

# Verfahren zur Strombegrenzung am Gleis mit ALAN (ab Version 1.2.8)

## Inhaltsverzeichnis

Die Ausgangslage .....	2
Ursache .....	2
Lösungsmöglichkeiten .....	2
Vor- und Nachteile .....	2
Bekanntes Phänomen .....	3
Die verschiedenen »Sicherungen« in ALAN .....	3
Netzteile .....	3
BASEs .....	3
BRICKs .....	3
Einstellmöglichkeiten in ALAN .....	4
Schematische Darstellung der Wirkungsweise der Strombegrenzung .....	4
$I_{\max}$ .....	4
$I_{\text{Limit}}$ .....	4
$I_{\text{Reset}}$ .....	4
$t_1$ .....	4
$t_2$ .....	5
$f$ .....	5
Risiken bei zu hoch eingestellten STROM-Grenzwerten .....	5
Grenzen der Hardware .....	5
Standardwerte STROM je nach Spurweite und verwendeter BRIDGE .....	5
Standardwert PWM-Frequenz .....	5
Besonderheiten beim Einsatz von BRIDGE-04M .....	5
Einstellbare Werte PWM-FREQUENZ .....	6
Einstellbare Werte STROM $I_{\text{Limit}}$ .....	6
Strommessung mit Multimeter .....	6
Tipps und Hinweise .....	6
Kontextsensitive Benutzer-Oberfläche .....	7

## Die Ausgangslage

Neuere analoge Lokomotiv-Modelle verschiedener Hersteller besitzen Entstör-Komponenten, die aus Kondensatoren und teils auch Spulen bestehen. Hauptzweck dieser Bauteile ist das Ausfiltern von Störspitzen in der (analogen) Gleichspannung, also der Filterung von kurzen Störimpulsen, wie sie beim Betrieb von Elektro-Motoren typischerweise auftreten.

Wird, wie bei ALAN, die Ansteuerung der Motoren mit einer PWM (Pulsweitenmodulation) vorgenommen, so werden diese Entstör-Komponenten mitunter auch dadurch bereits »leitend«, was sich durch einen erhöhten Stromverbrauch bemerkbar macht. ALAN schaltet dann evtl. den BRICK wegen ungewöhnlich hoher Stromaufnahme ab.

## Ursache

Die Entstör-Komponenten sind darauf ausgelegt, relativ kurze Impulse dadurch zu unterdrücken, dass sie (durch einen Kondensator parallel zum Motor aber auch der Spannungsquelle) quasi kurzgeschlossen werden. Sie unterscheiden dabei oft nicht, ob die Störung tatsächlich durch den Lok-Motor verursacht wird oder von der eigentlichen Spannungsquelle (in Form eines Rechteck-Signals, PWM) herrührt.

## Lösungsmöglichkeiten

Die erhöhte Stromaufnahme tritt teils nur beim Anfahren auf, teils aber auch nur bei bestimmten PWM-Frequenzen bzw. Störimpulsen bestimmter Dauer.

Daher gibt es generell 3 Ansatzpunkte, dieses Problem zu umgehen:

- Verwendung einer echten Gleichspannung  
Hier gibt es jedoch 2 wesentliche Nachteile:
  - a) Das Anfahrverhalten aus dem Stand ist problematisch und
  - b) eine Gleichspannungsregelung würde zu einer wesentlich höheren Verlustleistung in den Regelungsbaugruppen (BRICK-M bzw. BRICK-H) und damit zu einer sehr starken Erwärmung führen. Die in den BRICKs verbaute Hardware sieht daher eine solche Möglichkeit generell nicht vor.
- Tolerierung eines hohen Anfangsstroms über eine gewisse Zeit  
Dadurch wird eine kurzzeitige Überschreitung des zulässigen Dauerstroms ermöglicht, gleichzeitig aber nach einer gewissen Zeit ein immer noch zu hoher Strom (Kurzschluss) verhindert.
- Änderung der PWM-Frequenz  
Hierdurch kann eine abweichende (geringere) PWM-Frequenz gewählt werden, wodurch die Entstör-Komponenten hinsichtlich der Spannungsquelle keine Wirkung mehr entfalten.

## Vor- und Nachteile

Die Verwendung einer (echten) Gleichspannung ist in ALAN nicht vorgesehen und würde generell große Kühlkörper und damit auch deutlich größere Baugruppen erfordern (siehe oben).

