

Tipps zum Mini El

von Dieter Werner, Ostring 9, D- 48477 Hörstel-Riesenbeck, Tel. 0049 5454-99858

1 Inhalt

1	Inhalt.....	1
1.	Vorwort	2
1.1	Zum ersten Mal ein Mini El gesehen, gekauft und restauriert	2
1.2	Ummeldung zum Kleinkraftrad.....	3
2	Tipps zum Mini El.....	5
2.1	Spannungsanzeige statt Kapazitätsanzeige.....	7
2.1.1	Stückliste.....	7
2.1.2	Funktionsbeschreibung:	7
2.1.3	Anzeige und Spannungen:	8
2.1.4	Hinweise zum Fahrverhalten:	8
2.1.5	Rückschlüsse auf die Akkukapazität:.....	9
2.1.6	Tipps zum Umbau:.....	10
2.2	Selektieren eines defekten Akkus wenn keine Reichweite erzielt wird.....	12
2.3	Akkus einzeln laden	13
2.4	Aktivatoren zum Auffrischen der Akkus	15
2.4.1	Der chemische Aktivator	15
2.4.2	Der elektronische Aktivator.....	16
2.4.3	Bezugsquellen für Aktivatoren	16
2.4.4	Bemerkungen zum elektronischen Aktivator	18
2.5	Explosionsschutz beim Mini El für unter 1 EUR	19
2.5.1	Anschluss und Funktion:	19
2.6	Einfaches Trennen der Plusleitung zum Akku.....	20
2.7	Aus der Trafobox des Mini El wird ein Ladeautomat	21
2.7.1	Funktionsbeschreibung:	22
2.7.2	Umschaltung zwischen Ladeautomat und eingebautem Ladegerät:	22
2.7.3	Nachbau- und Einstellhinweise:.....	22
2.8	Tipps zur Überwinterung.....	24
2.9	Verlängerung der Akkulebensdauer.....	25
3	Haftungsausschluß.....	26

1. Vorwort

Ich bin Hobbybastler auf dem Modellbaugbiet. Trotz kaufmännischem Werdegang hatte mich die Elektronik schon in den 60er Jahren fasziniert. Weil mir das entsprechende Fachwissen fehlte, musste ich mir die Technik autodidaktisch aneignen. Jahre später begeisterte ich mich für größere Elektrofahrzeuge. Heute habe mehrere im Maßstab 1:10 nachgebaute Lokomotiven, auf den Sitzwagen können Kinder und Erwachsene mitfahren. Für kurze Wege benutze ich einen reparierten Elektroscooter, ein Dreirad und einen Elektroroller. Bei allen Projekten halfen mir meine selbsterlernten Kenntnisse der Elektrik und Elektronik. Das ist auch bei meinen Tipps zum Mini El unverkennbar.

1.1 Zum ersten Mal ein Mini El gesehen, gekauft und restauriert

Durch Zufall, meine Frau sieht auch heute noch ganz anders, wurde mir im Juni 2003 ein Mini El Cabrio zum Kauf angeboten. Das Mini El erinnerte mich stark an das SINCLAIR Elektromobil, von dem ich Anfang der 80er Jahre einen Prospekt aus England erhielt. Der Preis, die hohen Transportkosten und die fehlende Straßenzulassung hielten mich seinerzeit vom Kauf ab.

Das Mini El hatte die PKW Zulassung und war aber abgemeldet. Weil die Akkus entladen waren war eine Probefahrt nicht möglich. Für das Baujahr 1992 sah die Karosserie noch akzeptabel aus, deshalb kaufte ich das Fahrzeug. Zu dem Zeitpunkt wusste ich noch nicht, auf was ich mich da eingelassen hatte. Nach genauerer Untersuchung musste ich feststellen, dass das Mini El völlig desolat war. Es ist unvorstellbar, wie man als Erstbesitzer sein Fahrzeug so verkommen lassen kann.

Die Akkus hatten sich so stark aufgeblasen, dass sie sich nur mit größter Gewalt aus dem Akkuhalter herauspressen ließen. Der Akkuhalter war ein völlig vom Rost zerfressenes filigranes Gebilde, das nur durch die aufgeplusterten Akkus zusammengehalten wurde. Ich verstehe heute noch nicht wie der „zerbröselte“ Akkuhalter als tragendes Element das Gewicht vom Mini El aushielt. Auch alle anderen Metallteile hatten Rostfraß. Die Vorderradeinheit und der Vorderradkasten waren so dick mit Dreck verklumpt, dass sich kaum noch etwas bewegte. Ich musste das vordere und hintere Fahrgestell völlig zerlegen. Am Fahrzeug habe ich alle Metallteile entrostet, konserviert und alle Lager, Passscheiben, Schrauben, Unterlegscheiben und Muttern ersetzt. An allen Allteilen vom Fahrgestell habe ich die Oxidation abgebürstet und die Teile lackiert. Der Lack der Alufelgen und der drei Ankerplatten der Bremsen war aufgeblasen. Kratzte ich an den Blasen, dann rieselte weißes oxidiertes Alupulver heraus. Da half nur noch Sandstrahlen und neu lackieren. Die Federn wechselte ich gegen die neuen höher belastbaren Federn aus. Es gab unendlich viele Kontaktprobleme bei den Steckverbindungen, den Schaltern, der Beleuchtungsanlage und der Elektronik. Auf der Anzeigeplatine waren einige Leuchtdioden defekt und an beiden Kilometerzählern waren die Spulenanschlüsse abgerissen. So kann man auch den Kilometerzähler anhalten. Es wäre aber nicht notwendig gewesen, denn an der Riemenscheibe waren alle 4 Magnete abgebrochen. Nach der Demontage des Motors zeigte sich das einzig Erfreuliche, Bürsten und Kommutator waren nicht verschlissen.

Nach intensiver Arbeit und Austausch vieler Ersatzteile habe ich das Mini El restauriert. Die Ersatzteilkosten überstiegen natürlich den Kaufpreis. Im Vergleich zu anderen Mini El's ist der Gesamtpreis aber immer noch akzeptabel, meine Arbeit natürlich nicht mitgerechnet. Beim Fahren freue ich mich so, als hätte ich ein City El bei CITYCOM im Selbstbaukurs aufgebaut, denn ich kenne jetzt jede Schraube am Fahrzeug.

1.2 Ummeldung zum Kleinkraftrad

Um nicht alle 2 Jahre beim TÜV anzutreten und die hohen Versicherungsbeiträge zu zahlen, wollte ich das Mini El zum Kleinkraftrad ummelden. Da im KFZ-Brief nur eine Höchstgeschwindigkeit von 40 kmh eingetragen war, sollte es einfach sein. Deshalb fuhr ich schon während der Restauration zur DEKRA nach Ibbenbüren. Der Prüfer hatte Zeit und las in seinen Unterlagen die entsprechenden Paragraphen, verglich den Fahrzeugbrief und sagte mir, die Ummeldung sei kein Problem. Er würde das Mini El auch gerne umschreiben, aber er dürfte es nicht. Nur der TÜV darf in NRW Fahrzeuge umschreiben. Ich sollte zum Ibbenbürener TÜV fahren, die Kollegen würden das machen.

Weiterfahrt zum TÜV Ibbenbüren. Die Prüfer waren total überfordert, so einen Exoten hatten sie noch nie gesehen. Man verwies mich deshalb an den TÜV in Rheine.

Am nächsten Tag fuhr ich zum TÜV nach Rheine. Trotz Vorlage vom KFZ-Brief und dem Mustergutachten von CITYCOM wollte man mir keine Zusage zur Ummeldung geben. Man müsse sich erst erkundigen. Mein Hinweis, dass die DEKRA in Ibbenbüren die Paragraphen der Verordnungen gelesen und keine Probleme zur Umschreibung gesehen hatte, kam nicht gut an. Man machte sich Kopien vom KFZ-Brief und dem Mustergutachten und versprach mir eine schnelle Antwort.

Als ich nach drei Wochen nichts hörte, fuhr ich wieder zum TÜV Rheine. Man müsse noch Details der Ummeldung mit der Zentrale in Hannover abklären. Jetzt kommt der Hammer: Man könne mir aber jetzt schon sagen, wenn das Mini EL umgeschrieben würde, dann müsse man vorher eine Einzelabnahme für den Überrollbügel machen. So kann man sich auch seine Zusatzgeschäfte sichern! Woher wusste man, dass das Mini El einen Überrollbügel hat? Ich kam erst sehr viel später dahinter. Der TÜV Rheine macht seit Jahren die HU für City El's. Dabei wurden nie die Überrollbügel bemängelt, ein Grund mehr das Fahrzeug umzuschreiben.

Es wird aber noch besser. Außerdem bestehe dann trotz TÜV-geprüftem Überrollbügel und vorhandenem Sicherheitsgurt beim Fahren Helmpflicht und das zum Kleinkraftrad umgeschriebene Mini El dürfe nur noch mit Licht gefahren werden. Beim PKW sei das alles nicht notwendig, aber beim umgemeldeten Kleinkraftrad sei es erforderlich. Hoch lebe die Bürokratie! Es war ganz klar zu erkennen, durch die Umschreibung zum Kleinkraftrad verliert der TÜV einen Kunden und das möchte er nicht.

Als ich nach einer Woche beim TÜV in Rheine anrief und mich nach dem Stand der Ummeldung erkundigte, erhielt ich die Hiobsbotschaft. Seit Juni 2003 soll es eine Verordnung geben nach der ein einmal angemeldetes Fahrzeug nicht mehr umgemeldet werden kann. Ich sollte deshalb das Mini El zur TÜV KFZ-Typprüfstelle nach Hannover bringen und dort eine Einzelabnahme machen lassen. Über die Kosten könne man nichts sagen, die Einzelabnahme sei aber bestimmt nicht billig, weil dann das ganze Fahrzeug geprüft würde. Die mit dem KFZ-Brief bestätigte Betriebserlaubnis und alle eingetragenen Ausnahmegenehmigungen seien hinfällig. Bleibe ruhig, bedanke dich artig für die Bemühungen und wünsche den Leuten einen guten Tag. Das habe ich gemacht, gedacht habe ich aber etwas ganz anderes.

Bei einem Bekannten macht der TÜV Osnabrück Abnahmen vor Ort. Der TÜV Osnabrück gehört nicht wie der TÜV Rheine zu NRW, sondern zu Niedersachsen. Als ich meinem Bekannten von der missglückten Umschreibung erzählte, wollte er sich für die Umschreibung einsetzen. Auch das nutzte nichts, der TÜV Osnabrück lehnte die Ummeldung ab. Der Überrollbügel spielte zwar keine Rolle, aber ich sollte das Mini El zu einer noch weiter entfernten Typ-Prüfstelle zur Einzelabnahme bringen.

