mit einer Impulssteuerung gearbeitet wird, war wohl das EMV-Problem beherrschbar. Jedenfalls bekam er die Zulassung für seine Umbauten vom zuständigen KFZ-TÜV.

Der Gleichstrom-Antrieb hatte jedoch Nachteile – vor allem der schlechte Wirkungsgrad, wodurch die Batterien schnell entladen wurden. Es wurden 10 – 12 Stück normale KFZ-12V-Batterien eingesetzt, wodurch das Fahrzeug schon “mächtig beladen“ wirkte. Andererseits ist ein hoher Anpressdruck der Reifen auf der Straße auch notwendig, weil sonst bei jeder Beschleunigung die Räder durchdrehen würden.

Die Nachfolger sollten dann alle einen Antrieb mit einer Drehstrom-Asynchronmaschine bekommen, die sich mit hohem Wirkungsgrad und einem geeigneten Umrichter gut steuern lassen. Auch in der DDR waren zum Ende der 1980er Jahre solche Umrichter in Entwicklung, aber diese waren nicht für den KFZ-Einsatz vorgesehen und außerdem viel zu groß.

Glücklicherweise hatte auch die Fa. BRUSA solche Umrichter für den Einsatz in speziellen Fahrzeugen. Ein abgestimmtes Motor-Umrichter-Konzept fand dann Eingang die Manthey-Umbauten.

Zwischenzeitlich hatte sich noch ein anderes Ereignis vehement auf die Fa. ausgewirkt.

Findige Vertreter von elektrisch betriebenen Versehrten-Fahrzeugen aus der BRD (mit Geschwindigkeitsbegrenzung 25km/H, bzw. 40km/h) hatten Herrn Manthey überredet diese Fahrzeuge exklusiv für den Raum Berlin zu vertreiben. Dazu stellten sie ihm mehrere Muster-Fahrzeuge auf den Hof, die er wie üblich käuflich erwerben musste. Für die hohe Kaufsumme wurde ihm ein “großzügiger Kredit“ eingeräumt, die er über den Verkauf der Fahrzeuge “locker und schnell“ wieder rein bekommen sollte. Nun muß man wissen, daß sich die Fa. auf einem unaufgeräumten, dreckigen Gewerbehof eingemietet in ein paar alten Garagen befand, wo man sicherlich keine seriösen Autogeschäfte machen kann – im Vergleich zu den schicken neuen Autohäusern, die überall in (Ost-)Berlin aus dem Boden wuchsen.

Die Geschäfte liefen schlecht und um die Pleite noch rechtzeitig abwenden zu können, blieb

ihm nichts weiter übrig, als die noch vorhandenen Fahrzeuge unter erheblichen Verlust wieder zurückzugeben und die Firma zu schließen.

Ich schaute sichtlich enttäuscht aus dem Fenster seines kleinen Büros und sah dort in einer Ecke auf dem Hof einen knallroten Trabant-Kübel stehen - so ein Fahrzeug, was bei den DDR-Grenztruppen üblich war.

Was ist mit diesem Fahrzeug – auch ein umgebauter? Ja, das ist das letzte Fahrzeug, was umgebaut wurde, aber noch nicht komplett ist. Der Batteriesatz fehlt noch und das Verdeck mit Plane und Spriegel ist defekt.

Den wollte Herr Manthey eigentlich als Erinnerung mit nach Hause nehmen, aber in Anbetracht der noch vorliegenden Arbeit zur Firmenabwicklung willigte er dann doch ein, das Fahrzeug incl. Papiere zu verkaufen. Der Preis konnte infolge der nicht vorhandenen Fahrbereitschaft und der schon bei der ersten Besichtigung festgestellten Karosseriemängel relativ niedrig gehalten werden, so daß ich mir das Fahrzeug auch leisten konnte.