Wird ein anfänglich höherer Strom toleriert, so ist die Erkennung von Überströmen entsprechend verzögert. Dadurch wird bei einem »unechten« Kurzschluss (z.B. bei einem entgleisten Fahrzeug) eine gewisse Zeit ein atypisch hoher Strom abgegeben, dann jedoch die Spannungsquelle abgeschaltet. Dadurch wird das Risiko minimiert, dass sich nach Entgleisungen die Radsätze stark erwärmen und umgebende Kunststoffteile schmelzen.

Wird die PWM-Frequenz (Standard: 25 kHz) verringert, kann dadurch ein durch die Entstör-Komponenten verursachter Überstrom von vornherein verhindert werden, weil sie nicht aktiv werden. Der wesentliche Nachteil ist jedoch, dass niedrigere Frequenzen hörbar sind und einige Loks bei sehr

niedrigen Frequenzen bei langsamer Fahrt zum seitlichen Schaukeln neigen. Zusätzlich ist bei PWM-Frequenzen von 50 Hz und weniger ein Flackern der LED-Beleuchtungen wahrnehmbar.

Es gibt also nicht DIE Lösung. Mit einer Kombination der Lösungsmöglichkeiten lassen sich aber auch problematische Lokomotiven fahren.

### Bekanntes Phänomen

Es sei erwähnt, dass das Phänomen insgesamt bei eher geringwertigen Motoren und/oder bei ungünstig dimensionierten Entstör-Komponenten auftritt. Manche Hersteller weisen auch ausdrücklich darauf hin, dass die Entstör-Komponenten entfernt werden dürfen. Die Komponenten sitzen meist auf der sog. »Blind-Platine«, die statt eines Digital-Decoders eingebaut ist. Ist kein Decoder nachrüstbar, dann ist oft ein Entstör-Kondensator parallel zu den Motor-Anschlüssen geschaltet – entweder am Motor selbst oder in der Zuleitung dorthin.

Hinweis: Die Problematik ist mit derjenigen vergleichbar, die man von den Entstör-Komponenten in Anschlussgleisen bzw. -kabeln bei der Digitalsteuerung kennt.

Liegt kein anderes Problem vor, dann kann vorzugsweise der Kondensator entfernt werden. Es genügt, nur eines der Anschlussbeine zu unterbrechen. Prüfen Sie aber unbedingt, ob dies nicht die Gewährleistung negativ beeinflusst. Im Zweifel sollten Sie vorher den Hersteller der Lokomotive kontaktieren.

Nur falls der Hersteller eine solche Änderung nicht zulässt oder Sie selbst eine solche Veränderung nicht vornehmen wollen oder können, dann sollten Sie die Umgehung mit den in ALAN ab Version 1.2.8 verfügbaren Möglichkeiten in Betracht ziehen. Hierzu die nun folgende Beschreibung.

### Die verschiedenen »Sicherungen« in ALAN

#### Netzteile

Die Netzteile besitzen elektronische Sicherungen gegen Überstrom, Kurzschluss und Übertemperatur. Sie sichern nur gegen Überlast im Rahmen ihrer Gesamt-Spezifikation (übergreifend).

#### BASEs

Die Grundplatten sichern jeweils den gesamten Strom (nur) für das über sie getriebene Zubehör und einige interne Komponenten ab. Sie besitzen im Wesentlichen eine Strombegrenzung.

