

## Navigation

Home  
1:8 Brushless RC-Cars  
1:10 RC-Cars  
Berichte  
Brushless Regler  
Elektro Motoren  
Grundlagen  
Tipps und Tricks

[Home](#) > [Brushless Regler](#) >

## Reglerüberlastung beim Bremsen

Übersetzung von der MGM Homepage: <http://mgm-compro.com/index.php?tid=controller-destruction-caused-by-braking-with-motor>

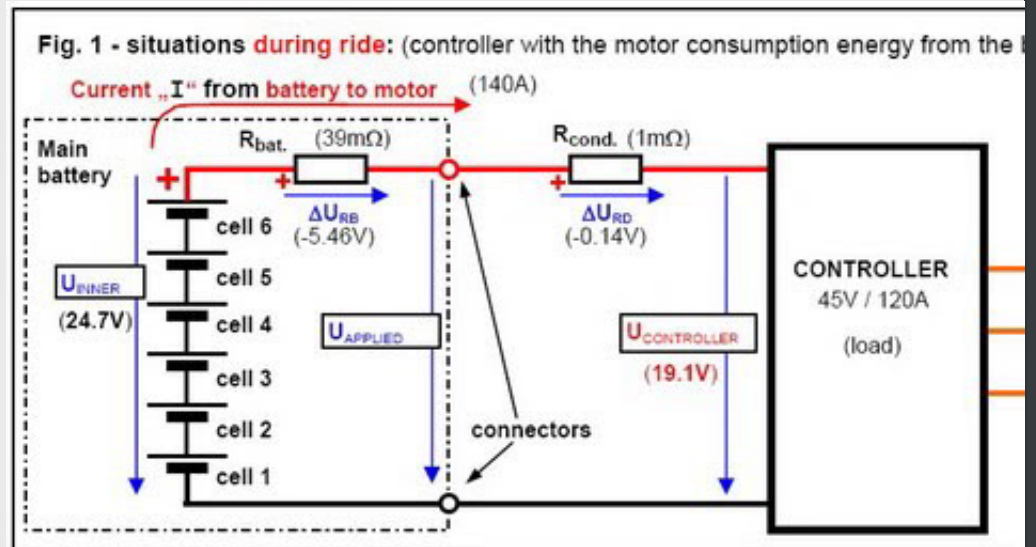
Das Bremsen kann einer der Gründe sein die zu einer Beschädigung oder kompletten Zerstörung des Controllers führen können. Diese Beschädigung ist nicht vergleichbar mit z.B. der Verpolung des Antriebsakkus und deshalb ist es wichtig es im Detail zu erklären. Wenn man sich mit dem Mechanismus auskennt ist es einfacher Probleme zu vermeiden. Das Überleben des Controllers hängt beim Bremsen von einigen Faktoren ab. Das beginnt mit, dem Motor, der Drehzahl, Model und Gewicht, Untersetzung, Qualität und Zustand der Akkus und auch der Kabel und Stecker. Die Bremsstärke ist ebenfalls ausschlaggebend. Das sind alles Punkte die extreme Auswirkungen auf den Controller haben können.

Im Test wurden folgende Akkus verwendet: und die benutzten Motoren waren:

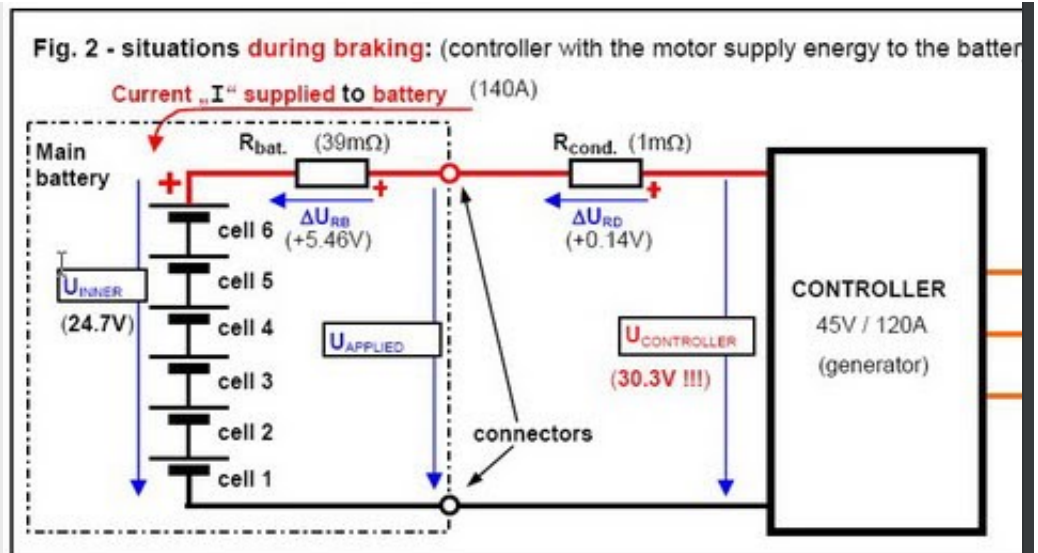
- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| a) Kokam K5000/30C/6s<br><a href="#">100</a> MP JET | a) ACS <a href="#">18/20-</a> |
| b) K4800/20C/6s<br>1521/1D/F                        | b) NEU                        |
| c) another 5Ah battery, not very quality            |                               |

Für den Test wurde ein älterer Typ des TMM12032-3 (120A, 45V) verwendet. Ein vereinfachtes Anschlussschema ist in den folgenden 2 Bildern zu sehen. Zur Verdeutlichung werden Spannung, Strom und Widerstand angezeigt (kurze Anschlüsse, Akku mit sehr kleinem Innenwiderstand, mittlerer Bremsstrom)

In Fig. 1 ist die Situation zu sehen wenn der Motor während des Betriebs, Strom von dem angeschlossenen Akku zieht. Der Strom fließt von dem Akku, mit der Spannung ( $U_{INNER}$ ) durch den Controller, durch den Innenwiderstand des Akkus, der Kabel und der Steckverbindungen ( $R_{battery} + R_{conductor}$ ) in einem Kreislauf. An diesen Widerständen geht Spannung verloren, um welche die Eingangsspannung am Controller ( $U_{CONTROLLER}$ ) geringer ist als die Akkuspannung ( $U_{INNER}$ ). Je größer der Strom und je größer die Widerstände sind um so mehr Spannung geht verloren.