Gegen einen zusätzlichen Obolus brachte man mir das Fahrzeug dann auch noch mit einem Autotransporter nach Hause - direkt vor das Eingangsschwenktor meines Schuppens, wo bis dato ein großer PKW-Anhänger stand. Den hatte ich bisher immer noch gebraucht für die ständigen Bauvorhaben auf meinem Grundstück [1]. Der Anhänger war kurz zuvor verkauft worden.

Nun stand er da mein neues rotes Schmuckstück:



Bild 1: Elektrabi Frontansicht mit Plane und Spriegel



Bild 2: Elektrabi Cabrio – Seitenansicht

Das Schild für die Verkaufsofferte hat er mir auch noch mitgegeben.

Elektrabi Cabrio	
Leergewicht	900 kg
Zuladung	210 kg
Sitzplätze	2+2
Batterieart	Blei-Säure
Höchstgeschwindigkeit	95 km/h
Reichweite	80–100 km

Bild 3: Elektrabi-Verkaufsschild

2. Restauration

Auf den ersten Blick bot sich unter der Motorhaube ein recht aufgeräumter und sauberer Zustand.



Bild 4: Erster Blick unter die Motorhaube

Wie so was allerdings täuschen kann, ist ehemaligen Trabant-Besitzern noch gut in Erinnerung. Schon die Roststellen der Motorhauben-Versteifung ließen nichts Gutes erahnen. Die Motorhaube wurde als erstes restauriert, d.h. alle Roststellen freigelegt, losen Rost mit Drahtbürste u.ä. entfernt, dann mit Rostumwandler (Penetriermittel – noch aus DDR-Beständen) behandelt, danach Zinkspray und schließlich eine Neulackierung.

Danach wurde der vordere Batteriekasten ausgebaut, um an die elektronische Motorsteuerung heran zu kommen.



Bild 5: Motorraum ohne Batteriekasten, Motorsteuerung ausgebaut

Der Batteriesatz ist in zwei Hälften aufgeteilt, d.h. die andere Hälfte befindet sich hinter der zweiten Sitzreihe.

Die Motorsteuerung – ein Frequenzumrichter der Fa. BRUSA (Schweiz) ist unterhalb des Batteriekastens hinter der vorderen Schürze angebracht.



Bild 6: Motorsteuerung montiert

Das Typenschild ist leider unlesbar zerkratzt, so daß außer der Firma zunächst keine weiteren Informationen (Typ usw.) zur Verfügung standen. Der Kühlkörper ragt nach unten aus dem Gehäuse heraus und notdürftig sollte es mit einer Teer-ähnlichen Masse das Eindringen von Spritzwasser abgedichtet sein.



Bild 7: Motorsteuerung – Typenschild und Kühlkörper

Diese Unzulänglichkeit war mir gleich aufgefallen und es wurde eine diesbezüglich Veränderung vorgesehen.

Doch zunächst sollten alle Roststellen behandelt werden. Beim Trabant-Kübel gibt es nur 3 Karosserieteile aus Plaste:

- die beiden Kotflügel rechts und links,
- die Motorhaube.

Diese Teile sind gut verdeckt an die Blech-Tragekonstruktion angeschraubt. Unter den verspachtelten Schrauben hatte sich auch schon Rost gebildet. Überhaupt war die Blech-Tragekonstruktion trotz neuer Lackierung schon stark angerostet.

Die Restaurierungsarbeiten erstreckten sich in ähnlicher Weise wie bei der oben beschriebenen Motorhaube. Hinzu kam allerdings noch eine ganz wichtige Arbeit: - die Hohlraum-Konservierung der Karosserie-Trägerbaugruppe, die sog. "Schweller".