Kontaktaufnahme mit Herrn Nestmeier bei CITYCOM, von dem ich freundlicher Weise schon vorher das Mustergutachten zur Ummeldung bekam. Ein Transport nach Aub, dort die Ummeldung beim TÜV und Rücktransport zu mir, schied wegen der hohen Transportkosten aus. Außerdem konnte Herr Nestmeier nicht ausschließen, dass auch sein TÜV die Ummeldung wegen der neuen Verordnung verweigert. Herr Nestmeier hatte zu dem Zeitpunkt schon einige Rückfragen von Fahrern wegen fehlgeschlagener Ummeldungen vorliegen. Da die Verordnung noch druckfrisch war, wollte er sich nach Klärung mit mir in Verbindung setzen.

Dann folgten viele Telefonate mit Fahrern, ob jemand jemanden kennt, der sein Mini El umgemeldet bekam. Dabei stieß ich auf Herrn Gaber, der sein Fahrzeug vor einiger Zeit umgemeldet hatte. Er machte einen Termin beim TÜV und wir trafen uns dort. Da ich nur den Brief mitnahm, konnte das Fahrzeug nicht umgemeldet werden. Man sagte uns zu, dass die Ummeldung bei Vorstellung des Fahrzeuges machbar sei. Da ich keine Anhängerkupplung hatte, organisierte ich ein Fahrzeug mit Fahrer und einen KFZ Anhänger und machte einen neuen Termin beim TÜV. Herr Strotmeier, auch ein Elektrofahrer, übernahm den Transport zum ca. 110 km entfernten TÜV. Dort angekommen sagte uns der Prüfer er habe in seinen Unterlagen noch einmal nachgelesen, eine Umschreibung sei heute nicht mehr möglich. Nur weil die neue Verordnung so oder auch so auszulegen sei, würde er letztmalig mein Mini EL ummelden. Die Prüfung und Ummeldung verlief völlig problemlos, es war vorher keine Einzelabnahme vom Überrollbügel notwendig. Auch meiner Bitte den im Brief eingetragenen Elektromotor-Typ nicht mehr in die Betriebserlaubnis zu übernehmen kam man nach. An dieser Stelle noch einmal meinen besten Dank an den freundlichen und verständnisvollen Herrn vom TÜV und an die Herren Gaber und Strotmeier für ihre Hilfe. Den Ablauf der Ummeldung habe ich detailliert geschildert, den Ort der Umschreibung aber bewusst ausgelassen.

Fazit: Ich kann mir nicht vorstellen, dass mein im Oktober 2003 umgemeldetes Mini El das letzte umgeschriebene Kleinkraftrad sein sollte. Ich bin sicher, man bekommt auch heute noch das Mini El umgemeldet. Doch dazu sind viele TÜV Stellen der näheren und weiteren Umgebung abzufragen, bis man an einen verständnisvollen Prüfer gerät. Bei Ablehnung der Umschreibung sollte man sich vom TÜV die Verordnung kopieren lassen die eine Ummeldung ausschließen und die Paragraphen studieren die man so oder auch so auslegen kann. Dann wieder zum TÜV und auf die entsprechenden Punkte und deren Auslegung verweisen und dabei immer freundlich bleiben, auch wenn es noch so schwer fällt. Ich habe die TÜV-Unterlagen leider nicht, sonst würde ich gerne Hinweise dazu geben.

Ich fahre heute das MINI EL als umgemeldetes Kleinkraftrad mit einer Betriebserlaubnis ohne Helm und ohne Licht, obwohl das eingeschaltete Licht nicht schaden kann. Nach Durchfahrt einer polizeilichen Radarkontrolle hatte ich angehalten und bin zurückgefahren. Ich wollte die Polizisten nach meiner Geschwindigkeit befragen um den Tacho zu kontrollieren. Das Interesse am Fahrzeug war sehr groß, aber nicht die Frage nach dem fehlenden Helm und der ausgeschalteten Beleuchtung. Zur Sicherheit habe ich trotzdem immer den entwerteten Fahrzeugbrief dabei, um das Vorleben als KFZ ohne Helm- und Lichtpflicht zu dokumentieren. Hat jemand Informationen über die angebliche Helm- und Beleuchtungspflicht beim umgemeldeten Mini El oder City El? Bitte melden.

2 Tipps zum Mini El

Die alten Akkus hatten zwar Stutzen zum Anschluss der Gasleitungen, es waren aber keine Leitungen angeschlossen. Um den neuen Akkuhalter zu schützen habe ich ihn zweimal mit Flüssigkunststoff gestrichen und die neuen Akkus mit Gasleitungen untereinander verbunden. Die Gasleitungen vom 1. und 3. Akku habe ich nach hinten unter der Karosserie verlegt. Jetzt kann evtl. austretende Säure keinen Schaden mehr anrichten. Wenn die Akkus Anschlüsse für Gasleitungen haben, dann sollten unbedingt die Leitungen angeschlossen werden.

Wenn der Tages- oder der Gesamtkilometerzähler nicht richtig anzeigt, oder der Tageskilometerzähler lässt sich nicht auf Null stellen, dann hilft leichtes Einsprühen mit Siliconöl auf die Zahnräder und den Rückstellmechanismus.

Weil die Reifen durch die lange Standzeit einen nicht reparablen Standplatten hatten, ließ ich, nach dem Sandstrahlen und Lackieren der Felgen, in einer Fachwerkstatt neue Schläuche und Reifen aufziehen. Da mir schon einmal in einer anderen Werkstatt schlecht ausgewuchtete Räder an meinem PKW montiert wurden, wies ich ausdrücklich darauf hin, dass die Räder ausgewuchtet werden müssen. Bei der ersten Probefahrt zitterte das Mini El so stark, dass ich eine verbogene Hinterachse befürchtete. Nach dem Aufbocken stellte ich fest, dass die Antriebswelle und die Felgen rund liefen, aber die Reifen hatten einen erheblichen Höhenschlag. Also die Räder wieder abmontiert und hin zur Fachwerkstatt. Dort verschob man die Reifen auf den Felgen und versprach mir jetzt sei alles in Ordnung. Die Probefahrt nach Montage der Räder war nicht besser. Das Mini El zitterte immer noch erbärmlich. Die Reifen hatten jetzt nicht mehr den Höhenschlag, aber eine erhebliche Unwucht. Da die Fachwerkstatt trotz Nachbesserung den Fehler nicht beheben konnte, prüfte ich selbst die Unwucht. Das Vorderrad und das rechte Hinterrad waren einfach zu prüfen weil sie Kugellager haben. Beim linken Hinterrad setze ich kleine Lager ein und steckte die Räder zum freien Lauf auf eine Welle. Beim Vorderrad fehlten an einer Stelle 25 Gramm, beim rechten Hinterrad 50 Gramm, das linke Hinterrad war mit 4 Gramm Unterschied in Ordnung. Zum dritten Mal zur Fachwerkstatt, auf die fehlenden Gewichte und die entsprechenden Stellen der beiden Räder hingewiesen. Jetzt kamen die Räder auf eine Maschine zur Ermittlung der Unwucht. Das Ergebnis war, beide Räder erhielten an den von mir ermittelten Stellen genau die von mir ausgewogenen Gewichte. Das Mini El läuft jetzt absolut ruhig. Ich kann nicht beurteilen wie andere REIFEN DARLEY Werkstätten arbeiten, aber bei der „Fachwerkstatt“ in Ibbenbüren werde ich in Zukunft keine Reifen mehr aufziehen lassen.

Daraus hatte ich gelernt, wenn das Mini El beim Fahren zittert oder sich schüttelt, sind folgende Punkte zu prüfen:

1. Standplatten, siehe „Tipps zur Überwinterung“. Der reparable Standplatten fährt sich nach ca. 1 Kilometer weg. Falls nicht, Reifen auf Druckstellen und Risse prüfen, ggfls. tauschen.
2. Höhenschlag beim Reifen. Der Reifen muss auf der Felge verschoben werden.
3. Unwucht an den Rädern, selbst auswuchten wie vor beschrieben und Klebegewichte auf den Felgen anbringen, oder die Räder in einer wirklichen Fachwerkstatt auswuchten lassen.

Ab hier wird es teuer.

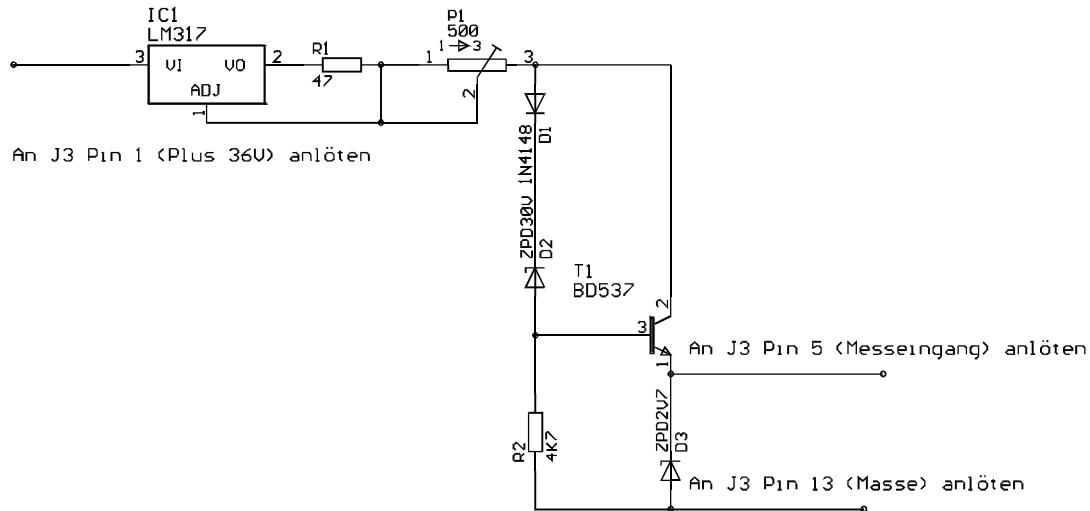
4. Seitenschlag in der Felge durch harte Bordsteinberührung, neue Felge kaufen.
5. Antriebsachse verbogen, neue Antriebsachse einbauen.