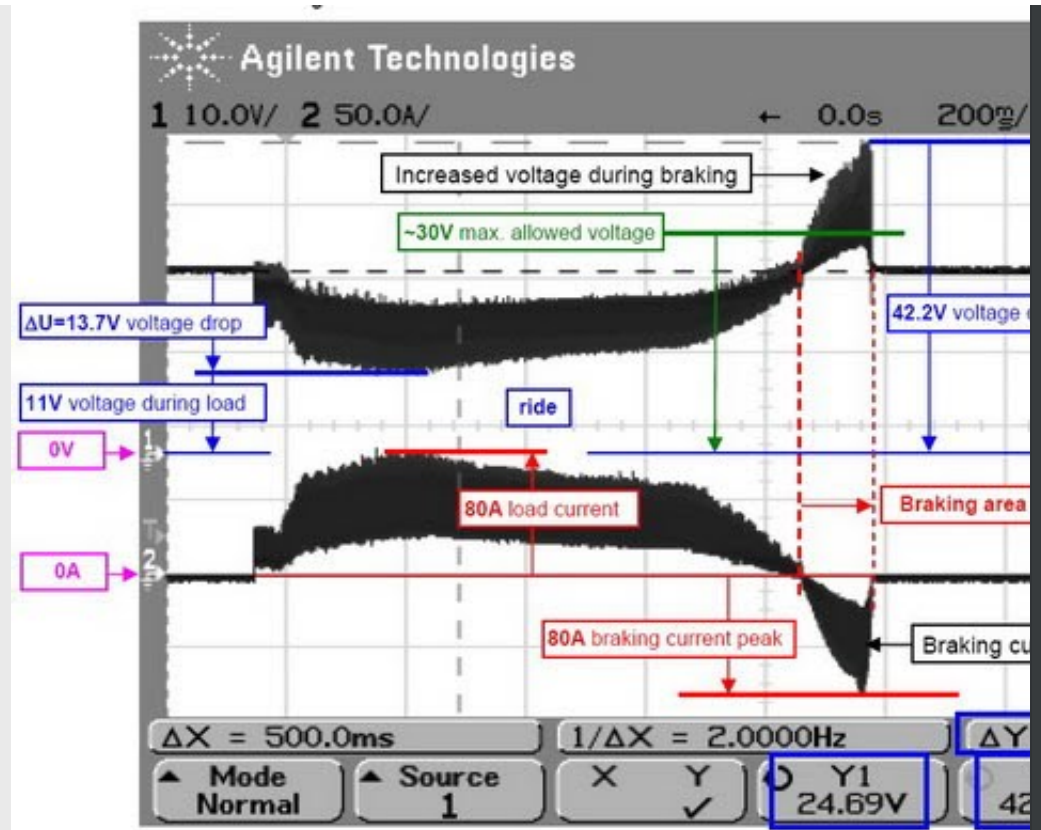


Eine ganz andere Situation beim Bremsen (Fig. 2). In dem Fall verhält sich der Motor zusammen mit dem Controller wie ein Generator und Strom fließt zum Akku. Wieder müssen die Widerstände ( $R_{battery} + R_{conductor}$ ) im Stromkreislauf zusammengezählt werden. Weil die Richtung des Stromflusses jetzt gegenläufig ist, ist ebenfalls der Spannungsabfall über die Widerstände entgegengesetzt und muss zu der Akkuspannung hinzuaddiert werden. Das ist der Grund warum beim Bremsen die Eingangsspannung am Controller steigt. Wenn die Spannung nun erheblich höher ist als der Wert für den die Bauteile des Controller ausgelegt sind tritt leicht eine Beschädigung ein – anscheinend grundlos.



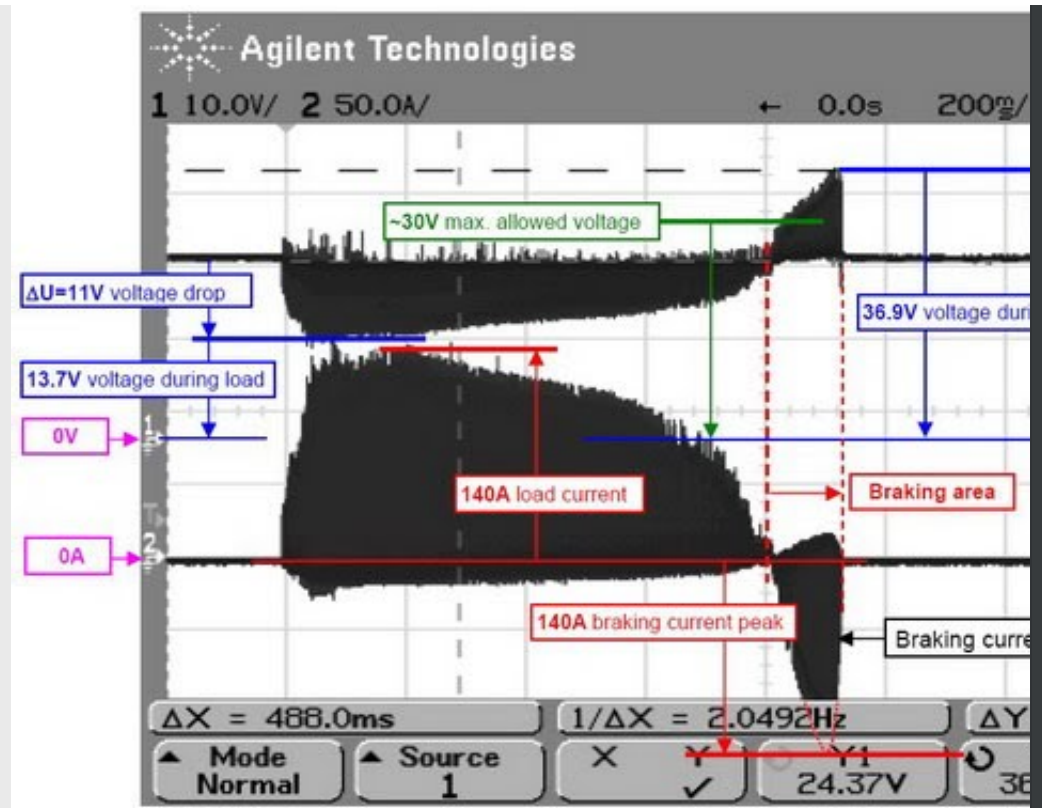
Versuchsaufbau mit folgenden Komponenten und Werten:

- Hochwertige 2 x 3s Lipopacks
- Kabel zwischen den Packs 32cm
- Kabel zum Controller 32cm
- Die Kabel haben den Querschnitt 2,5mm<sup>2</sup> und 4mm<sup>2</sup>
- Der Kabelwiderstand beträgt 4m $\Omega$
- Die 4 Stecker haben zusammen einen Widerstand von 1m $\Omega$
- Der gesamte Widerstand von Akkus, Kabeln und Steckern ist 170 m $\Omega$



Die Situation ist kritisch, wir können sehen, dass die Eingangsspannung am Controller auf 42V gestiegen ist. Wenn ein Controller für 6 Lipos benutzt worden wäre, der maximal 30V aushalten kann, wäre er bei der ersten Bremsung komplett zerstört worden. (Der Spannungsanstieg beträgt 17,5V, bei einem relativ geringen Bremsstrom von nur 80A)

Wenn ein besserer Akku mit nur 80mΩ Innenwiderstand benutzt wird, mit kürzeren Kabeln, ist die Situation zwar besser, aber keineswegs befriedigend. Die Spannung erhöht sich nur um 12,5V wenn beinahe mit dem doppelten Strom von 140A gebremst wird. Trotzdem würde das eine Controller für 6 Lipos nicht überleben. Überflüssig zu sagen, dass wenn wir nicht, oder sanfter bremsen würden keine Probleme auftreten. Die Situation ist in Bild 4 abgebildet.



In beiden Fällen reicht eine einzige intensive Bremsung um den Controller schnell zu beschädigen und das bereits nach wenigen Metern.

Das Paradoxe ist, je besser der Controller ist (mehr Leistungstransistoren und dickeres Kupfer in den Leiterbahnen) um so schlimmer ist die Situation. Der als Generator arbeitende Motor verursacht einen hohen Stromfluss zum Akku. Wegen dem hohen Spannungsabfall am Innenwiderstand des Akkus, der Kabel und der Stecker steigt die Eingangsspannung ( $U_{\text{CONTROLLER}}$ ) am Controller gefährlich an. Das heißt, die Zerstörung des Controllers ist wahrscheinlicher, wenn nicht genug Reserve in der Spannungsdimensionierung ist.

Wie kann das Problem gelöst werden. Es gibt 3 bzw. 4 Möglichkeiten.