Erfahrungsgemäß war das eine der gefährdetsten Stellen für Rostbefall am Fahrzeug, weil es zu DDR-Zeiten noch keine fabrikmäßige Versiegelung gab und vom Unterboden her immer mit Regenwasser in Berührung kam. Vieler Trabant-Besitzer versuchten das Problem von Anfang an zu lösen, in dem man die Hohlräume mit "Elascon" ausspritzte und den Unterboden mit einer Anti-Dröhnmasse verspachtelte. Diese Maßnahmen bewährten sich auch eine ganze Weile recht gut, aber mit der Zeit trocknete das "Elascon" aus und auch die Spachtelmasse wurde rissig und spröde, somit wieder Nässe an das Blech gelangen konnte und der Rostfraß ging weiter.

Die Schweller bei meinem Trabant-Kübel waren noch soweit in Ordnung – nur daß sie voller Sand waren. Dies wahrscheinlich als Folge des vorherigen Einsatzes in sandiger Umgebung bei den Grenztruppen der NVA.

Mittels eines kräftigen Kompressors wurde der Sand ausgeblasen und da man sonst an die gefährdeten Stellen nicht ran kann, anschließend Rostumwandler eingesprüht. Damit sollte evtl. Rostbefall wenigstens aufgehalten werden. Um ein erneutes Eindringen von Wasser in die Bodengruppe zu verhindern, wurden alle Hohlräume mit Bauschaum ausgeschäumt.

Nachdem alle Blechteile der Karosserie soweit als möglich behandelt worden sind, wurden die beiden Plast-Kotflügel wieder angeschraubt – allerdings diesmal mit Edelstahl-Blechtreibschrauben, so daß es von dieser Seite keine Rostprobleme mehr geben sollte. Es wurde auch nichts mehr verspachtelt, somit das Fahrzeug ein recht rustikales Aussehen bekam.

3. Neues Gehäuse für die Motorsteuerung

Infolge der Unzulänglichkeiten des Einbaus der BRUSA-Motorsteuerung musste dringend eine Lösung her, die auch bei Spritzwasser im Motorraum – welches nicht zu verhindern ist – die empfindliche Elektronik sicher vor Feuchtigkeit schützt. Zunächst wurde auf ein Alu-Gehäuse orientiert, was es aber in der notwendigen Größe nicht gab.

Glücklicherweise fand ich einen Hersteller von Kunststoff-Gehäusen in IP66/67-Ausführung [2] und dann noch die Bereitschaft das Gehäuse mit den notwendigen Durchbrüchen nach Kundenwunsch zu liefern.