Tipp: Unbedingt der Werkstatt beim Aufziehen der Reifen sagen, dass die Räder für Geschwindigkeiten von 80 kmh (der Zweck heiligt die Mittel) ausgelegt sind, deshalb muss der Höhengschlag und die Unwucht annähernd Null sein.

Wird in den nachstehenden Tipps vom Akku gesprochen dann ist es immer ein Bleiakku, ein NiCad-Akku ist ganz anders zu behandeln. Akku steht auch für das m.E. falsche Wort „Batterie“. Als Nass-Akku bezeichne ich Akkus mit flüssigem Elektrolyt. Wo es notwendig ist, unterscheide ich zwischen Nass- und Gelakku. Wird nur vom Akku gesprochen, dann sind alle Bleiakku-Typen gemeint.

2.1 Spannungsanzeige statt Kapazitätsanzeige

Aus der Akkuspannung unter Last (Fahren) lässt sich sehr gut die noch vorhandene Energie der Akkus erkennen. Das ist wesentlich genauer als der falschrechnende prozessorgesteuerte Kapazitätsmesser im Mini El. Mit der Spannungsmessung erkennt man sofort ob ein Akku Kapazitätsverlust hat. Die 12stellige LED-Anzeige der Instrumententafel wird weiter benutzt, deshalb ist kein zusätzliches Messgerät erforderlich. Die Bauteile kosten ca. 5 EUR und sind im Elektronikhandel erhältlich.



2.1.1 Stückliste

Anzahl	Bezeichnung
1	IC LM 317 T
1	Transistor BD 537
1	Diode 1N4148
1	Zenerdiode ZPD 30V
1	Zenerdiode ZPD 2V7
1	Metallschichtwiderstand 47 Ohm, 0,25 W, 1%
1	Metallschichtwiderstand 4K7, 0,25 W, 1%
1	Spindeltrimmer 500 Ohm
1	TO 220 Fingerkühlkörper
1	Lochrasterplatte 20 x 40 mm
2	Schrauben 3 x 12 mm
2	Muttern M3
30 cm	Schaltlitze schwarz, 18 x 0,1
30 cm	Schaltlitze rot, 18 x 0,1
30 cm	Schaltlitze braun, 18 x 0,1

2.1.2 Funktionsbeschreibung:

Beim Anlegen von 0 V bis 2 V am Messeingang der Instrumententafel leuchten nacheinander alle 12 LED's. Um die Anzeigeelektronik nicht zu zerstören muss deshalb die schwankende Akkuspannung von 31,4 V (leer) - 45 V (beim Laden) auf 0 V bis 2 V herabgesetzt werden. Das bewirkt diese Schaltung.

Das IC1 mit R1 wirkt als 25 mA Konstantstromregler, damit werden gefährlich hohe Ströme eliminiert. D1, D2, R2 und T1 wirken wie eine Zenerdiode, aber mit wesentlich höherer Leistung. Am Emittor von T1 wird die Messspannung abgegriffen. T1 wird bei 31,4 V leitend, dann leuchtet die 1. LED. Mit P1 lässt sich der Anzeigebereich spreizen. P2 wird so eingestellt, dass alle 12 LED's bei 37,2 V leuchten, damit hat man eine sehr gute Übersicht über den wichtigen Spannungsbereich im Fahrbetrieb. D3 ist ein zusätzlicher Überspannungsschutz am Messeingang. Wird D3 leitend, dann fällt am IC1 eine entsprechend höhere Spannung ab. Aus der nachstehenden Tabelle ist zu ersehen ist, dass die Anzeige der Instrumententafel nicht 100% linear, aber das spielt eher eine untergeordnete Rolle.

2.1.3 Anzeige und Spannungen:

LED	Bereich	Volt	Volt je Zelle	Volt beim 12 V Akku
1	rot	31,4	1,74	10,5
1-2	rot	32,2	1,79	10,7
1-3	rot	32,9	1,83	11
1-4	rot	33,4	1,86	11,1
1-5	grün	33,8	1,89	11,3
1-6	grün	34,3	1,91	11,4
1-7	grün	34,8	1,93	11,6
1-8	grün	35,3	1,96	11,8
1-9	grün	35,7	1,98	11,9
1-10	grün	36,2	2,01	12,1
1-11	grün	36,7	2,04	12,2
1-12	grün	37,2	2,07	12,4

2.1.4 Hinweise zum Fahrverhalten:

Alle Angaben unter Belastung beim Fahren. Die Nennkapazität der Akkus spielt keine Rolle, es ist völlig egal ob sie 75 Ah oder 100 Ah haben.

12 LED leuchten	Es wäre schön wenn sie immer leuchten würden, aber leider haben die Akkus nur eine begrenzte Kapazität, die bei Entnahme die LED's nacheinander verlöschen lässt.
11 LED leuchten	Das Fahrziel kann nicht weit genug sein.
8 LED leuchten	Hier kann man noch den „Bleifuß“ benutzen.
6 LED leuchten	Ist die Fahrstrecke noch lang, dann sollte man schon jetzt vorsichtiger „Gas“ geben und Bergstrecken meiden.
4 LED leuchten	Unbedingt langsam fahren und besonders beim Anfahren nur noch sehr feinfühlig „Gas“ geben. Zur Kontrolle beim „Gasgeben“ darauf

achten, dass nicht noch mehr LED's verlöschen. Unbedingt überlegen wo man kurzfristig „nachtanken“ kann.

1 LED leuchtet Sofort und ganz langsam an die nächste Steckdose und die Akkus aufladen. Deshalb beim nächsten Haus anhalten und um Stromentnahme bitten.

Keine LED leuchtet Beim Verlöschen der 1. LED beträgt die Zellenspannung aller Akkuzellen 1,74 V, gleich gute Zellen vorausgesetzt. Das ist die für Akkus übliche Entladeschlussspannung. Unter bestimmten Kriterien, wie vorher besonders hohe Stromentnahme, können die Akkus noch weiter entladen werden. Ich rate dringend davon ab. Die wenigen Wattminuten die als Leistung noch entnehmbar sind, stehen in keinem Verhältnis zu dem Schaden den die Akkus dabei erleiden können. Deshalb niemals fahren wenn keine LED leuchtet, denn die Akkus können Schaden nehmen und verlieren dadurch unwiderruflich an Kapazität.

2.1.5 Rückschlüsse auf die Akkukapazität:

Mit der Spannungsmessung unter Last wird ein schwacher Akku sofort erkennbar. Selbst wenn nur eine der 18 Zellen schwach ist oder einen Zellenschluss hat wird das durch das Verlöschen der LED's angezeigt.

Wenn die Akkus aufgeladen sind und beim ersten kräftigen Anfahren leuchten nur noch die LED's 1 - 9, dann ist das normal weil die Akkus für die hohe Stromabgabe die erforderliche chemische Umsetzung nicht so schnell freisetzen können. Wenn aber beim vollgeladenen Akkus beim ersten Anfahren z.B. nur noch die LED's 1 - 6 leuchten, dann lässt das auf eine oder mehrere schwache Akkuzellen schließen. Je mehr LED's beim Fahren verlöschen, desto schwächer sind die Akkus. Siehe Tipp "Selektieren eines defekten Akkus wenn keine Reichweite erzielt wird" und „Akkus einzeln laden“. Es kann natürlich auch am zu niedrigen Säurestand liegen, prüfen und ggfs. mit destilliertem Wasser bis zur max. Markierung auffüllen.

Selbst ein defekter 12 V 100 Ah Bleiakku mit nur noch 5 Ah wird, wenn kein Zellenschluss vorliegt, ohne Belastung noch eine Spannung von über 12 V haben. Deshalb sagt bei einem Akku eine Spannungsmessung ohne Belastung absolut nichts über die noch vorhandene Kapazität aus. Erst unter Belastung (Fahren) und gleichzeitiger Messung der Akkuspannung lässt sich die Güte der Akkus feststellen. Deshalb ist es ganz normal, dass im Stand nach dem Fahren wieder mehr LED's leuchten als beim Fahren.

Bei Beachtung der Leuchtdioden kann man beim vollgeladenen Akku und Fahrt auf ebener Strecke noch etwas Interessantes feststellen. Der Akku „schläft“ bei der ersten Stromentnahme und stellt deshalb nicht die benötigte Energie zur Verfügung. Nach wenigen Minuten normaler Fahrt wird er durch die Stromentnahme „geweckt“. Vergleicht man vorher und hinterher, dann wird man feststellen, dass beim „wachen“ Akku 1 - 2 LED's mehr leuchten.

Um die Akkus, den Motor, die Spannrollen, die Riemenscheibe und den Antriebsriemen zu schonen, sollte man immer gefühlvoll anfahren. Es ist ganz einfach zu kontrollieren, je mehr LED's beim Anfahren verlöschen, desto kräftiger wurde „Gas“ gegeben. Mit der 12stelligen LED Anzeige hat man immer Übersicht über die noch vorhandene Kapazität und kann die Fahrweise darauf abstimmen. Der als Zubehör angebotene dynamische Strombegrenzer ist bei Beobachtung der LED's nicht notwendig.

Aus der Länge der Fahrstrecke, dem Schwierigkeitsgrad der Strecke (leicht, mittel, schwer), der Fahrzeit in Minuten und der Anzahl der noch leuchtenden LED's kann man die Güte der Akkus erkennen. Vielleicht erstellt ein Anwender eine Berechnungsformel mit entsprechender

Wertung der vier Parameter. Ich würde mich über eine Zusendung freuen. Werden die zu einer einzigen Zahl geschrumpften Parameter für jede Fahrt festgehalten, dann sieht man frühzeitig ob sich einer der drei Akkus langsam „verabschiedet“.

2.1.6 Tipps zum Umbau:

1. Den Pluspol am Akku abklemmen.
2. Am Kapazitätsmesser die 15pol. Buchse J1 abziehen.
3. An der Buchse J1 die Kabel zu den Kontakten 13 und 14 (Abschaltung bei Unterkapazität) verbinden und die Lötstelle isolieren.
4. An der Buchse J1 das Kabel zum Kontakt 11 (Messausgang der Instrumententafel) durchtrennen und isolieren.

Hinweis: Die Buchse J1 hat numerierte Kontakte, dadurch lassen sich die entsprechenden Kabel leicht finden. Die Buchse J1 wird nicht mehr auf den Kapazitätsmesser gesteckt, sie wird mit einem Kabelbinder fixiert. Der Kapazitätsmesser jetzt hat keine Funktion mehr. Er hält das Fahrzeug nicht mehr an, weder bei echter noch bei falsch berechneter Unterkapazität. Außerdem ist das störende Knacken beim Radioempfang weg. Der Kapazitätsmesser kann zur Erinnerung an die oft gefährlichen Fehlabschaltungen im Mini El verbleiben, ansonsten wird er durch Zusammendrücken der 4 Kunststoffhalter ausgebaut.