- a) Benutze Akkus die einen wirklich geringen Innenwiderstand haben. Es reicht nicht aus wenn der Hersteller die Akkus mit „high Cs“ auszeichnet und sie hohe Ströme liefern können. Zum Beispiel ein Akkupack aus A123

Zellen, welches ohne Beschädigung hohe Ströme liefern kann, hat aber einen sehr hohen Innenwiderstand. Außerdem ist es notwendig, dass die Kabel zwischen den Akkus und dem Controller so kurz wie möglich sind und nur hochwertige Stecker benutzt werden. Damit sind keine 4mm Gold Bananenstecker oder Dean Stecker gemeint, sondern mindestens MP JET 3.5mm, besser noch 5,5 oder 6,0mm Steckverbindungen. Kabel mit einem Querschnitt von mindesten 4mm<sup>2</sup> und qualitative Lötstellen sind Voraussetzungen. Trotzdem, sogar Akkus mit einem kleinen Widerstand, können in Kombination mit sehr leistungsfähigen Motoren und schweren Modellen nicht ausreichen. Auch mit sehr guten Akkus können Spannungen generiert werden die zu hoch für den Controller sind.

b) Benutze Controller für höhere Spannungen als es notwendig erscheint (bei 6 Lipos benutze Controller für 8)

c) Benutze ein „controlled shunt load“ für den Stromfluss bei Teilbremsungen. Zusatzmodul für Controller – in der Entwicklung

d) Bremse vorsichtig – das ist in der Praxis natürlich manchmal schwierig

Die sicherste Methode ist b) aber a) reicht in den meisten Fällen. Die reale Situation in einem Model zu Messen ist mit den normalen Mitteln schwierig, wenn man aber mit einer maximalen Zellenzahl arbeitet (z.B. 5 und 6 Lipos für einen 6 Lipo Controller), ist es sicherer eine Kombination aus a) und b) zu benutzen. Das ist Controller für höhere Spannung und gleichzeitig die besten Akkupacks zu nehmen. Beziehungsweise eine Kombination von a) und c) sofern ein Zusatzmodul, vom seinem Gewicht und Maßen her praktikabel ist.

Anmerkung zu den Kabeln:

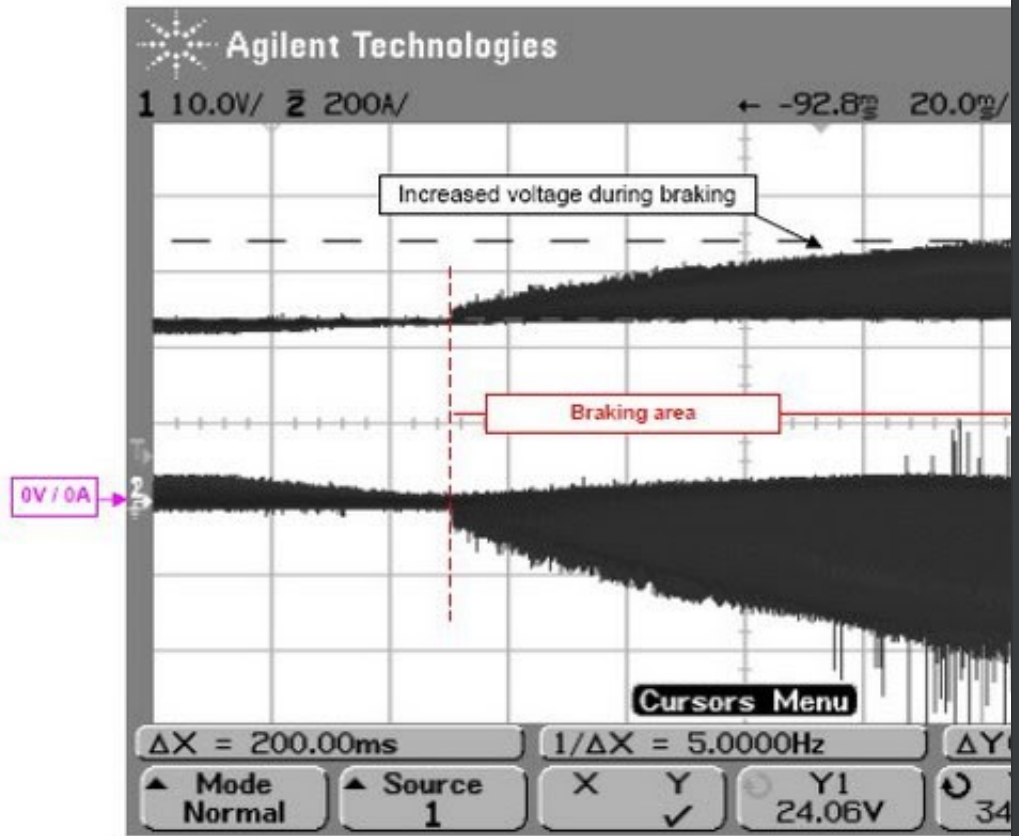
Bitte beachte, dass Kabel mit einem Querschnitt von 4mm<sup>2</sup> und einer Gesamtlänge von 20cm ( 2 x 5 cm an den Akkus und 2 x 5cm am Controller), mit einem Gesamtwiderstand von nur 1mΩ, bei einem Strom von 140A, einen Verlust von 19Watt erzeugen. Wenn man die Länge der Kabel nicht beachtet und z.B. 60cm benutzt steigen die Verluste auf 57Watt. Das ist vergleichbar mit einer 60Watt Glühbirne.

Ein noch größeres Problem als der ohmsche Widerstand, ist bei langen Kabeln ihre Induktivität, welche den induktiven Widerstand bei

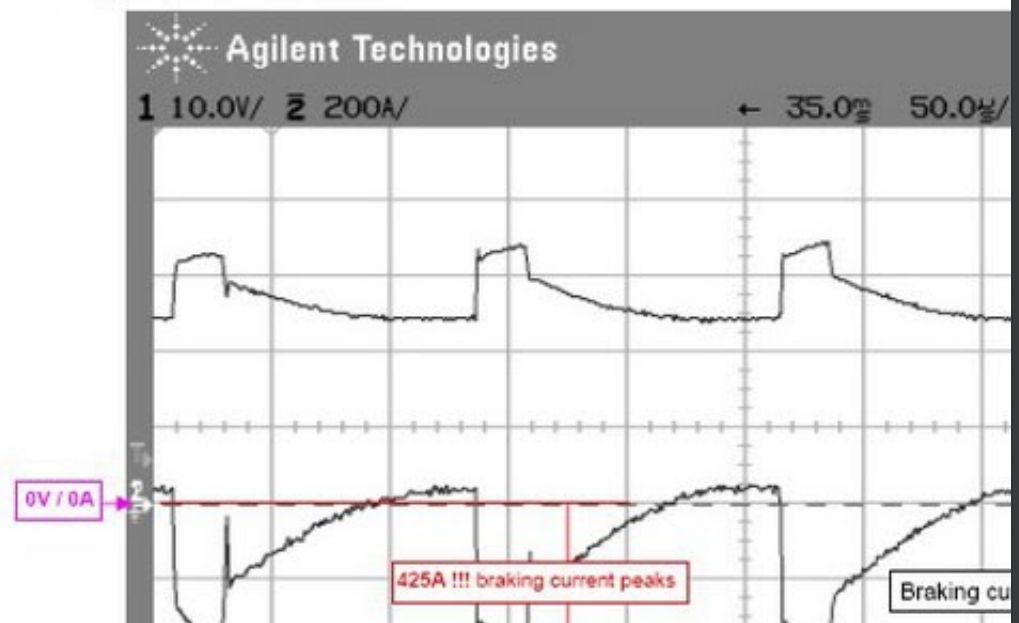
Wechselspannung erhöht und die ganze Situation noch extrem verschlechtert. Das ist der Grund warum ein externen Kondensator als Filter zwischen Akku und Controller notwendig ist.