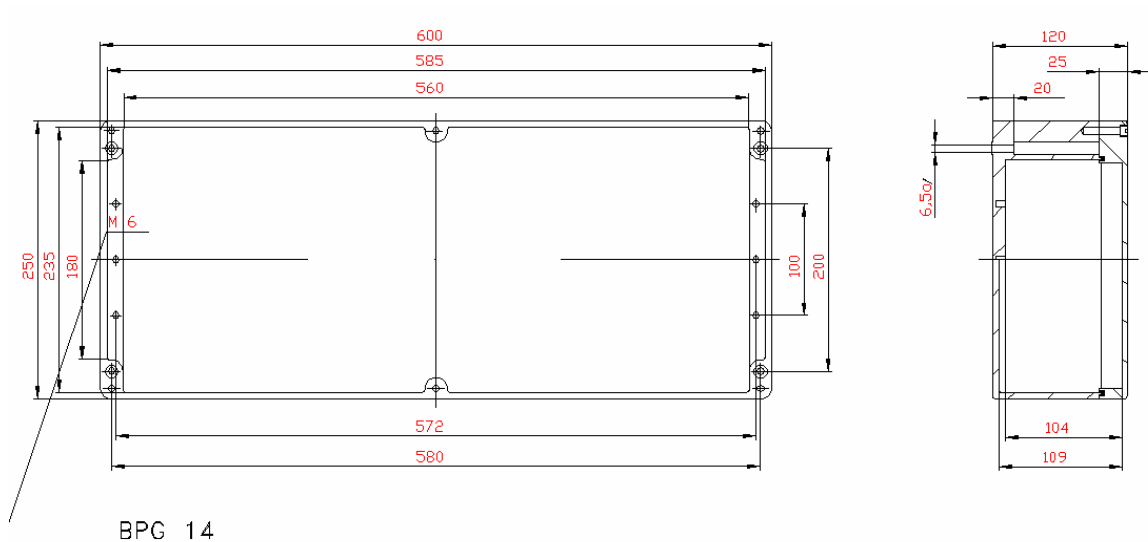


Bild 8_1: Kunststoff-Gehäuse IP67 für die Motorsteuerung

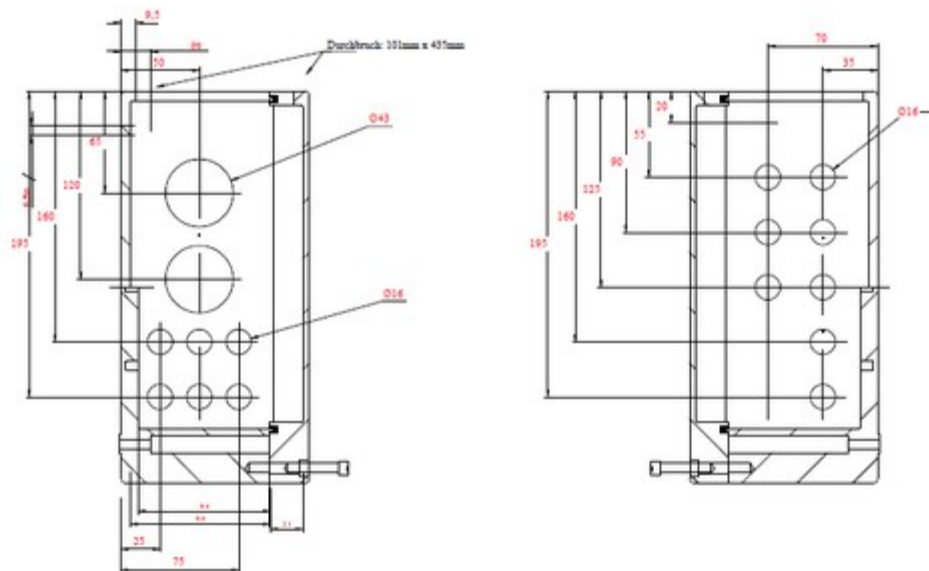


Bild 8_2: Kunststoff-Gehäuse IP67 für die Motorsteuerung (Seitenansicht)

Die runden Durchbrüche sind für die Kabeldurchführungen in Stopfbuchsen.

Der Durchbruch oben ist für den Kühlkörper, so daß die Verlustwärme besser abgegeben werden kann.

Um eventuellen EMV-Problemen aus dem Wege zu gehen, wurde das Gehäuse innen mit einem leitfähigen Kupferlack versehen, so daß eine entsprechende Abschirmung vorhanden ist.

4. Die Ersatz-Stromversorgung

Im Lieferumfang war ja kein Batteriesatz dabei und bevor jetzt gleich mit hohen Strömen aus neu zu kaufenden Batterien gearbeitet werden muß, die bei einer nominalen Motorspannung von 144V schon sehr gefährlich sind, musste ich mir was einfallen lassen.

Um die Motorsteuerung in Betrieb nehmen, bzw. den Motor schon mal im aufgebockten Zustand drehen lassen zu können, bedarf es einer Ersatz-Stromversorgung. Es wurde ein regelbarer Trenntrafo mit max. 6A Ausgangsstrom gekauft und mit einem nach geschalteten 10A-Graetzgleichrichter direkt aus der Netzspannung eine regelbare Batterie-Ersatz-Gleichspannung gewonnen.



Bild 9: Ersatzstromversorgung



Bild 9-1: 10A-Graetzgleichrichter-Brücke mit Kühlkörper

Dieses Equipment erwies sich dann als sehr nützlich bei den ersten Inbetriebnahme-Versuchen. Man kann die Spannung langsam "hochfahren" und dabei wichtige Messungen machen. Später sollte es auch zum Batterieladen verwendet werden.