#### BRICKs

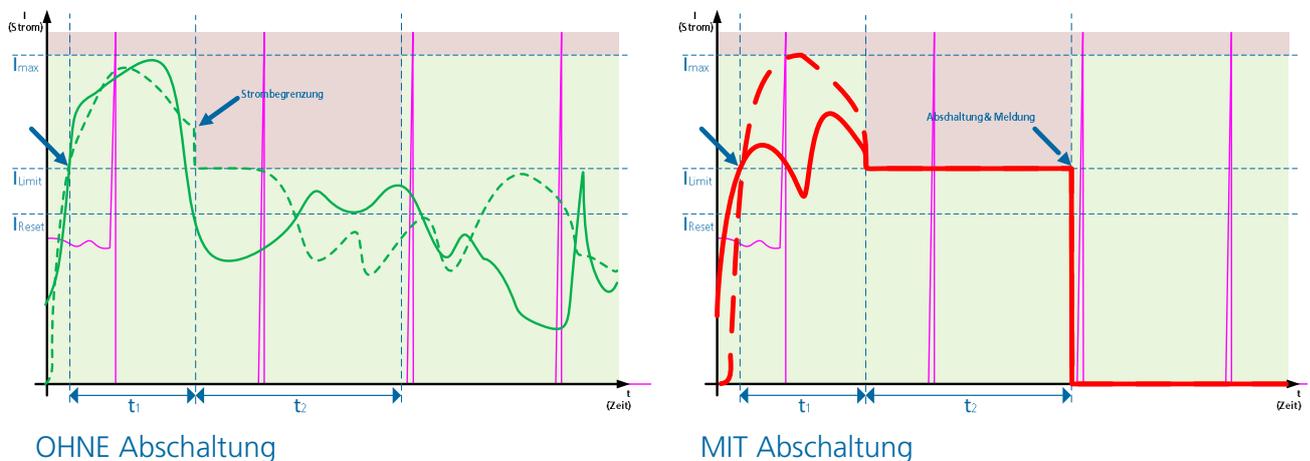
Die Bausteine besitzen jeweils selbststrückstellende Sicherungen gegen dauerhaften Überstrom bzw. auch gegen zu hohe Temperatur (PTC).

Ferner ist eine Strombegrenzung eingebaut, die den Strom in wenigen tausendstel Sekunden auf einen vorgegebenen Wert begrenzt (und die bei dem hier beschriebenen Verfahren im Wesentlichen beeinflusst wird).

Daneben besitzen die Leistungs-Treiber einen Übertemperatur- und einen sehr schnellen Kurzschluss-Schutz. Dieser Schutz kann nicht umgangen werden und greift in wenigen Millionstel Sekunden ein. Dieser Schutz reaktiviert sich etwa im Sekundentakt ggf. selbst (durch erneuten Test und ggf. erneute Abschaltung).

## Einstellmöglichkeiten in ALAN

### Schematische Darstellung der Wirkungsweise der Strombegrenzung



Grüne Linien: Keine Abschaltung durch »Überstrom«, nur Strombegrenzung (falls erforderlich).

Rote Linien: Abschaltung mit Meldung »Überstrom«.

Lila Linie: »Harter Kurzschluss« (großer Leitungsquerschnitt, Hardwareerschutz greift)

$I_{max}$

Der Strom, der entsprechend der Hardware-Spezifikation maximal bereitgestellt werden kann (je nach BRICK-Typ).

$I_{Limit}$

Einstellbarer Grenzwert der zulässigen Dauer-Stromaufnahme. Wird dieser Grenzwert überschritten, dann startet die Zeit  $t_1$ . Bis zum Ablauf von  $t_1$  wird noch  $I_{max}$  ausgegeben, danach  $I_{Limit}$ .

Einstellbare Werte:

Baugröße (Spurweite)	$I_{Limit}$ [A] BRICK-M	$I_{Limit}$ [A] BRICK-H
Z	<b>0,25 A</b> , 0,5 A, 0,75 A, 1,0 A, MAX (1,2 A)	<b>1,5 A</b> , 2,0 A, 2,5 A, 3,0 A, 3,5 A, 4,0 A, MAX (4,0 A)
N	0,25 A, <b>0,5 A</b> , 0,75 A, 1,0 A, MAX (1,2 A)	<b>1,5 A</b> , 2,0 A, 2,5 A, 3,0 A, 3,5 A, 4,0 A, MAX (4,0 A)
TT	0,25 A, 0,5 A, <b>0,75 A</b> , 1,0 A, MAX (1,2 A)	<b>1,5 A</b> , 2,0 A, 2,5 A, 3,0 A, 3,5 A, 4,0 A, MAX (4,0 A)
H0	0,25 A, 0,5 A, 0,75 A, 1,0 A, MAX ( <b>1,2 A</b> )	<b>1,5 A</b> , 2,0 A, 2,5 A, 3,0 A, 3,5 A, 4,0 A, MAX (5,2 A)
0		1,5 A, 2,0 A, 2,5 A, <b>3,0 A</b> , 3,5 A, 4,0 A, MAX (5,2 A)
1		1,5 A, 2,0 A, 2,5 A, 3,0 A, 3,5 A, 4,0 A, MAX ( <b>5,2 A</b> )
G		1,5 A, 2,0 A, 2,5 A, 3,0 A, 3,5 A, 4,0 A, MAX ( <b>5,2 A</b> )

Die **fettgedruckten** Werte sind die Standardwerte der jeweiligen Spurweite.