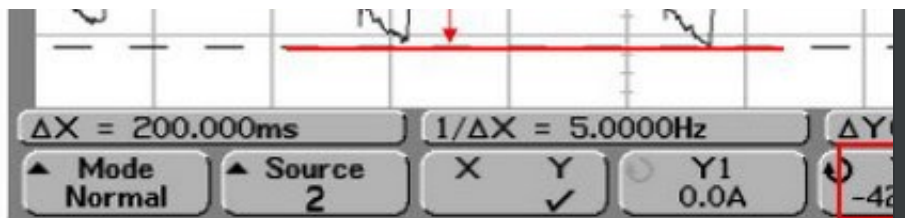
Other examples of braking:

Motor Neu 1521/1D, battery K5000/30C, 6s



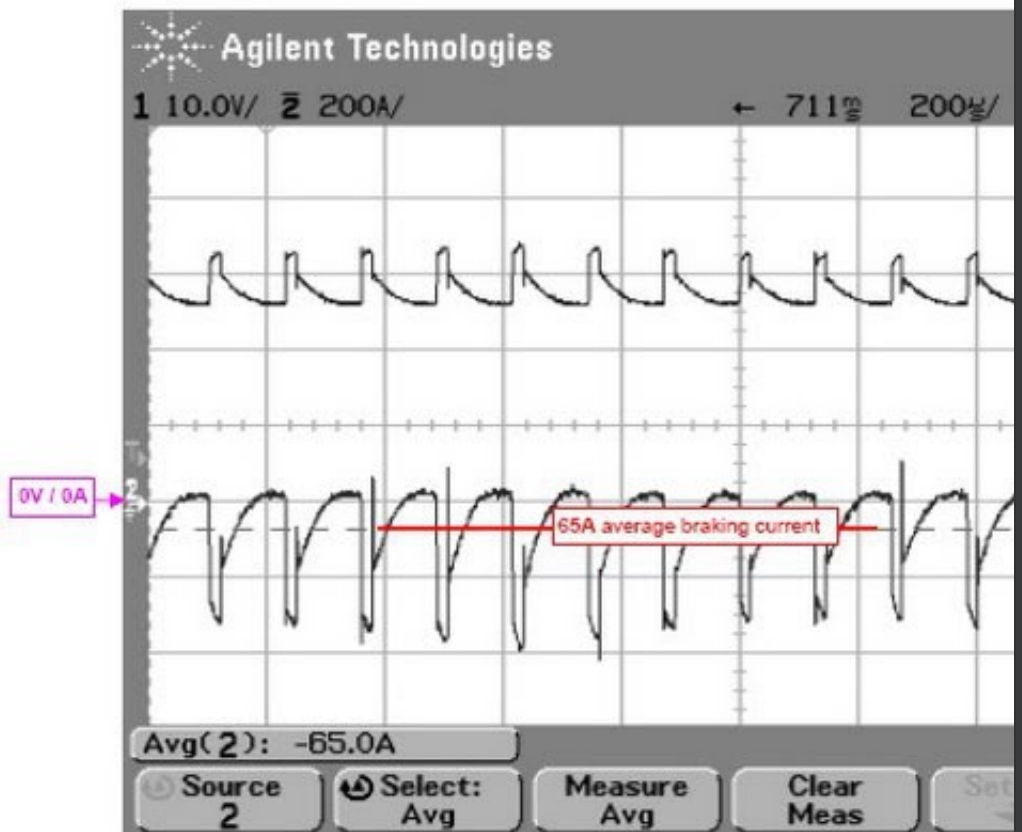
Braking current in peaks – detail:



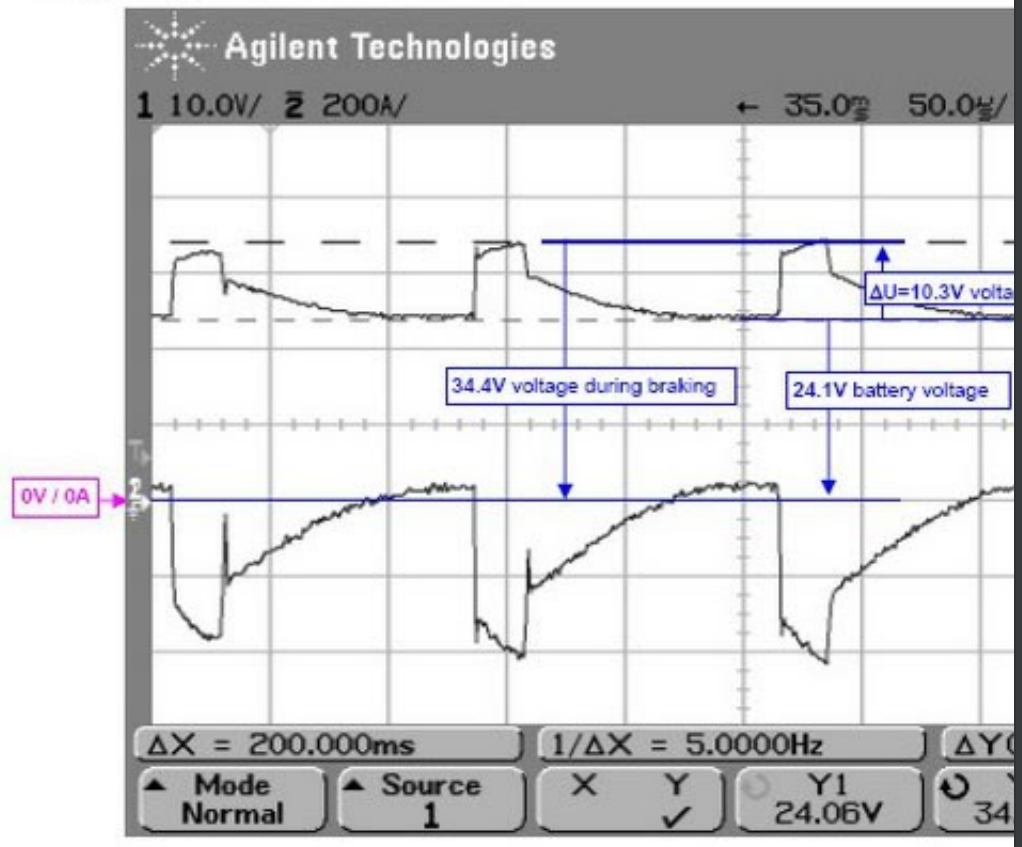




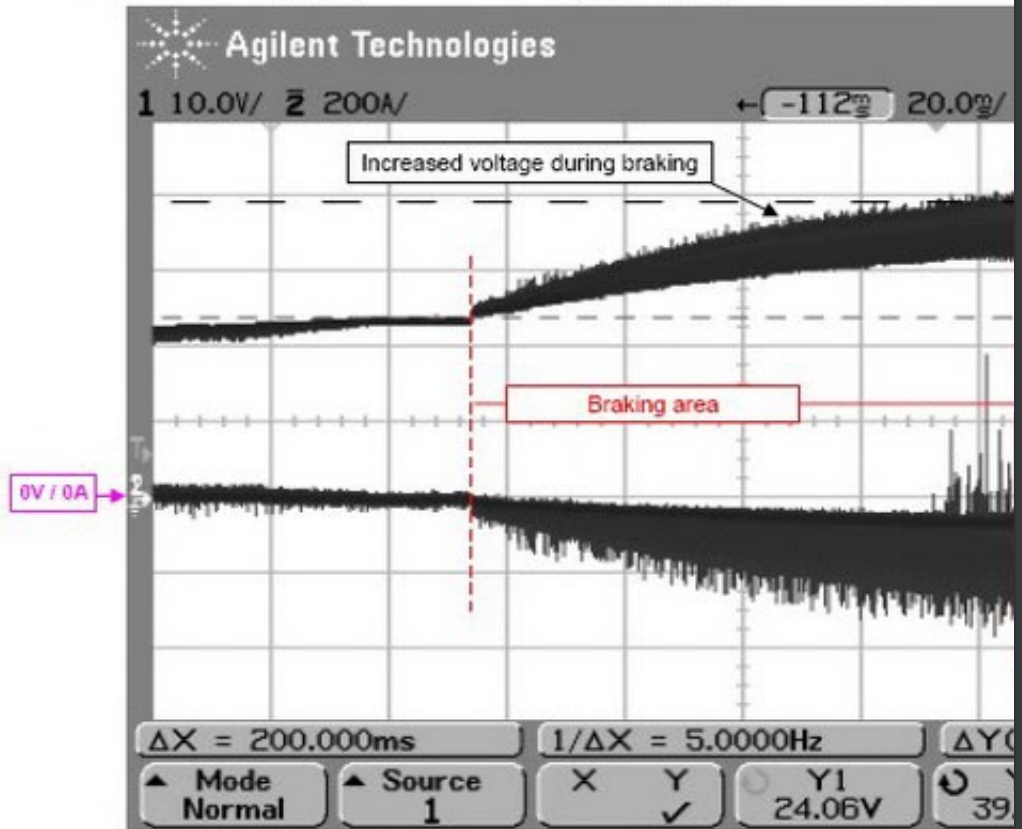
Average braking current:



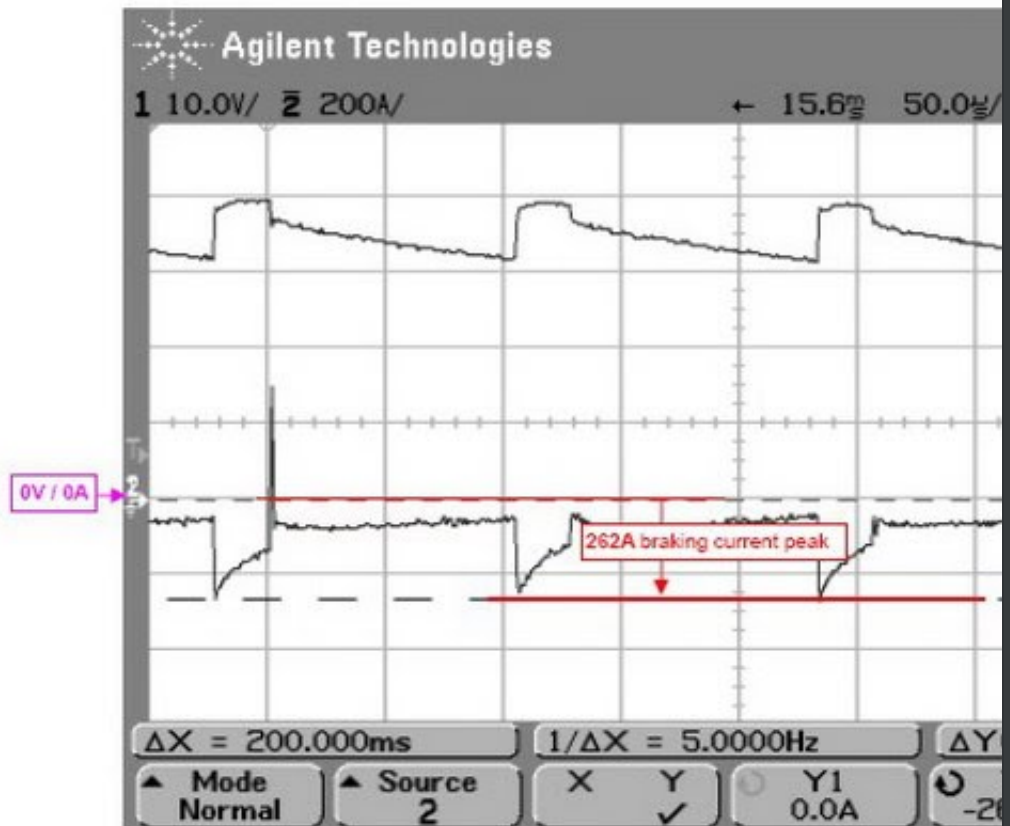
Voltage during braking - detail:



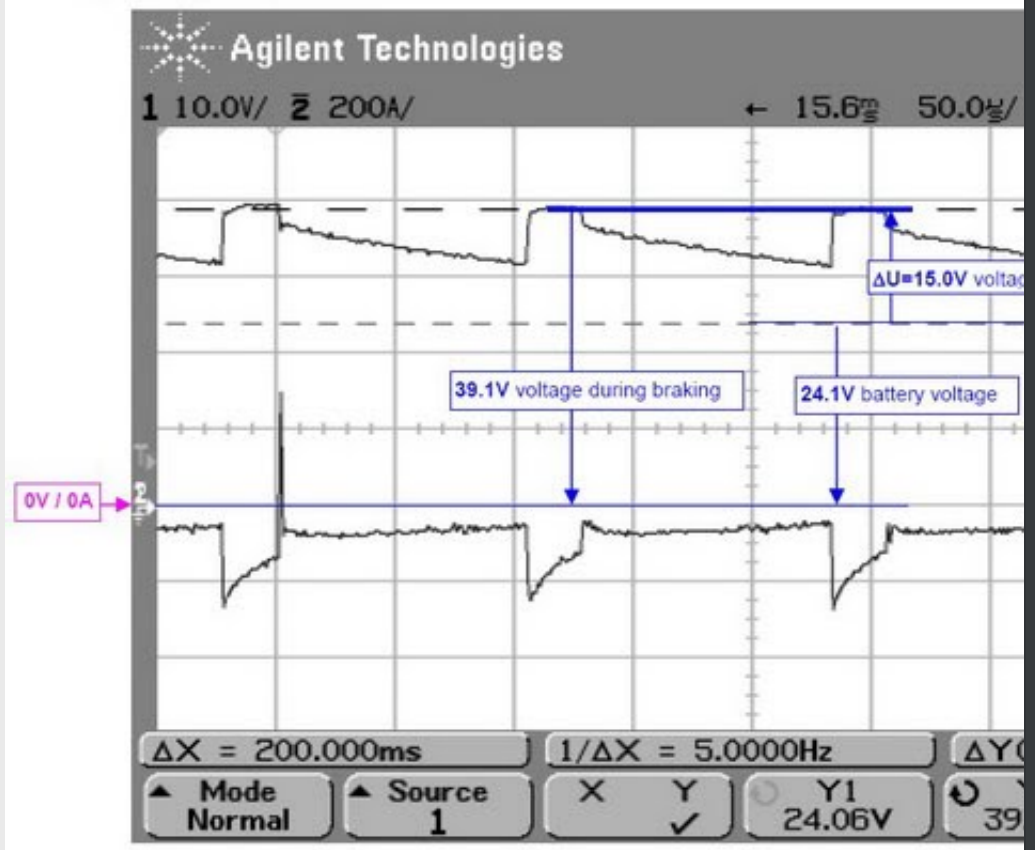
Es ist einleuchtend, dass kraftvolle Motoren beim harten Bremsen, Controller für 6 Zellen extrem gefährden können, sogar mit sehr guten Akkus (Spannungsspitzen von 34,4V). Ein Weg um das zu vermeiden wäre die Benutzung von 6S/2P Packs um den Innenwiderstand der Akkus zu senken, oder einen Controller für höhere Spannungen zu benutzen, oder eine Kombination von beidem.