Weiterhin standen ein handelsübliches Digital-Multimeter, sowie ein zweikanaliger Hand-Held-Oszilloskop zur Verfügung.

5. Externes Betriebsgerät

Da gleichzeitig Bedienhandlungen, z.B. "Gas geben", oder "Bremsen" und Messungen an der Motorsteuerungen wegen den örtlichen Verhältnissen nicht möglich sind, wurde ein sog. "Externes Betriebsgerät" gebaut, mit dem dann alle Bedienhandlungen möglich werden, die sonst nur vom Sitz hinter dem Lenkrad erreichbar sind.

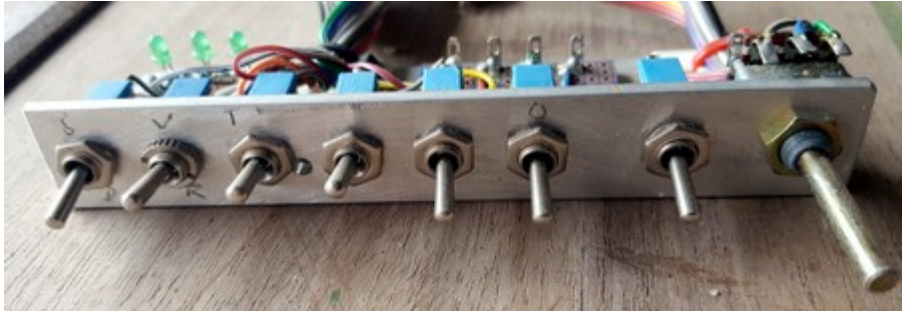


Bild 10: Externes Betriebsgerät

Das externe Betriebsgerät liegt neben der ausgebauten Motorsteuerung (ohne Gehäuse) und dem Trenn-Regeltrafo auf einer Holzplatte, die den Motorraum überspannt, nachdem die Motorhaube entfernt wurde. So kommt man an alle relevanten Stellen heran, um Messungen durchführen zu können.

6. Schrittweise Inbetriebnahme der Motorsteuerung

Nachdem alle vorbereitende Maßnahmen

- Ablagebrett über dem Motorraum (Motorhaube entfernt)
- Digital-Multimeter und Oszi bereitstellen
- Steuerung im ausgebauten Zustand, d.h. ohne Gehäuse auf dem Ablagebrett
- alle Lp ausgebaut, außer der SP
- an der LE nichts angeschlossen, außer 120V Batterie-Ersatz (ausgeschaltet)
- an der SP alle Stv gezogen, außer Stv 6 (Haupt-Verbindung zur LE)
- an Stv8 Kontakt 7 und 8 zunächst offen („Not-Aus“ - Aus)

abgeschlossen waren, kam der mit Spannung erwartete Augenblick.

Am Trenn-Regeltrafo wurde langsam die Spannung auf 120V hochgefahren und eigentlich hätte der Starter-Schütz anziehen sollen – tat er aber nicht. Es fehlte die Ansteuerung, aber warum?

Um diese Frage zu beantworten, bedurfte es einem tieferen Verständnis der Wirkungsweise der Elektronik. Da zunächst keinerlei Schaltungsunterlagen verfügbar waren, gab es nur einen Weg:

Re-Engineering, d.h. die Schaltungsaufnahme der 4 Leiterplatten und der Leistungselektronik (LE).