5. Die Instrumententafel mit den 4 Schrauben vom Armaturenbrett abschrauben. Dabei von hinten mit der Hand die Instrumententafel festhalten.
6. Den 15pol Steckverbinder J3 und den 6pol Steckverbinder J2/J4 durch Drücken der seitlichen Rasten von der Instrumententafel abziehen und die Instrumententafel herausnehmen.
7. Die 8 Schrauben der Frontplattenbefestigung entfernen und die Frontplatte abnehmen.
8. Auf einer 2 x 4 cm Lochrasterplatte die Schaltung linksbündig platzsparend aufbauen. Die Schaltung benötigt nur 2 x 2 cm, rechts müssen dann noch 2 x 2 cm frei bleiben. Der Transistor T1 erhält einen kleinen TO 220 Fingerkühlkörper, beim Trimmer P1 ist auf freie Einstellmöglichkeit zu achten, er wird auf 500 Ohm eingestellt.

Für die nachstehenden Prüfungen und Einstellarbeiten sind 12 V= und regelbare 0 - 40 V= mit gleicher Masse erforderlich. Wenn kein Doppelnetzteil zur Verfügung nimmt man zwei Netzteile und verbindet die Minusausgänge. Zur Sicherheit unbedingt beide Ströme auf 40 mA herunterregeln.

9. Das regelbare Netzteil auf 0 V stellen. Am Eingang von IC1, Pin 3 (Plus 36 V) die Plusleitung vom regelbaren Netzteil anklemmen. Am Verbindungspunkt von R2 und Anode D3 (Masse) die Masseleitung anklemmen. Ein Multimeter an den Punkten Messeingang und Masse anklemmen. Langsam die Spannung erhöhen, den Stromfluss und die Spannung am Multimeter beachten. Bis 31 V darf kein Strom fließen und das Multimeter darf keine Spannung anzeigen. Wenn ab 31,4 eine Spannung angezeigt wird, ist alles in Ordnung.

Die nachstehenden Angaben beziehen sich auch die Bestückungsseite der Instrumententafel, die Ansicht ist die gleiche wie im Fahrzeug.

10. Das rechte freie Feld der Lochrasterplatte wird, mit den Bauteilen nach unten, an der linken oberen Schräge der Leiterplatte der Instrumententafel gehalten. Achtung: Die Lochra-

sterplatte muss an der schwarzen Diode der Instrumententafel anliegen. Die Bauteile der Lochrasterplatte dürfen nicht zu weit links über die Instrumententafel herausragen, sonst gibt es Platzprobleme beim Einbau im Armaturenbrett. Deshalb die rechte unbestückte Lochrasterplatte mit einem Seitenschneider so kürzen, dass die Bauteile so weit wie möglich nach rechts an die schräge Leiterplatte der Instrumententafel kommen. Die Frontplatte zur Probe aufsetzen, der Abstandhalter der Frontplattenbefestigung darf nicht auf der Lochrasterplatte aufliegen, ggfls. die Lochrasterplatte an der Stelle mit einem Seitenschneider kürzen. Auf der Lochrasterplatte eine 5 mm Bohrung deckungsgleich mit der vorhandenen Bohrung der Leiterplatte der Instrumententafel anbringen. An der Lochrasterplatte und der Leiterplatte deckungsgleich eine 3 mm Bohrung für die Befestigungsschraube anbringen. Die Lochrasterplatte an der Auflagefläche zur Leiterplatte mit PATTEX versehen und mit einer 3 mm Schraube und Mutter an der Leiterplatte befestigen.

11. Die Schaltung wie im Schaltplan beschrieben auf der Instrumententafel an den Lötunkten 1, 5 und 13 des 15pol. Steckers J3 anlöten. Die Lötunkte vom Stecker J3 sind auf der Leiterplatte vermerkt. Das Poti P1 auf 500 Ohm einstellen.

12. Am 15pol Stecker J3 am Pin 14 Plus 12 V für die Versorgung der Anzeigeelektronik anklemmen und am Pin 13 die gemeinsame Masse anklemmen. Es sollte ein Strom von ca. 35 mA fließen. Dass dann keine LED auf der Instrumententafel leuchtet ist ok, denn es wurde nur die Versorgungsspannung für die IC's angeschlossen. Das regelbare Netzteil auf 0 V stellen und am Stecker J3 Pin 1 die Plusleitung anklemmen. Beim Anklemmen der beiden Netzteile unbedingt auf richtige Polarität achten.

13. Am regelbaren Netzteil ein Multimeter anschließen um die Spannungen exakt zu kontrollieren. Langsam das regelbare Netzteil unter Beachtung des Stroms auf 31 V erhöhen. Bis 31 V darf kein Strom fließen und keine LED leuchten, sonst ist die Schaltung nicht richtig aufgebaut oder angeschlossen, alles sofort ausschalten und die Schaltung kontrollieren. Wenn bei 31,4 V die 1. LED der 12er Kette leuchtet ist alles ok.

14. Das regelbare Netzteil auf 37,2 V einstellen und den Trimmer P1 langsam verstellen, dass gerade die 12. LED leuchtet. Zur Kontrolle mehrmals langsam die Spannung zwischen 30 V und 38 V regeln, das Multimeter und das Leuchten der LED's beachten, evtl. P1 nachregeln. Damit ist der Messbereich kalibriert. Mit P1 lassen sich natürlich auch andere Messbereiche einstellen, sie geben dann aber wenig Informationen über den beim Fahrbetrieb wichtigen Spannungsbereich von 31,4 V - 37,2 V.

15. Die Netzteile entfernen. Die Frontplatte mit den 8 Schrauben auf der Instrumententafel befestigen, die Buchse J3 und die Buchse J2/J4 auf die Instrumententafel stecken und die Instrumententafel mit den 4 Schrauben am Armaturenbrett befestigen. Der Kühlkörper von T1 darf nicht die obere Kunststoffabdeckung vom Armaturenbrett berühren, er verbiegt sonst den Transistor T1. Von hinten mit den Fingern den Abstand des Kühlkörpers kontrollieren.

2.2 Selektieren eines defekten Akkus wenn keine Reichweite erzielt wird

1. Den Säurestand der Akkus prüfen, die Akkus aufladen.
2. Das Fernlicht einschalten, die Lüftung und die Heizung auf Stufe II einschalten.
3. Nach ca. 10 Minuten mit einem Multimeter die Spannungen der drei Akkus einzeln messen und notieren. Den Messvorgang nach ca. 10 Minuten wiederholen. Die Spannungen der drei Akkus vergleichen. Geringe Spannungsunterschiede sind normal. Der Akku mit einer erheblich niedrigeren Spannung ist schwach, ob er defekt ist lässt sich jetzt aber noch 100%ig sagen. Es kann sein, dass ihm das dauernde Serienladen nicht bekommen ist.
4. Alle Verbraucher ausschalten. Alle Verbindungen zu und zwischen den Akkus entfernen.
5. Die drei Akkus mit vier Kabeln ($\geq 4 \text{ mm}^2$) parallel schalten, Plus an Plus und Minus an Minus. Vorsicht vor der gefährlichen Funkenbildung. Siehe Tipp „Explosionsschutz beim Mini El für unter 1 EUR“. Beim Parallelladen ist es üblich jeden Akku mit einer Leistungsdiode zu versehen, damit der spannungsschwache Akku mehr geladen wird als der spannungsstarke Akku. Durch die Dioden haben am Ende der Ladung alle Akkus die gleiche Spannung. Auf diese Feinheit verzichte ich bei der Beschreibung.
6. Ein auf 13,8V stabilisiertes Ladegerät polungsrichtig am Pluspol des 1. und am Minuspol des 3. Akkus anschließen. Durch den versetzten Anschluss ist ein guter Potenzialausgleich gegeben. Das Ladegerät einschalten und die Akkus aufladen. Die Akkus sollten 24 Stunden angeschlossen bleiben damit ein guter Zellenausgleich stattfindet.
7. Nach dem Laden die Parallelverbindungen entfernen, die alten Serienverbindungen wieder anbringen und die Akkus ans Fahrzeug anschließen. Siehe Tipp „Explosionsschutz beim Mini El für unter 1 EUR“.
8. Jetzt wieder beim Punkt 2 beginnen. Wenn beim Punkt 3 wieder der gleiche Akku seine Schwäche zeigt, dann gehört er in den Sondermüll. Jetzt ist zu überlegen ob nur der eine Akku ausgetauscht werden soll. Da der neue Akku wesentlich mehr Kapazität hat als die beiden alten, gibt es ein Ungleichgewicht beim Serienladen und Entladen. Siehe Tipp „Akkus einzeln laden“. Wenn die Kilometerleistung hoch ist, sollten alle 3 Akkus erneuert werden.

Das Selektieren sagt natürlich nichts über die Ist-Kapazität aus. Deshalb habe ich mir mehrere Kapazitätsmessgeräte für 1 Ah - 100 Ah Akkus gebaut. Auf einer 5stelligen LCD-Anzeige wird die Ist-Kapazität mit einer Auflösung von 1 mAh angezeigt. Das Messergebnis ist natürlich viel genauer, aber das vorstehend beschriebene Selektieren zeigt auch den „Übeltäter“, leider ohne seine Ist-Kapazität zu kennen.

Hinweis: Die Punkte 5 und 6 sollte man auch bei neuen Akkus zur Formatierung vor dem Einbau ins Fahrzeug anwenden. Damit ist sichergestellt, dass alle 3 Akkus gleich stark geladen und ausgeglichen sind. Das Laden wird nach 24 Stunden beendet, oder schon vorher, wenn der Ladestrom unter 1/100 der Nennkapazität abfällt. Das sind bei 3 parallelgeschalteten 100 Ah Akkus 3 A.