Die jeweiligen Maximalwerte des BRICK-H stehen nur sehr kurz (deutlich unter 0,5 Sekunden) zur Verfügung – unabhängig von der Einstellung von  $I_{max}$  (Hardware-Grenze).

$I_{Reset}$

$I_{Reset}$  wird aus  $I_{Limit}$  errechnet und entspricht 90% von  $I_{Limit}$ . Wird diese Schwelle erreicht bzw. unterschritten, so wird die Begrenzung des Stroms wieder zurückgesetzt und der Ablauf der Überwachung beginnt von Neuem.

$t_1$

Die Zeitdauer, ab der Überstrom »erstmal« erkannt wurde und für die eine Stromaufnahme von  $I_{max}$  toleriert wird. Überstrom wird erkannt, sobald die Stromaufnahme den Wert  $I_{Limit}$  (auch kurzzeitig) überschreitet.

Nach Ablauf von  $t_1$  setzt die Strombegrenzung auf  $I_{\text{Limit}}$  ein und es beginnt die Zeitdauer  $t_2$  zu laufen. Die Überstromsituation wird zurückgesetzt, sobald  $I_{\text{Reset}}$  wieder unterschritten wird.

Der Standardwert der Zeitdauer  $t_1$  ist bei allen Spurweiten auf 5 Sekunden eingestellt.

$t_2$

Die Zeitdauer  $t_2$  beginnt, sobald  $t_1$  abgelaufen ist und weiterhin eine Überstrom-Situation zwischen  $I_{\text{Limit}}$  und  $I_{\text{Reset}}$  vorliegt.

Ist die Zeitdauer  $t_2$  abgelaufen und liegt die Überstromsituation weiterhin vor, dann wird der Ausgang des BRICK abgeschaltet und eine Meldung an der Benutzer-Oberfläche angezeigt. Per Schaltfläche kann dann der BRICK auch wieder eingeschaltet werden (z.B. nachdem das Problem behoben wurde). Der Ablauf beginnt dann wieder von vorn.

Der Standardwert der Zeitdauer  $t_2$  ist bei allen Spurweiten auf 5 Sekunden eingestellt.

f

Die PWM-Frequenzen können auf 20, 50, 100, 1.000, 5.000, 10.000 und 25.000 Hz eingestellt werden. Der Standardwert ist weiterhin 25 kHz.

#### Risiken bei zu hoch eingestellten STROM-Grenzwerten

Werden die Grenzwerte zu hoch eingestellt, dann erhöht sich dadurch generell das Risiko von Schäden am rollenden Material oder auch der Verkabelung. Bedenken Sie bei Ihren Einstellungen immer, dass dadurch nicht nur eine positive Wirkung auf den Normalbetrieb erreicht wird, sondern im Zweifel auch eine negative Auswirkung im Falle von Betriebsstörungen.

#### Grenzen der Hardware

In keinem Fall können die vorgenommenen Einstellungen die Grenzen der Leistungsfähigkeit der eingesetzten Hardware (BRICK-M bzw. BRICK-H) überschreiten. Die Stromeinstellungen auf »MAX« nutzen die Leistungsfähigkeit der Hardware bis an ihre Grenzen aus, sowohl hinsichtlich des kurzzeitigen Spitzenstroms als auch hinsichtlich des zulässigen Dauerstroms.

#### Standardwerte STROM je nach Spurweite und verwendeter BRIDGE

Die Standardwerte STROM werden beim Wechsel der Spurweite (System-Einstellungen) gemäß obiger Tabelle wiederhergestellt.

#### Standardwert PWM-Frequenz

Der Standardwert der PWM-Frequenz von 25 kHz wird beim Wechsel der Spurweite (System-Einstellungen) wiederhergestellt.

#### Besonderheiten beim Einsatz von BRIDGE-04M

BRIDGE-04M ermöglicht den Anschluss von 2 Bahnstromkreisen der Spurweiten Z und N an 1 BRICK-M. Ist eine BRIDGE-04M an BRICK-M angeschlossen, so werden – innerhalb der Hardware-Grenzen – pro Anschluss automatisch die insgesamt doppelten Ströme zugelassen, sofern beide Gleis-Anschlüsse als »belegt« erkannt werden (»belegt« bedeutet eine Stromaufnahme oberhalb der an anderer Stelle definierten Schwelle).