Braking current in peaks - detail



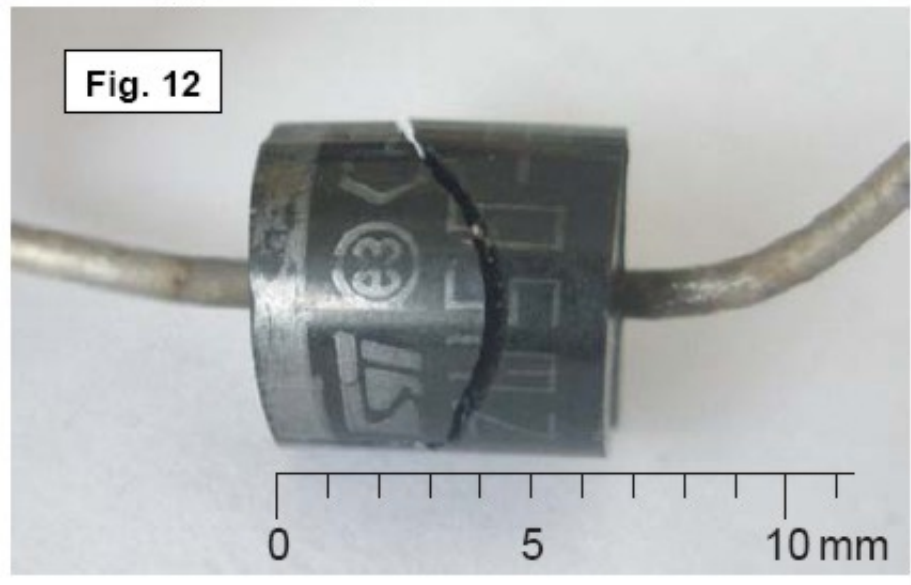
Voltage during braking - detail.



Dieser Akku kann nicht zusammen mit dem Motor benutzt werden.

Die Spannung steigt bis auf 39V beim Bremsen. Das würde sofort zu einer Zerstörung eines 6 Zellen Controllers führen, Controller für 8 Zellen wären am Limit.

Nach dem Anschluss von 2 BZW50-22 TRANSIL Dioden parallel zum Controller (das sind 2 x 5000W und 2 x 127A, bis zu 1177A) und einer Bremsung, brannten beide Dioden und beide hatten einen Kurzschluss. Gefolgt wurde das von einem entlöteten Kabel bei der Überhitzung durch den extremen Strom. Zum Glück ist dem Akku nichts passiert. Der Controller konnte durch den Kurzschluss der Dioden überleben. Offensichtlich können Maßnahmen dieser Art nicht vor der Überspannung beim Bremsen schützen.



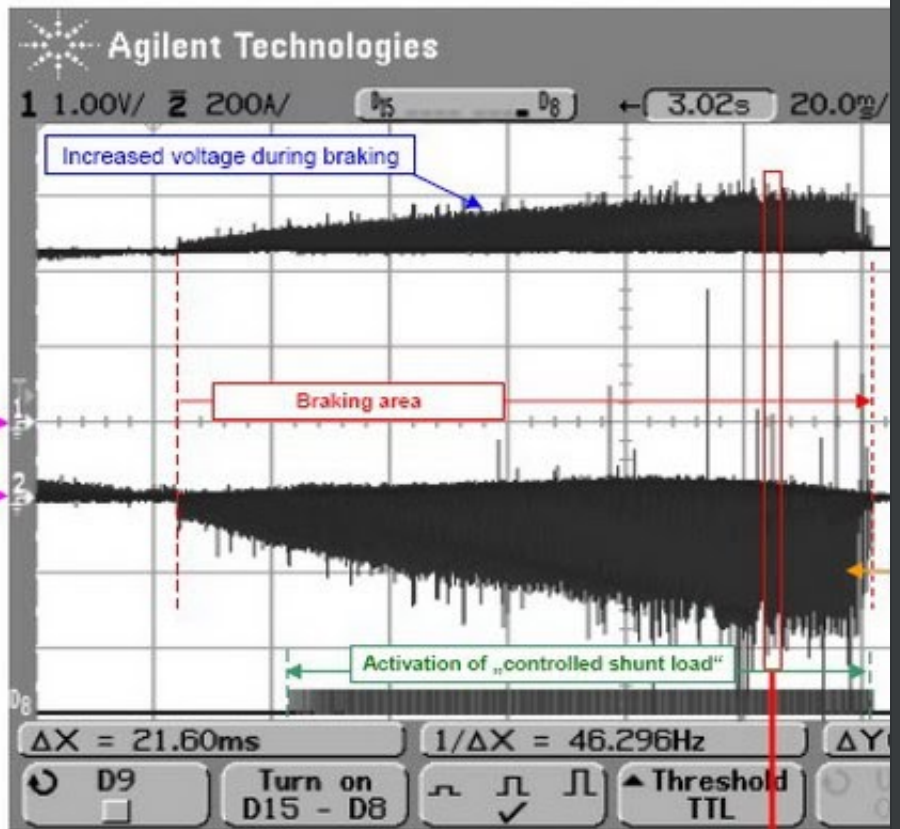
### Situationsanalyse

Es ist nicht möglich, Bauteile wie die TRANSIL zu benutzen um die Spannungsspitzen beim Bremsen zu reduzieren, wenn ein schlechter Akku benutzt wird – die Energie in dem Prozess ist zu hoch.

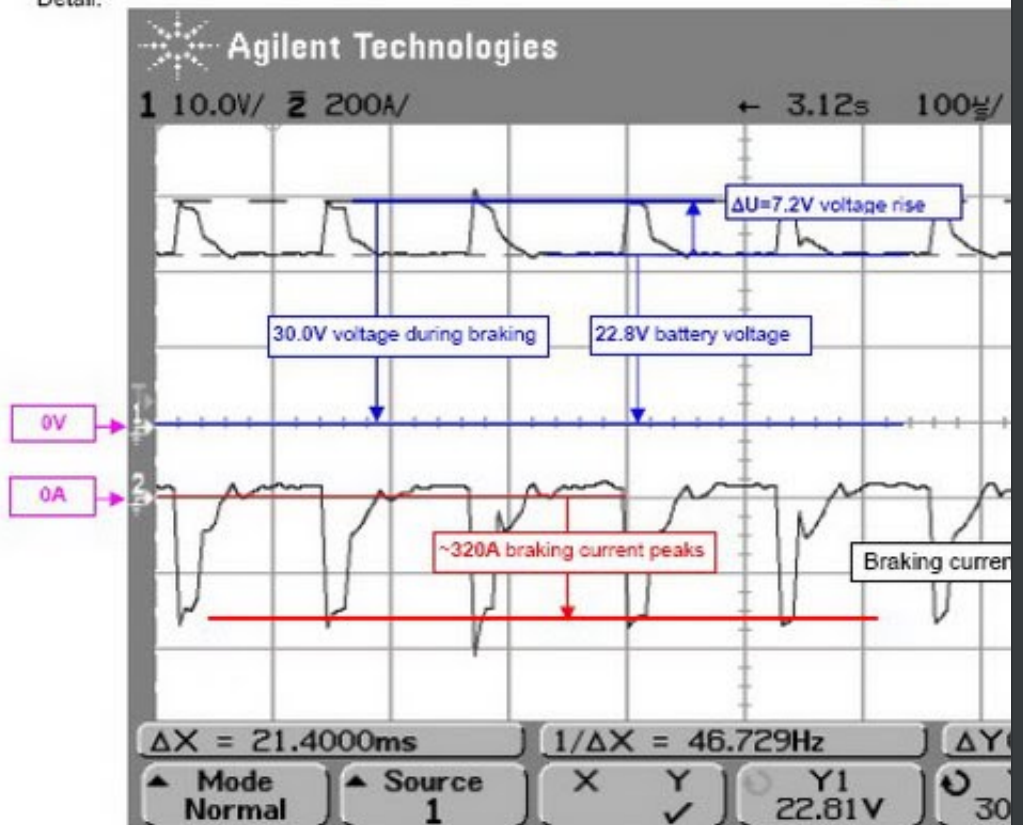
Deshalb ist es notwendig akkus mit geringem Innenwiderstand zu benutzen, die Kabel mit dem größten Querschnitt und der kürzesten Länge, qualitative und gut dimensionierte Stecker auch die Controllerspannung zu überdimensionieren, besonders wenn zu erwarten ist, dass er an seinem Spannungslimit arbeiten muss.