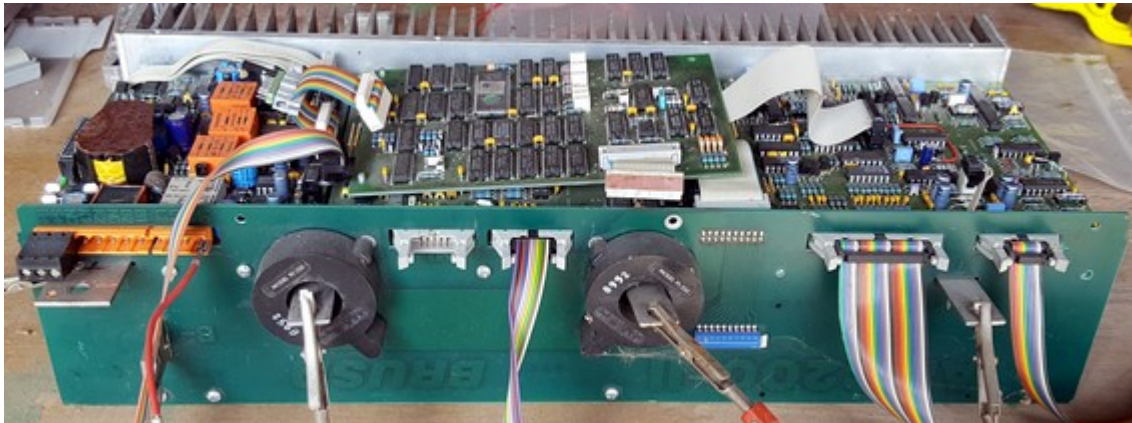


Bild 11: BRUSA-Steuerung ausgebaut auf der Holzplatte, Leiterplatten nicht verbunden

Die Leiterplatten wurden einzeln ausgebaut und in einem langwierigen Verfahren wurde versucht hinter die Schaltungs-Geheimnisse der BRUSA-Steuerung zu kommen.

7. Re-Engineering der Motorsteuerung

Eine diesbezügliche Nachfrage beim Hersteller BRUSA ergab, daß keine Schaltungs-/Service-Unterlagen zu bekommen waren → “Die Steuerung ist schon lange aus der Produktion ... Unterlagen könnten allenfalls noch beim outgesourcetem Service, “Kruspan Engineering“ erhältlich sein ...“. Eine Nachfrage bei diesem ergab, daß man seine Steuerung einschicken sollte, wenn es Probleme damit geben sollte, allerdings ohne Garantie einer erfolgreichen Reparatur. Schaltungs- und/oder Service-Unterlagen werden nicht herausgegeben.

Somit stand ich zunächst allein auf weiter Flur ... mit der Gewissheit diese aufwändige Arbeit selbst in die Hand nehmen zu müssen. Später gab's dann noch Hilfe von einem Elektroauto-Enthusiasten mit dem gleichen Problem.

Die Motorsteuerung BRUSA AMC-II besteht aus 4 Baugruppen auf getrennten Leiterplatten und der Leistungselektronik:

- AMC-SP,
- AMC-PWM,
- AMC-REG-C,
- AMC-SIN-IIb.

Zu allen 4 Baugruppen wurde zunächst versucht die Schaltung aufzunehmen. Das sollte eigentlich nicht besonders schwierig sein, weil es zwar doppelseitige Leiterplatten sind, aber noch kein Mikrocontroller, sondern nur analoge und digitale Schaltkreise verwendet wurden.

Zu den einzelnen Baugruppen wurden anhand der Bilder von der Bestückungs- und Leiterseite, sowie der eingesetzten Schaltkreise nicht nur die entsprechenden Stromlaufpläne aufgenommen, sondern auch detaillierte Beschreibungen angefertigt, wobei die komplexe Funktionsweise noch nicht immer ganz geklärt werden konnte. Dieses sollte im Rahmen der weiteren Bearbeitung – Re-Engineering weiter ergänzt, bzw. korrigiert werden.

Des Weiteren hat sich bei verschiedenen Messungen ergeben, daß möglicherweise einzelne Passagen der Stromlaufpläne noch fehlerbehaftet sind.