2.3 Akkus einzeln laden

Auch ein neuer 12 V Akku hat unter seinen 6 Zellen eine etwas bessere und eine etwas schlechtere Zelle. Das liegt u.a. an Fertigungstoleranzen, verschieden hohem Säurespiegel, usw. Beim Serienladen wird die Zelle mit der geringsten Kapazität überladen und dadurch noch schlechter. Werden 3 Akkus in Serie geladen, dann sind es 18 Zellen mit, wenn auch nur geringen, unterschiedlichen Kapazitäten. Beim Entladen ist es ähnlich, die Zelle mit der geringsten Kapazität wird als erste die Entladeschlussspannung erreichen. Wenn die beste Zelle die Entladeschlussspannung erreicht, ist die schlechte Zelle schon hoffnungslos tiefentladen. Je öfter die Akkus in Serie geladen werden um so größer werden die Unterschiede. Beim Mini El sollen die Unterschiede durch die Nachladephase vom Lademodul eliminiert werden. So ganz haut das aber nicht hin.

Das Beste wäre 18 Akkus je 2 V einzubauen und die Akkus mit 18 Ladegeräten zu laden. Da der Platz dafür nicht ausreicht und es nicht bezahlbar ist, sollte man die drei Akkus einzeln mit drei 12 V Ladegeräten laden. Das bekommt den Akkus wesentlich besser als das dauernde Serienladen mit nur einem Ladegerät.

Die Ladegeräte müssen potenzialfrei sein, damit die Serienverbindungen zwischen den Akkus bestehen bleiben. Die Ladegeräte sind kleiner und preiswerter weil sie bei gleichem Ladestrom nur 1/3 der Leistung eines 36 V Ladegerätes abgeben müssen, dagegen ist aber der Preis für 3 Ladegeräte zu beachten.

Ein besonders kleines, preisgünstiges, getaktetes Ladegerät für 12 V Akkus fertigt die Fa. IVT, Hirschau, als 3-Stufen Lader. Das Gerät wird durch den Elektronikversand ELV 26787 Leer Tel. 0491-600888 (www.elv.de) unter der Bestell-Nr. 85-542-02 und CONRAD Elektronik, 92240 Hirschau Tel. 0180-5312111 (www.conrad.de) unter der Bestell-Nr. 510428 für 59,95 EUR vertrieben. Die Abmessungen sind 170 x 110 x 40 mm. Das Gerät lädt den Akku mit vollem Ladestrom bis 14,7 V, dann wird zum Zellausgleich eine Stunde unter Einhaltung der 14,7 V bei sinkendem Ladestrom nachgeladen und nach der Stunde schaltet das Gerät automatisch auf die Erhaltungsladespannung von 13,8 V um. Ein ideales Ladegerät für das Mini El zum Einzelladen, leider hat es nur einen Ladestrom von 8 A. Ich hatte bei IVT nachgefragt, dieses Gerät ist nicht mit einem höheren Ladestrom lieferbar. Wem 8 A ausreichen zahlt für das Einzelladen der 3 Akkus 180 EUR. Die Ladegeräte können wegen ihrer Potenzialtrennung problemlos an die drei in Serie geschalteten Akkus angeklemt werden, entsprechende Akkuklemmen gehören zum Lieferumfang. Beim Nichtladen werden die Akkus durch das Ladegerät nur mit ca. 8 mA entladen. Achtung: IVT liefert auch Ladegeräte mit einem höheren Ladestrom. Sie haben aber nicht den 3-Stufen Effekt, sie laden zyklisch. Deshalb ist die Ladezeit bei den Geräten erheblich länger. Alle Angaben zum 3-Stufen Lader stammen von der Fa. IVT.

Da ich den 3-Stufen Lader nicht getestet habe, kann ich keine Beurteilung abgeben. Um die Akkulebensdauer zu verlängern würde ich als Bastler versuchen durch Ändern der entsprechenden Widerstände die Ladespannung exakt auf die vorgeschriebenen Spannungen des Akkuherstellers einzustellen. Für meine DETA EXIDE Akkus sind 14,1 V - 14,4 V beim Laden und 13,5 V beim Erhaltungsladen vorgeschrieben. Durch den Umbau ist die Gewährleistung des Herstellers natürlich hinfällig.

Die Fa. BENNING, 46397 Bochholt Tel. 02871-930 (www.benning.de) fertigt professionelle getaktete 12 V Ladegeräte unter der Bezeichnung TEBECHOP TRACTION S als Einbauladegeräte mit Wegfahrsperrung von 6 - 35 A zum Einzelladen. Die Geräte sind wegen ihrer 15 Ladeprogramme für jeden Akkutyp verwendbar.

Die Fa. WAECO, 48282 Emsdetten Tel. 02572-8790 (www.waeco.de) fertigt getaktete 12 V Ladegeräte zum Einzelladen bis 15 A mit IUoU Kennlinie.

2.4 Aktivatoren zum Auffrischen der Akkus

Achtung: Innerhalb dieser Abhandlung steht „Akku“ für den mit flüssigem Elektrolyt gefüllten Akku (Nass-Akku). Alle genannten elektronischen Aktivatoren sind für 12 V ausgelegt, deshalb sind beim 36 V Betrieb 3 Aktivatoren einzusetzen. Weil die Aktivatoren nicht nur beim Mini El eingesetzt werden können, beziehe ich mich teilweise auch auf Akkus mit kleineren Kapazitäten als sie im Mini El üblich sind.

Es ist allgemein bekannt, dass NiCad-Akkus ein „Gedächtnis“ haben, den sogenannten Memoryeffekt, der bei falscher Ladung, Lagerung und Teilentladung auftritt. Aber auch Akkus haben ihre Problemzone, sie neigen selbst bei regelmäßiger Pflege zur Sulfatierung. Das Bleisulfat bildet sich zu glatten Kristallen aus und legt sich auf die amorphe Struktur der Bleiplatten. Dadurch verliert der Akku an Kapazität. Um den Effekt zu vermeiden und die Kapazität zu erhalten oder bei schwachen Akkus sogar zu erhöhen werden vom Handel zwei verschiedene Produktgruppen diverser Hersteller angeboten.

1. Der chemische Aktivator. Ein Zusatzmittel das zu der Säure in den Akku gegeben wird.
2. Der elektronische Aktivator. Ihn gibt es mit extrem kurzem aber sehr hohem Ladestrom, mit extrem kurzem aber sehr hohem Entladestrom und mit Impulsintervallen bis zu 10 kHz.

2.4.1 Der chemische Aktivator

Das Zusatzmittel soll nach Herstellerangabe am Besten direkt mit der Säure in den neuen Akku gegeben werden um eine Sulfatierung von vornherein auszuschließen. Aber auch bei gebrauchten Akkus soll es die vorhandene Sulfatschicht allmählich abbauen und auflösen.

Als mir der chemische Aktivator in den 80er Jahren bekannt wurde habe ich ihn sofort an einem neuen Akku ausprobiert. Ein zweiter Akku vom gleichen Typ und mit gleichem Herstellungskennzeichen wurde für einen Vergleichstest nur mit Säure gefüllt. Die beiden 12 V Akkus wurden im Serienbetrieb (24 V) eingesetzt, also gleich stark entladen. Das Laden erfolgte für jeden Akku separat mit der akkuschonenden I/U Kennlinie, Ladestrom 1/10 der Akkukapazität und Ladeschlussspannung 13,8 V. Damit waren die Lade und Entladeverhältnisse beider Akkus gleich. Bei den durchgeführten Spannungsmessungen unter Belastung konnte ich keinen nennenswerten Unterschied zwischen den Akkus feststellen.

Um die tatsächlich vorhandene Kapazität der beiden Akkus zu messen baute ich mir später ein Kapazitätsmessgerät. Bei der Vergleichsmessung der mittlerweile zwei Jahre alten Akkus musste ich feststellen, dass der mit dem Aktivator gefüllte Akku 17% weniger Kapazität hatte als der unbehandelte Akku. Das mag ein Einzelfall gewesen sein, wie z.B. durch Toleranzen bei der Akkufertigung, oder das von mir gekaufte „Wundermittel“ war wirklich nicht so gut wie es im Prospekt versprochen wurde. Ich weiss nicht ob die heute angebotenen chemischen Aktivatoren besser sind. Mich hat jedenfalls der damals teuer gekaufte nutzlose und evtl. sogar schädigende Aktivator für alle Zeiten abgeschreckt. Wenn jemand andere Erfahrungen mit chemischen Aktivatoren gemacht hat dann möge er mir das bitte mitteilen.

2.4.2 Der elektronische Aktivator

Als ich später durch Zufall einen seriösen Bericht über Bleiakku und die kapazitätsmindernde Sulfatierung las, griff ich das Thema wieder auf. Demnach sollte die Sulfatierung durch kurzzeitige hohe Stromstöße vermieden und sogar vorhandene Sulfatierung abgebaut werden.

Für den Testversuch entwickelte ich eine elektronische Schaltung, die einen Spannungsverdreifacher enthielt, der aus der 12 V Akkuspannung 36 V erzeugte und einen hochkapazitiven Elektrolytkondensator auflud. Im Zweiminutentakt wurde die Energie des Elkos, der gegenüber dem Akku eine Überspannung von 24 V hatte, schlagartig wieder an den Akku zurückgegeben. Das war natürlich kein Perpetuum mobile, es wurde schon Akkuenergie dazu benötigt. Bei jedem der kurzzeitigen hohen Stromstöße hörte man es im Akku knacken.

Die Elektronik schloss ich an einen älteren Akku an. Nach ca. 3 Wochen Betriebszeit konnte ich von außen bei Durchsicht mit Gegenlicht eine Verfärbung der Säure feststellen. Beim Öffnen der Verschlussstopfen und Blick auf Bleiplatten und Säure stellte ich fest, dass sich nicht die Säure verfärbt hatte, sondern die Bleiplatten. Es hatte eine Reaktion stattgefunden. Leider hatte ich diesmal keinen zweiten unbehandelten Akku zum Kapazitätsvergleich. Wegen der geringen Stromaufnahme blieb der elektronische Aktivator bis zum Lebensende des Akkus angeschlossen, das waren immerhin 8 Jahre. Für mich war die extrem lange Lebensdauer nur mit dem Abbau der schädlichen Sulfatierung erklärbar.

Später habe ich eine einfachere Elektronik entwickelt die dem Akku keine Stromstöße zuführte, sondern ihn im Minutentakt kurzzeitig mit ca. 100 A entlud. Trotz des extrem hohen Entladestroms nahm die Elektronik gemittelt nur ca. 10 mA auf. Auch mit dieser Elektronik hörte man die knackenden Entladeimpulse im Akku. Die damit versehenen Akkus hielten auch extrem lange. Wichtig war, dass die Elektronik immer am Akku angeschlossen blieb, beim Laden, Betrieb und bei der Lagerung.