Das erklärte Phänomen während des bremsen basiert auf physikalischen Prinzipien und der Controller kann es nicht signifikant beeinflussen. Deshalb ist es notwendig es zu respektieren und die Dimensionierung des Controllers daraufhin abzustimmen.

Die nächste Möglichkeit ist den „controlled shunt load“ zu benutzen – punkt c)



Detail:



Das ist die gleiche Situation wie in Bild 4 und 5

Der Bremsstrom sinkt von 425A Auf 320A. Der Spannungsanstieg verringert sich von 10,3V auf 7,2V. Das Zusatzmodul ist auf 30V eingestellt und der Strom beträgt ca 100A. Der Betrieb erfolgt an einem 200A Modul.

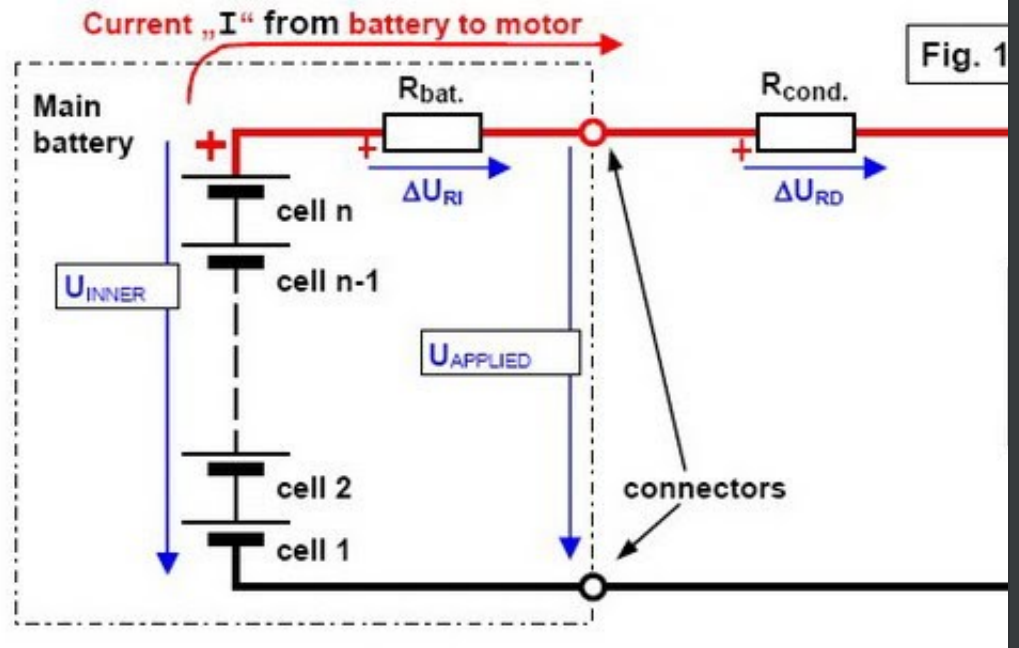
## Appendix

Um wenigstens einen Anhaltspunkt über die Akkus zu bekommen, kann man auch zuhause eine einfache Messung durchführen. Der Widerstand der Kabel und Stecker wird dabei nicht berücksichtigt.

- 1) Messung der Akkuspannung an den Anschlüssen ohne Belastung – dabei wird ( $U_{INNER}$ ) ermittelt.
- 2) Den Leistungswiderstand an den Akku anschließen und die Spannung ( $U_{APPLIED}$ ) messen, zur gleichen Zeit auch den Stromfluss des Akkus. Dabei zügig vorgehen denn der Widerstand wird sich aufgrund der Überlastung sehr schnell erwärmen. Wenige Sekunden reichen bereits für die Messung.
- 3) Den Innenwiderstand des Akkus bestimmen  **$R_{bat.} = (U_{INNER} - U_{APPLIED}) / I$**

Zum Beispiel, wenn ein 100mΩ Widerstand benutzt wird, ist der Strom an einem 6 Zellen Akku zwischen 80 und 150A. Das genügt für die Messung. Ein solcher Widerstand kann einfach hergestellt werden aus 10 parallel geschalteten 1Ω/10W Widerständen, wie sie in jedem Elektronikgeschäft erhältlich sind.

Am besten ist es den Strom mit einem Zangenamperemeter zu messen, die Spannung kann mit einem gewöhnlichem Voltmeter erfasst werden.



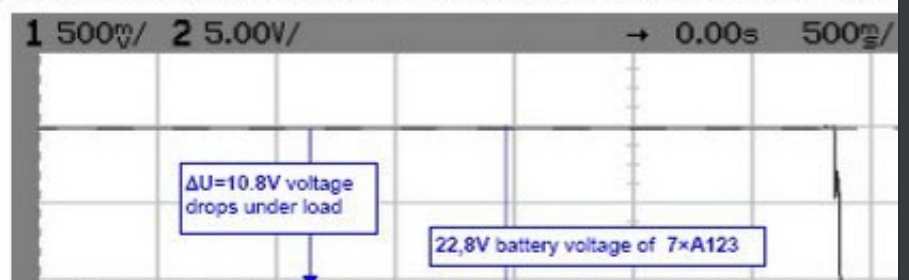
Der Innenwiderstand gibt keine vollständige Auskunft über das Impuls Kurzschlussverhalten, aber er kann als guter Anhaltspunkt benutzt werden um Akkus miteinander zu vergleichen. Meisten Spielen die chemischen Reaktion innerhalb der Zellen eine Rolle. Ein weiteres störendes Teil sind die Filterkondensatoren, welche während des Bremsvorganges einen Teil der Energie absorbieren.