7.1. AMC-SP

Diese Funktionsgruppe stellt aus der Batteriespannung 120/144V die verschiedenen Betriebsspannungen für die anderen Funktionsgruppen und die Leistungselektronik bereit.

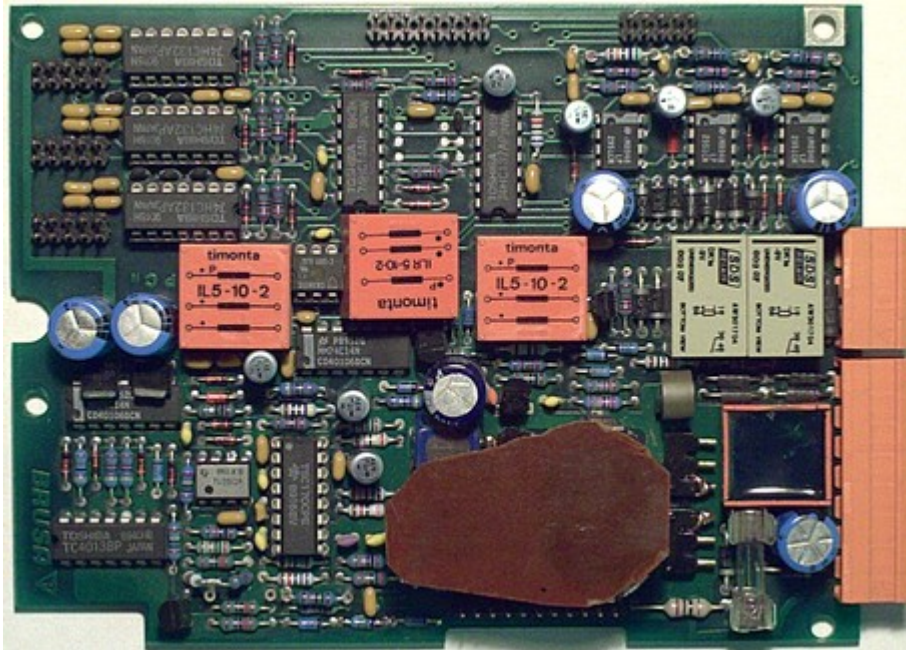


Bild 12: BG AMC-SP

7.2. AMC-PWM

Die Baugruppe AMC-PWM erzeugt die für die Steuerung der Leistungselektronik erforderlichen PWM-Signale.