Bei allen Tests und beim späteren Einsatz waren immer Nass-Akkus angeschlossen. Das Verhalten vom Bleigelakku kann ich nicht beurteilen. Die von mir eingesetzten Akkus hatten Nennkapazitäten zwischen 45 Ah und 120 Ah. Ob die hohen Stromstöße für einen kleineren Akku schädlich sind habe ich nicht getestet. Natürlich gab es im Laufe der Jahre bei einigen Akkus auch frühzeitige Ausfälle, trotz Einsatz des elektronischen Aktivators. Seltsamerweise waren das aber immer schlecht gepflegte Akkus die ich mit dem Kauf einer gebrauchten Lok übernahm.

2.4.3 Bezugsquellen für Aktivatoren

Den chemischen Aktivator gibt es im KFZ-Zubehörhandel und im Versandhandel, z.B. bei ELV, Leer, Tel. 0491-600888 (www.elv.de) unter der Bezeichnung ACCU-CRAFT, Bestell-Nr. 40-459-30 zum Preis von 14,95 EUR.

Die elektronischen Aktivatoren gibt es ebenfalls im KFZ-Zubehörhandel und im Versandhandel, z.B. bei CONRAD Elektronik, Hirschau, Tel. 0180-5312111 (www.conrad.de) und ELV, Leer, Tel. 0491-600888 (www.elv.de).

Der MEGAPULSE von CONRAD, Bestell-Nr. 25 01 79-77 kostet 76,95 EUR. Er soll die Lebenserwartung des Akkus bis um das 5-fache verlängern und pulst den Akku mit 6 - 8 kHz. Er ist aber wegen seiner hohen Stromaufnahme von 60 - 125 mA nur für den Einsatz im KFZ geeignet. Das Gerät wird nur beim Laden des Akkus aktiviert, d.h. wenn das KFZ in Betrieb ist

oder der Akku mit einem Ladegerät geladen wird. Da beim Mini El die Standzeiten viel länger sind als die Ladezeiten, ist das Gerät für unseren Zweck nicht geeignet.

Der MEGAPULSE-AKKU-AKTIVATOR von ELV, Bestell-Nr. 40-459-28 kostet 74,95 EUR. Leider macht ELV keine Angaben zu den technischen Daten. Da es sich um den gleichen Hersteller handelt den auch CONRAD im Vertrieb hat, dürften auch die Daten gleich sein. ELV gibt die nachgewiesene Wirksamkeit namhafter Stellen an: TU Wien, RWE Plus AG, Auto Bild und Auto Motor Sport. Die Lebensdauer der Akkus soll sich verdoppeln, das ist wesentlich realistischer als die fünffache Lebensdauer bei CONRAD.

CONRAD liefert den BATTERIE-AKTIVATOR, Bestell-Nr. 25 00 15-33 für EUR 19,95. Das kleine vergossene Gerät ist für 12 V Akkus und nimmt ca. 2 - 5 mA auf. CONRAD gibt einen Ladestromimpuls von 80 - 100 A an. Die Wiederholungszeit ist 15 Sekunden und der Arbeitsbereich -25°C bis +85°C. Ich vermute das Gerät gibt keinen Ladestromimpuls ab sondern einen Entladestromimpuls. Wenn das so ist dann können aber die Angaben nicht stimmen. Entweder ist die Stromaufnahme höher, der Wiederholungsintervall länger oder der Impulsstrom niedriger als angegeben. Wenn das Gerät den Akku mit den angegebenen Werten pulst, dann dürfte die gemittelte Stromaufnahme bei einer angenommenen Impulszeit von 100 Mikrosekunden (CONRAD macht dazu leider keine Angaben) bei 40 mA liegen. Die Stromaufnahme wäre für einen Dauereinsatz mit langen Standzeiten viel zu hoch. Ein 36 Ah Akku wäre schon nach 37 Tagen total entladen. $36 \text{ Ah} : 0,04 \text{ A} : 24 \text{ Stunden} = 37 \frac{1}{2} \text{ Tage}$. Dabei ist seine Selbstentladung noch nicht berücksichtigt.

Die Fa. ELV liefert den BLEIAKKU-AKTIVATOR BA 80, Bestell-Nr. 40-258-03 für EUR 10,95 als Bausatz und als Fertiggerät unter der Bestell-Nr. 40-536-71 für 14,95 EUR. Der Impulsentladestrom ist 60 - 80 A, die Impulsdauer ist 100 Mikrosekunden, der Impulsabstand ist 27 Sekunden, die Stromaufnahme ist gemittelt 5 - 6 mA und die Betriebsspannung 11 - 16 V. Bemerkenswert ist die integrierte Unterspannungsabschaltung die den Akku vor Tiefentladung schützt. Das gilt natürlich nur für den Aktivator selbst, andere Verbraucher werden nicht abgeschaltet. Da die Impulsdauer viel zu kurz für eine optische Anzeige ist, werden die Entladeimpulse mit einer nachleuchtenden Leuchtdiode angezeigt. Achtung : Beim Bausatz sind Lötverfahren mit SMD-Bauteilen notwendig.

Der BATTERIE-AKTIVATOR von CONRAD und der BLEIAKKU-AKTIVATOR BA 80 von ELV entsprechen in etwa den von mir entwickelten und getesteten Aktivatoren. Ich habe die vorgestellten elektronischen Aktivatoren nicht getestet und kann deshalb meine Beurteilung nur nach den Katalogangaben machen. Wegen der Unterspannungsabschaltung würde ich dem ELV BLEIAKKU-AKTIVATOR BA 80 den Vorzug geben. Beim Kauf eines elektronischen Aktivators unbedingt auf die gemittelte Stromaufnahme von unter 10 mA zu achten, sonst wird der Akku zu schnell entladen.

2.4.4 Bemerkungen zum elektronischen Aktivator

In den Katalogen wird oft mit hervorragenden Eigenschaften geprahlt, siehe CONRAD MEGAPULSE mit bis zu 5facher Verlängerung der Akkulebensdauer. Gegenüber solchen Versprechungen sollte man sehr skeptisch sein. Der Aktivator ist natürlich kein Allheilmittel mit dem man einen Akku der 3 Jahre unbeachtet in der Garage stand wieder beleben kann. Auch ein Akku mit Zellschluss lässt sich nie wieder aktivieren. Aus einem alten kapazitätsschwachen Akku lässt sich in keinem Fall ein fabrikneuer Akku zaubern und abgelöste Bleipartikel, die sich auf dem Akkuboden als Sumpf abgelegt haben, lassen sich natürlich auch nicht wieder auf die Bleiplatten zurückbringen. Deshalb sollte der Aktivator am Besten direkt beim Kauf des Akkus angeschlossen werden.

Bei dem Dauereinsatz der elektronischen Aktivatoren, nur dann haben sie Wirkung, ist unbedingt das häufigere Nachladen während der Standzeiten zu beachten. Aus Sicherheitsgründen würde ich bei dem ELV BLEIAKKU-AKTIVATOR BA 80 von einer gemittelten Stromaufnahme von 12 mA ausgehen. Damit werden dem Akku in 24 Stunden 288 mAh entnommen, das sind im Monat 8,6 Ah. Ein ruhender Nassakku muss wegen seiner Selbstentladung spätestens in dreimonatigen Abständen nachgeladen werden. Nach Ablauf dieser Zeit würden ihm 34,4 Ah plus seiner Selbstentladung fehlen. Daraus ist zu ersehen, dass das Nachladen nach 3 Monaten nur noch für Akkus ab 45 Ah zulässig ist. Ein 36 Ah Akku ist unbedingt im zweimonatlichen Abstand nachzuladen. Bei den Zeitangaben zum Nachladen wird natürlich ein einwandfreier Akku vorausgesetzt der noch seine Nennkapazität hat.

Die hier vorgestellten Aktivatoren haben nichts mit den sogenannten Akku-Refreshern, Akku-Conditionern oder Akku-Joggern gemeinsam. Diese Gerätegruppe wird vom Handel gerne für die Überwinterung angeboten und verkauft. Mit den Geräten wird der Akku laufend mit geringem Strom geladen und dann mit einem ebenso schwachen Strom wieder teilentladen.

2.5 Explosionsschutz beim Mini El für unter 1 EUR

Beim Anklemmen der Akkus entsteht kurzzeitig ein extrem hoher Stromfluss. Dabei funkt es so gewaltig, dass sogar die Akkupole verschmoren. Der Grund ist der nicht abschaltbare DC/DC Wandler und die hochkapazitiven Elkos im DC/DC Wandler und im Drehzahlregler. Im Einschaltmoment entsteht deshalb kurzzeitig ein äußerst kräftiger Kurzschluss.

Achtung: Bleiakkus entwickeln hochexplosiven Wasserstoff (Knallgas). Beim Laden über eine Zellenspannung von 2,3 V hört man es am Rauschen im Akku. Ein Funke an der richtigen Stelle kann den Akku explodieren lassen, zum Fahrzeugbrand und zu erheblichen Körperverletzungen führen. Funkenvermeidend ist beim Anklemmen des Akkus ein NTC Widerstand. Der NTC ist ein Heißleiter, ist er kalt dann ist er hochohmig, wird er heiß dann nimmt sein Widerstand ab. Sein Nennwiderstand ist bei 25 °C festgelegt.

2.5.1 Anschluss und Funktion:

Der NTC wird an seinen Drahtenden zwischen Akkuklemme und Akkupol gehalten. Durch den geringen Stromfluss erwärmt sich der NTC und sein Widerstand nimmt ab. Innerhalb von 2 - 3 Sekunden haben dadurch der Akkupol und die Akkuklemme fast gleiches Potenzial. Jetzt wird, immer noch mit dem NTC dazwischen, die Akkuklemme auf den Akkupol gesetzt. Durch diesen kleinen Trick kann es nicht mehr zur Funkenbildung kommen.

Damit die Anklemmprozedur leichter und alles flexibler wird, man hat ja nur zwei Hände, sollten an den Anschlussdrähten des NTC zwei dünne Kabel angelötet werden. An einem Kabelende wird eine kleine Krokoklemme angelötet. Die Krokoklemme wird an der Akkuklemme befestigt und das zweite Kabel wird seitlich an den Akkupol bis zum Aufsetzen der Akkuklemme gehalten. Nach dem Aufsetzen der Akkuklemme hat der NTC keine Funktion mehr und wird entfernt.