$R_{bat.}$  = Innenwiderstand des Akkus

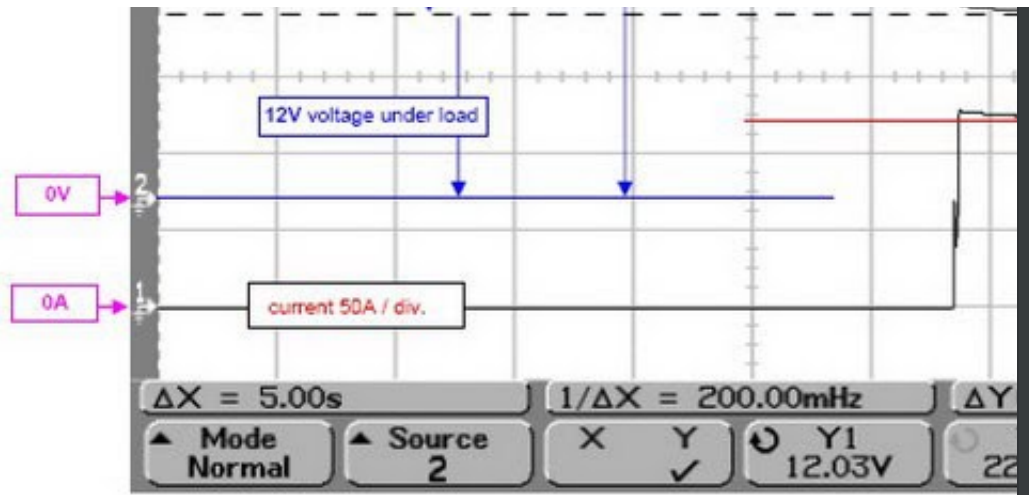
In den nächsten Bildern ist zu sehen wie der Innenwiderstand der Akkus mit dieser Methode bestimmt wurde. Damit das Ergebnis besser erkennbar ist wurde eine Oszilloskop zur Aufzeichnung benutzt.

Examples with batteries with different inner resistances:

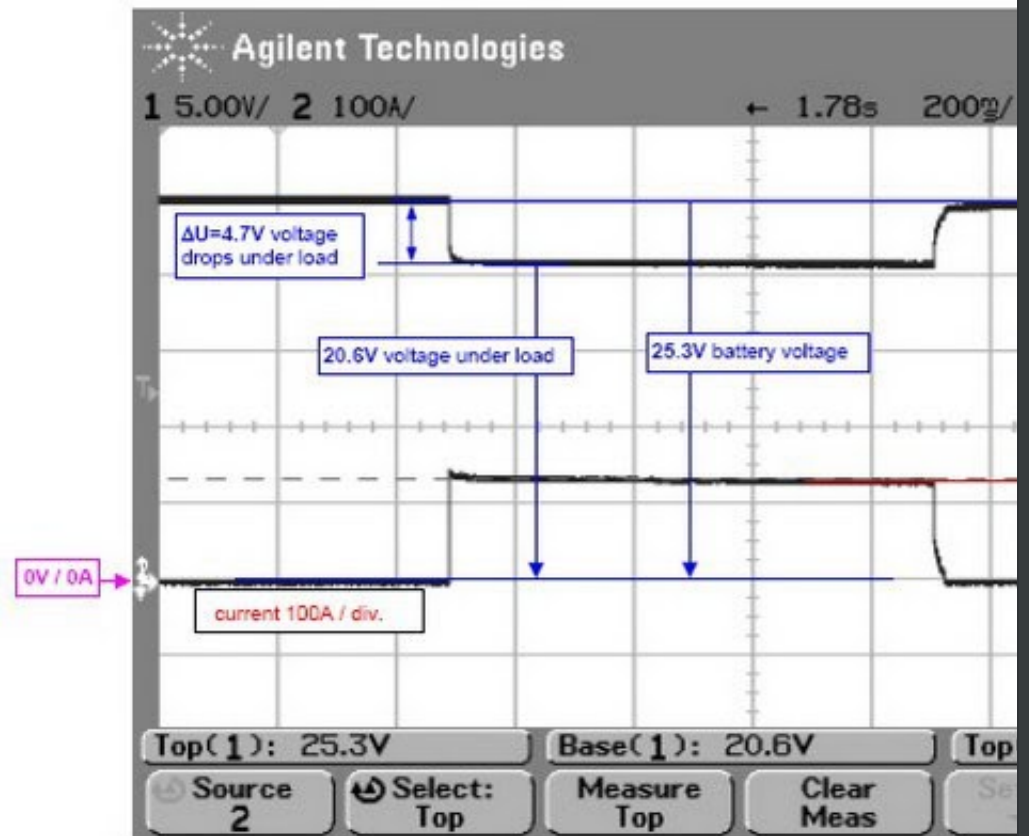
Battery A123, 2.3Ah, 7s, i.e. battery with 23V (3.3V/cell), total inner resistance  $R_{inner} = 90\text{ m}\Omega$



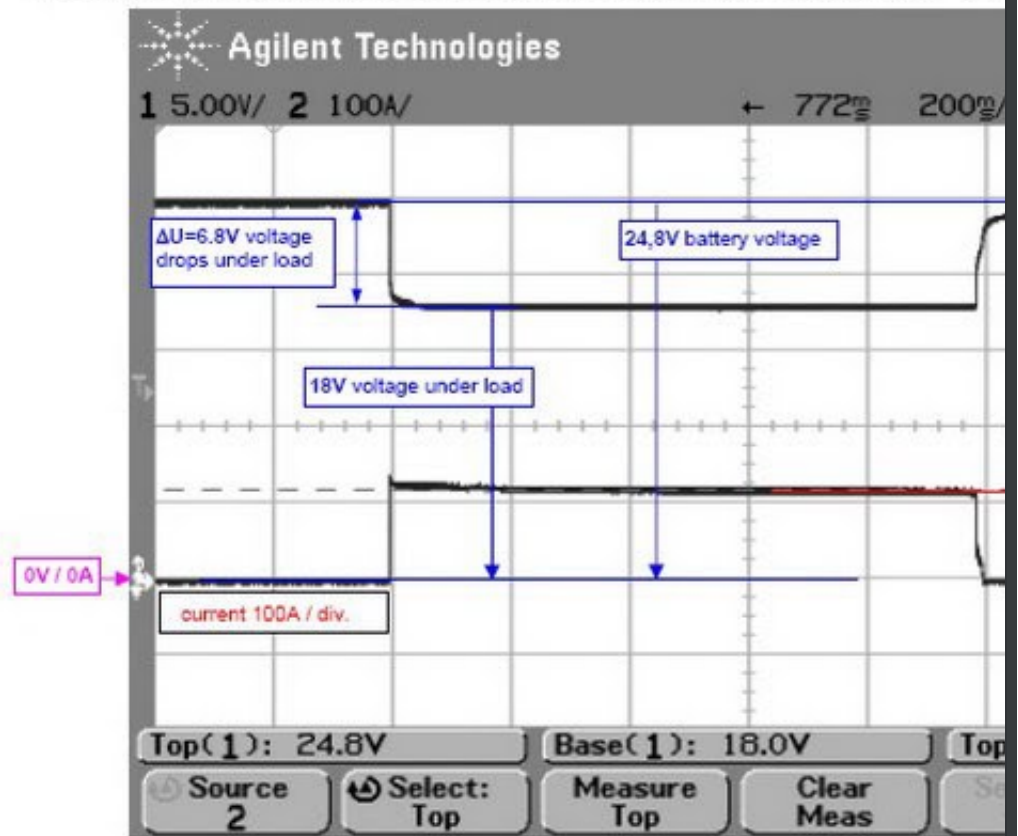




Kokam 5000 mAh/30C, 6s, i.e. battery with 22V (3.7V/cell), total inner resistance  $R_{inner} = 34\text{ m}\Omega$



Kokam 4800 mAh/20C, 6s, i.e. battery with 22V (3.7V/cell), total inner resistance  $R_{inner} = 56 \text{ m}\Omega$



Noname Lipol battery 5000 mAh, 6s, i.e. battery with 22V (3.7V/cell), total inner resistance  $R_{inner} = 56 \text{ m}\Omega$