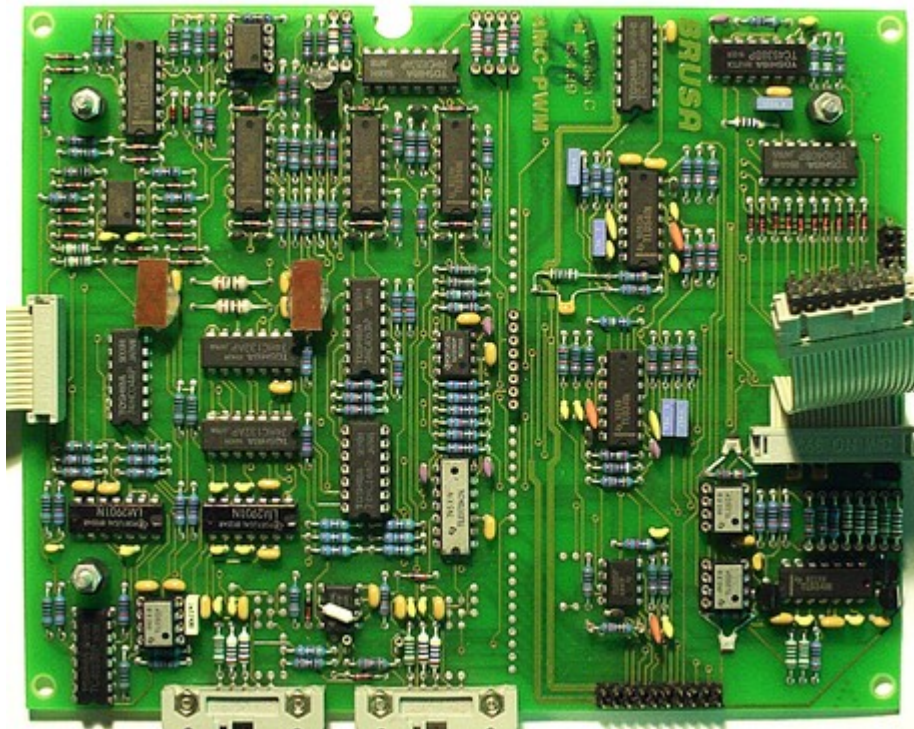


Bild 13: BG AMC-PWM

7.3. AMC-REG-C

In der Baugruppe AMC-REG-C erfolgt die Regelung des Motorbetriebes (Drehzahl, Drehmoment) ausgehend von der Stellung des "Gaspedals" und der Rückmeldung vom Drehgeber des Motors.



Bild 14: AMC-REG-C

7.4. - AMC-SIN-IIb.

Die Baugruppe AMC-SIN-IIb erzeugt die Sinusform der drei Phasen für die Motor, die dann gesteuert von der AMC-REG-C über die AMC-PWM der Leistungselektronik zugeführt wird.



Bild 15: AMC-SIN-IIb

7.5. Leistungselektronik-Einheit

Diese Schaltung wurde von einem befreundeten Mitmacher aufgenommen, der ebenfalls eine BRUSA-Steuerung in seinem Fahrzeug hat.

Die Leistungselektronik-Einheit besteht aus 3 Halbbrücken mit jeweils 2x8 parallel geschalteten 200V/50A-MOSFETs. Eine Halbbrücke besteht aus einem oberen und einem unteren Teil. Der obere und untere Teil wird über identische Ansteuer- und Schutzschaltungen angesteuert. Welche Schutzfunktionen hier zum Tragen kommen, ist derzeit noch ungeklärt.

Hier die Leistungselektronik-Einheit bereits eingesetzt in dem neuen Kunststoffgehäuse.

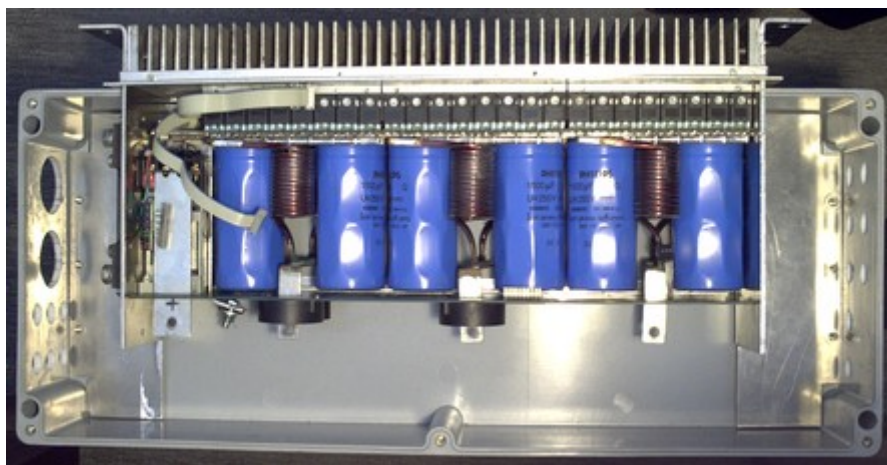


Bild 16: Leistungselektronik-Einheit

8. Weitere Beriebsseinheiten

(fehlt noch)

Literatur

[1] Peter Salomon: "Ein ganzes Leben Lang – Eigenheim made in GDR" (noch in Arbeit)

[2] <https://www.abtech.de/produkte/gehaeuse/industrielle-gehaeuse/robustes-gfk-gehaeuse-bpg>