Der NTC ist verpolungssicher. Er wird aber nur am Pluspol benutzt, weil die Masseklemme in der Regel fest am Akku angeschlossen bleibt. Der NTC sollte einen Widerstand von 25 bis 30 Ohm bei 25 °C haben. Damit ist sichergestellt, dass er sich gut erwärmt und im erwärmten Zustand genügend niederohmig wird. Den NTC Widerstand gibt es im Elektronikhandel für unter 1 EUR.

Achtung: Der NTC wird heiß, deshalb jede Berührung vermeiden. Die Anschlussdrähte des NTC dürfen sich nicht berühren, das wäre so als sei der NTC nicht vorhanden. Niemals den NTC fest an der Akkuklemme und am Akkupol anschließen, das wäre beim Abklemmen für den Akku so als wäre die Akkuklemme noch angeschlossen und dazwischen liegt der heiße NTC.

2.6 Einfaches Trennen der Plusleitung zum Akku

Trotz Abziehen des Zündschlüssels werden die Akkus durch die nicht trennbaren Verbraucher, wie DC/DC Wandler, mit ca. 0,15 A entladen, das sind in 24 Stunden 3,6 A, in einer Woche schon 25,2 A und in einem Monat satte 108 A. Ohne zwischenzeitliches Nachladen hält kein Akku den Stromfluss für 30 Tage aus, er wird rettungslos tiefentladen und ist defekt!

Wer regelmäßig die Plus Akkuklemme entfernt, um das Entladen der Akkus durch die nicht abschaltbaren Verbraucher zu vermeiden, kann an der Plusleitung zum Akku eine Schnellverschlussklemme anbringen. Die Schnellverschlussklemme wird werkzeuglos durch einfaches Herunterdrücken am Akkupol befestigt. Die Klemmen gibt es als Paar (rot und blau) im KFZ-Zubehör und im Caravan-Handel als QUICK-POWER Klemme von der Fa. OJOP Schweden. Die Klemmen sind für 800 A bei 12 V ausgelegt. Für 36 V habe ich keine Angaben, rechnerisch müssten es 270 A sein. Das Paar kostet ca. 10 EUR.

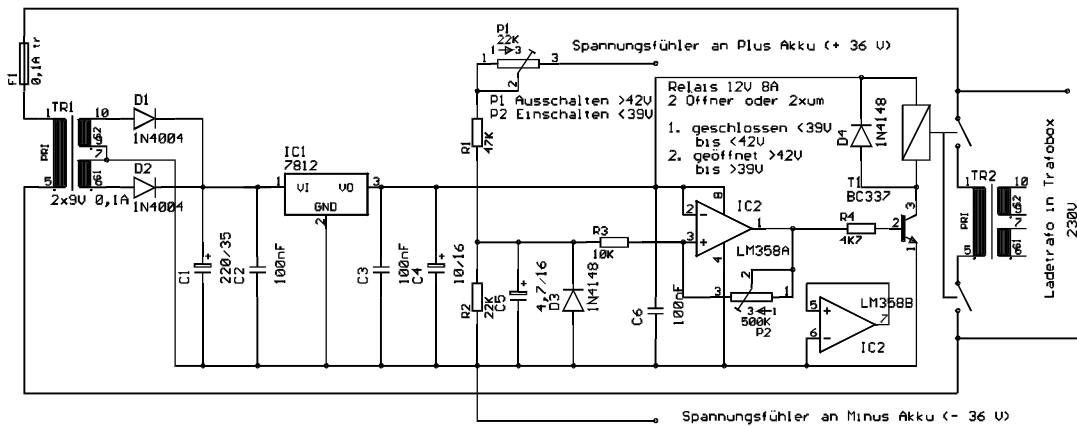
Die Fa. HELLA liefert einen einpoligen Hochstromschalter zum Trennen der Akkus. Er ist bei 12 V kurzzeitig bis 1000 A und bei 24 V bis 500 A ausgelegt. Für 36 V gibt es keine Angaben. Vergleicht man die beiden Werte, dann müssten es bei 36 V noch 333 A sein. Ein weiterer Vorteil ist der im ausgeschalteten Zustand abnehmbare Schaltgriff, weil er gleichzeitig als Wegfahrsperr dient. Der Einbaudurchmesser ist 24 mm, der Gesamtdurchmesser 57 mm und die Einbautiefe 40 mm. Den Schalter gibt es im KFZ-Zubehör und Caravan-Handel für ca. 18 EUR.

Auch bei der QUICK-POWER Klemme und dem HELLA Hochstromschalter sollte man vor dem Ankleben des Akkus, um Funkenbildung und Kontaktabbrand zu vermeiden, einen NTC Widerstand zwischen beide Anschlüsse halten. Siehe Tipp "Explosionsschutz beim Mini El für unter 1 EUR". Nach dem Verbinden/Einschalten ist der NTC zu entfernen.

Die ideale Lösung: An den beiden Anschlüssen des HELLA Hochstromschalters den NTC mit einem dazwischenliegenden Taster fest anschließen. Den Taster betätigen und nach 2 - 3 Sekunden den Hochstromschalter einschalten und den Taster wieder loslassen. Einfacher geht's nicht. Man kann mit einer kleinen Elektronik den Ablauf automatisieren, das halte ich aber für wenig sinnvoll, weil dazu auch eine Minusleitung vom Akku benötigt wird.

2.7 Aus der Trafobox des Mini El wird ein Ladeautomat

Die Akkus werden mit diesem Ladeautomaten zyklisch geladen. Unter einer frei bestimmbareren Spannung, z.B. 39 V wird der Ladetrafo eingeschaltet und über einer frei bestimmbareren Spannung z.B. 42 V wird der Ladetrafo abgeschaltet. Die Ein- und Abschaltspannungen lassen sich für jeden Akkutyp beliebig einstellen. Werden z.B. die Akkus mit dem Standard Ladegerät überladen, dann kann man diese Schaltung einsetzen. Zum Anklempfen der Spannungsfühler an den Akkupolen sind Akku-Krokoklemmen vorteilhaft. Alle Bauteile gibt es im Elektronikhandel.



Stückliste

Anzahl	Bezeichnung
1	Spannungsregler 7812
1	Operationsverstärker LM358
1	Transistor BC 337
2	Dioden 1N4002
2	Dioden 1N4148
1	Elko 220 µF 35 V
1	Elko 10 µF 16 V
1	Elko 4,7 µF 16 V
3	Vielschicht Kondensatoren 100 nF
1	Metallschichtwiderstand 1%, 47K
1	dto. 22K
1	dto. 10K
1	dto. 4K7
1	Spindeltrimmer 22 K
1	dto. 500K
1	8pol. IC Fassung
1	Printrafo 2 x 9 V, 0,128 A, 2,3 VA
2	Sicherungshalterclips
1	Feinsicherung 0,16 A mtr
1	Relais 2 x um oder 2 Öffner, 12 V, 8 A
1	kleine Lochrasterplatte
2	Durchführungstüllen für die Leitungen der Spannungsfühler
1	Akkuzange (Krokoklemme) rot
1	dto. schwarz
Verdrahtung der Bauteile auf der Lochrasterplatte	

50 cm Schaltlitze 18 x 0,1, schwarz
50 cm dto. rot
50 cm dto. braun
Verdrahtung der Spannungsfühler
2 m Schaltlitze LIY 0,5 mm², rot
2 m dto. schwarz
Verdrahtung zwischen Relais und Trafo in Trafobox
80 cm Schaltlitze LIY 1,5 mm²
Verdrahtung zwischen Relais und Sicherung, bzw. Trafo 2 x 9 V
30 cm Schaltlitze LIY 0,5 mm²

2.7.1 Funktionsbeschreibung:

Der durch F1 geschützte Transformator erzeugt mit D1, D2, C1 und C2 eine gesiebte Gleichspannung. Die wird vom Spannungsregler IC1 auf 12 V stabilisiert und dem Operationsverstärker IC2 zugeführt. Am 2. Eingang von IC2 bestimmen P1, R1 und R2 den Punkt der Umschaltung. P2 bestimmt die Hysterese, den Spannungsunterschied bei dem der Ausgang von IC2 am Pin 1 umschaltet. Das Ausgangssignal am Pin 1 steuert, mit T1 verstärkt, das Relais. D3 ist eine Schutzdiode die bei Falschpolung der Spannungsfühler anspricht und die Elektronik schützt. Die Diode D4 kappt Spannungsspitzen vom Relais die den Transistor T1 zerstören können. Die zweite Hälfte vom Operationsverstärker IC2 wird nicht benötigt, um Schwingungen zu vermeiden wurde ein Eingang auf Masse gelegt und der andere Eingang mit dem Ausgang verbunden.

2.7.2 Umschaltung zwischen Ladeautomat und eingebautem Ladegerät:

Bewusst habe ich auf einen Umschalter verzichtet. Werden die beiden Spannungsfühler polungsrichtig an den Akkus angeklemt, dann ist der Ladeautomat aktiv. Werden die Spannungsfühler nicht angeklemt, dann ist das im Fahrzeug eingebaute Ladegerät aktiv. Die Krokoklemmen der beiden Stromfühler werden dann am Kunststoffgriff der Trafobox mit Abstand angeklemt.

2.7.3 Nachbau- und Einstellhinweise:

Es gibt keine fertig bestückte Elektronik, keinen Bausatz und keine Leiterplatte. Die Schaltung ist relativ einfach auf einer kleinen Lochrasterplatte aufzubauen. Die Lochrasterplatte wird in der Trafobox befestigt und primärseitig am Ladetrafo angeschlossen.

Der Ladetrafo hat einen zweiten Ausgang mit ca. 17 V Wechselspannung. Da liegt es nahe an dem Ausgang einen Gleichrichter anzuschließen und damit die Elektronik zu versorgen. Hört sich gut an, geht aber nicht. Wenn die Elektronik den Ladetrafo ausschaltet, dann „klaut“ sie sich selbst ihre Versorgungsspannung. Wenn man mit dem Relais die Hochstromleitungen zum Lademodul schaltet, dann würde es gehen. Ich schalte aber beim vollgeladenen Akku die gesamte Trafobox stromlos, das schien mir sinnvoller.

Die nachstehenden Arbeiten darf nur ein Fachmann durchführen weil lebensgefährliche 230 V berührt werden können!

1. Die Trafobox vom Mini El trennen, das Gehäuseoberteil abschrauben.
2. Die Elektronik in die Trafobox einbauen und anschließen. Dabei auf gute Zugänglichkeit der Trimmer P1 und P2 achten.
2. Den Trimmer P1 auf 22 K Ohm stellen und den Trimmer P2 auf 500 K Ohm stellen.

3. Die Trafobox an 230 V anschließen.

4. Ein regelbares Netzteil 0 - 45 V polungsrichtig an die Spannungsfühler anschließen und auf 42 V einstellen. Alle nachstehenden Spannungen sind mit einem Digital-Multimeter zu überprüfen.

5. P1 langsam verstellen bis das Relais den Stromkreis zum Trafo unterbricht, man hört es am Klicken des Relais.

6. Das Netzteil auf 39 V einstellen.

7. P2 langsam verstellen bis das Relais den Stromkreis zum Ladetrafo einschaltet, man hört es am Klicken des Relais.

8. Da sich P1 und P2 gegenseitig beeinflussen, mehrmals das Netzteil zwischen 39 V und 42 V regeln, auf das Klicken des Relais achten und falls notwendig die Stellung von P1 und P2 verändern.

Achtung: Wenn das Relais bei den vorgegeben Spannungen nicht klickt, oder die Sicherung F1 auslöst, dann ist sofort die Trafobox und das Netzteil auszuschalten und der Fehler bei der aufgebauten Elektronik zu suchen.

9. Die Trafobox vom Netz trennen, das Multimeter und das Netzteil entfernen. Das Gehäuse-oberteil an der Trafobox anschrauben. Die Trafobox in das Fahrzeug stellen und den Stecker am Fahrzeug einstecken.

Die Einschaltspannung von 39 V und die Abschaltspannung von 42 V ist nur ein Beispiel. Je nach Akkutyp sind die beiden Spannungen auf die richtigen Werte einzustellen.

2.8 Tipps zur Überwinterung

Wer in den Wintermonaten nicht fährt sollte das Mini El unbedingt an drei Punkten aufbocken um die Reifen zu schonen. Bei dem langen Stillstand bekommen die Reifen einen Standplatten. Schlimmstenfalls, bei wenig Luft im Reifen, kann man zum Saisonanfang, an der Stelle wo die Reifen aufstanden, sogar Risse in der Reifendecke sehen. Zum Aufbocken ohne fremde Hilfe habe ich mir im KFZ-Zubehör für 9,95 EUR einen Rangierwagenheber gekauft. Dreimal anheben, Stein und Hartschaum unterlegen, fertig. Hinweis: In der übrigen Zeit sollte man das Mini El nach 2 Tagen etwas verschieben, damit die Reifen an anderer Stelle aufliegen. Bei der geringen Reifenbreite ist das Auflagegewicht pro cm² wesentlich höher als beim PKW-Reifen. Beim Fahren merkt man den Standplatten durch Zittern des Mini El's. Der reparable Standplatten fährt sich nach ca. 1 Kilometer weg.

Zur Überwinterung kein Frostschutzmittel in den Behälter der Wischanlage einfüllen, die Wasserpumpe mag das nicht. Die Motorabdichtungen werden von der aggressiven Flüssigkeit zerstört und bei Saisonbeginn ist meistens eine neue Wasserpumpe fällig. Damit die Wischanlage nicht einfriert, den dicken Siliconschlauch unten am Wasserbehälter abziehen und kurz die Scheibenwaschanlage betätigen.

Bei dieser Gelegenheit die Antriebswelle leicht mit säurefreiem Fett versehen, um weiteren Rostfraß zu vermeiden.

Beim Erhaltungsladen in der Winterpause lässt die, für diesen Zweck völlig überdimensionierte Trafobox den Stromzähler über Monate kreiseln. Um die Stromkosten in Grenzen zu halten, wird die Steckverbindung Trafobox-Fahrzeug abgezogen und die Plusleitung vom Akku getrennt. Dadurch kann auch der „stromfressende“ DC/DC Wandler die Akkus nicht mehr entladen. Zur Einhaltung der Erhaltungsladespannung reicht dann ein kleines energiesparendes auf 39 V - 39,9 V stabilisiertes Ladegerät mit 0,8 A vollkommen aus.

Auch beim Erhaltungsladen im Winter regelmäßig der Säurestand der Akkus überprüfen und ggfls. mit destilliertem Wasser bis zur oberen Markierung auffüllen.

2.9 Verlängerung der Akkulebensdauer

Den Akku nicht über die vom Hersteller angegebene Ladeschlussspannung aufladen.

Den Akku nicht mit einem höheren Ladestrom laden als vom Hersteller angegeben ist.

Hinweis: Durch eine höhere Ladespannung hat der Akku mehr Leistung, seine vom Hersteller zugesicherten Zyklen (Lebensdauer) nehmen aber ab.

Niemals den Akku mit einem Ladegerät mit I-Kennlinie laden, denn es hat keine Spannungsbegrenzung und lässt den Akku „kochen“.

Nach Möglichkeit nie die Akkus in Serienschaltung laden, wesentlich besser ist das Einzelladen.

Nie den Akku mit einem unregulierten Ladegerät laden. Sie werden an Tankstellen, im KFZ-Zubehör und in Baumärkten für kleines Geld angeboten, es sind „Akkukiller“.

Nie den Akku mit einem ungesiebten Ladegerät laden. Durch den Wechselspannungsanteil (Brummspannung) wird der Akku beim Laden zusätzlich erwärmt.

Ein besonders akkuschonendes Laden ist das Laden nach der I/UoU Kennlinie. I steht für den Ladestrom, U für die Ladeschlussspannung und oU für die Erhaltungsladespannung. Zuerst wird mit einem Ladestrom (I) von 1/10 der Nennkapazität geladen. Wird die Ladeschlussspannung (U) von 2,3 V je Zelle erreicht, dann bestimmt der Akku selbst seinen Ladestrom. Der Ladestrom nimmt kontinuierlich ab. Bei einem Ladestrom von 1/100 bis 1/50 der Nennkapazität ist der Akku voll geladen. Das Ladegerät schaltet dann auf die Erhaltungsladespannung von 2,2 V je Zelle um. Wie gesagt, dieser Ladevorgang ist besonders akkuschonend, aber für ein schnelles Laden beim Mini El weniger geeignet.

Niemals einen teilentladenen Akku ruhen lassen. Der Akku muss nach jeder Fahrt sofort wieder aufgeladen werden, selbst wenn es nur 500 Meter waren.

Niemals einen ruhenden teilentladenen Akku weiter entladen.

Den ruhenden Akku auf die vom Hersteller angegebene Erhaltungsladespannung halten.

Den Akku nie tiefer als 1,75 V je Zelle entladen. Beim 12 V Akku = 10,5 V und beim 36 V Akku = 31,5 V. Es ist bei vorheriger Hochstromentnahme möglich, ich rate aber dringend davon ab.

Niemals den Akku vor dem Laden entladen. Jedes unnötige Entladen verringert seine Zyklen (Lebensdauer).

Den Akku nach Möglichkeit nie bei Temperaturen unter 0° C oder über 40° C lagern und betreiben. Ein entladener Akku kann bei Temperaturen unter 0° C einfrieren.

Nie gute und weniger gute, oder Akkus mit unterschiedlichen Kapazitäten in Serienschaltung betreiben.

Nie Akkus bevorraten, auch wenn es sich um Schnäppchenpreise handelt denen man nur schlecht widerstehen kann. Die Akkus immer erst dann kaufen wenn sie gebraucht werden, es sei denn es sind trocken vorgeladene Nass-Akkus. Trocken vorgeladene Akkus können bei 10 - 20 °C lange Zeit lagern ohne zu altern.

Keine schon mit Säure gefüllten Nass-Akkus kaufen. Ab dem Moment wenn die Säure eingefüllt wird, lebt der Akku und beginnt zu altern. Finger weg von gefüllten Akkus, denn man weiß nie wie alt sie sind und wie oft sie schon aufgeladen wurden. Das beste Beispiel dafür sind die Starterakkus in Baumärkten und im KFZ-Zubehör. Die Akkus werden regelmäßig zum Aufladen ausgetauscht. Nach 8 Wochen stehen die gleichen alten Akkus wieder als fabrikneue Ware im Laden. Die Akkus werden auch dadurch nicht jünger, wenn am Kauftag der Zeitaufkleber entsprechend markiert wird. Das Fertigungszeichen der Akkus beachten, leider ist es oft verschlüsselt. Warum machen die Hersteller das wohl? Das hat schon seinen Grund! Wer Nass-Akkus einsetzt, sollte unbedingt in seinem Beisein die Säure auffüllen lassen, nur dann erhält er wirklich einen neuen Akku. Wichtig ist dabei die absolut gleiche Säuremenge in allen Zellen.

Neue Akkus vor dem Einbau formatieren. Siehe Tipp „Selektieren eines defekten Akkus wenn keine Reichweite erzielt wird“, letzter Absatz.

Beim Nass-Akku regelmäßig den Säurestand prüfen und ggfls. bis zur oberen Markierung mit destilliertem oder entionisiertem Wasser auffüllen. Den entladenen Akku nicht bis zur oberen Markierung auffüllen, erst wenn er aufgeladen ist die restliche Menge Wasser dazugegeben. Niemals Leitungswasser, Sprudelwasser oder Säure nachfüllen.

Beim Akku niemals die Zwangsbelüftungen verschließen.

Die Akkupole und Anschlüsse sind mit säurefreiem Fett wie Vaseline vor Oxidation zu schützen.

Alle Warn- und Gefahrenhinweise auf dem Akku und in der Gebrauchsanweisung des Herstellers sind unbedingt zu beachten. Sie werden nicht grundlos angegeben.

Das war's. Bei Fragen helfe ich gerne weiter, rufen Sie mich an. Tel + Fax 05454-99858. Achtung: Das Fax ist nur betriebsbereit wenn ich auch telefonisch erreichbar bin. Ich habe keinen Internet-Anschluss.

3 Haftungsausschluß

Dieser Bericht, mit allen Schaltungen, Beschreibungen, Hinweisen, Tipps, usw., ist völlig unverbindlich und ohne jegliche Gewähr. Ich mache keine Zusage für eine sichere Funktion und schließe eine Haftung, gleich welcher Art, ausdrücklich aus. Die Schaltungen habe ich nicht unter Beachtung der VDE-, CE- oder den sonstigen zwingend vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Normen entwickelt und getestet. Die Umsetzung der Tipps, den Nachbau, Umbau und die Inbetriebnahme darf nur ein Fachmann unter Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften vornehmen. Er wird mit dem Nachbau/Umbau Ersteller der Anlage, trägt das gesamte Risiko und haftet für sämtliche Schäden und Verluste. Eine gewerbliche Nutzung, auch auszugsweise, untersage ich hiermit ausdrücklich.

Hörstel, April 2004