Beispiel:

Spurweite = Z, Ausgangsstrombegrenzung  $I_{\text{Limit}} = 0,25 \text{ A}$ , realer Ausgangsstrom =  $2 \times 0,25 \text{ A} = 0,5 \text{ A}$  – sofern beide Gleisanschlüsse als »belegt« erkannt werden.

Bitte beachten Sie also, dass bei Verwendung von BRIDGE-04M auch an einem einzelnen Bahnstrom-Anschluss der gegenüber der Einstellung  $I_{\text{Limit}}$  annähernd doppelte Strom fließen kann, ohne dass die Strombegrenzung wirkt!

Wird der Strom wegen einer Überlastung an nur 1 der Anschlüsse begrenzt, dann kann dadurch die Belegterkennung am anderen Anschluss unmöglich werden, da dann der Einbruch der Spannung zu einer geringeren Stromaufnahme am jeweils anderen Anschluss führen kann (unterhalb des Schwellwerts).

### Einstellbare Werte PWM-FREQUENZ

Als PWM-Frequenz werden standardmäßig weiterhin 25 kHz verwendet. Diese hohe Frequenz eignet sich auch zur Ansteuerung sog. »Faulhaber-Motoren«.

Umgekehrt bedeutet dies, dass geringere Frequenzen nicht zur Ansteuerung von »Faulhaber-Motoren« verwendet werden dürfen!

Im Modus »Rein Digital« und im Modus »AC« (Wechselstrom) kann keine PWM-Frequenz eingestellt werden, es wird immer ein Digital-Signal bzw. eine 50 Hz Sinuswechselspannung ausgegeben.

### Einstellbare Werte STROM $I_{\text{Limit}}$

Je nach Ausführung des BRICK können folgende Werte eingestellt werden:

BRICK-M: 0,25A, 0,5A, 0,75A, 1,0A, MAX

BRICK-H: 1,5A, 2,0A, 2,5A, 3,0A, 3,5A, 4,0A, MAX.

MAX bedeutet, dass der Strom nicht begrenzt wird, faktisch also bis an die Grenzen der Hardware abgegeben wird (je nach Typ des BRICK).

Bei BRICK-M beträgt der Maximalwert 1,2 A, bei BRICK-H 5,2 A. Für die Spurweiten Z, N und TT wird der Maximalwert jedoch auf 4,0 A weiter begrenzt.

Bitte achten Sie bei Strömen >2A unbedingt darauf, dass die Leitungs-Querschnitte der verwendeten Kabel ausreichend dimensioniert sind bzw. umgekehrt als  $I_{\text{Limit}}$  nur Werte eingestellt werden, die den verwendeten Leitungs-Querschnitten entsprechen, also auch zulässig sind.

**WARNUNG:** Insbesondere bei Verwendung von BRICK-H kann es beispielsweise bei einem Leitungs-Querschnitt von nur 0,14 mm<sup>2</sup> (typ. Modellbahnkabel) zu schmelzenden Kabelisolierungen bis hin zum Kabelbrand kommen. Daher ist von einer Überdimensionierung der Bausteine BRICK generell abzuraten.

### Strommessung mit Multimeter

Bitte beachten Sie, dass es mit einem handelsüblichen Multimeter nicht möglich ist, den von einem BRICK abgegebenen Bahn-Strom zu messen. Das liegt im Wesentlichen daran, dass es sich weder um eine Gleichspannung noch um eine sinusförmige Wechselspannung handelt.

Für technisch Interessierte:

Die abgegebene PWM-Spannung variiert sowohl in der Frequenz als auch in der Impulsdauer (zwischen 1 und 1.000 Promille). ALAN misst pro BRICK mit hochmodernen und sehr schnellen Elektronik-Komponenten mehrere Tausend Male pro Sekunde den tatsächlichen Stromverbrauch (typ. zwischen »0« und »aktuellem Spitzenwert« wechselnd) und errechnet hieraus mittels des eingebauten Mikro-Controllers den arithmetischen Mittelwert. Der so jeweils ermittelte Mittelwert wird dann gegen den eingestellten Maximalwert geprüft. Bei Bedarf wird der Regelkreis dazu veranlasst, den abgegebenen Strom zunächst zu begrenzen und ggf. auch die abgegebene Spitzen-Spannung bis auf rd. 6 bis 8 Volt zu reduzieren.

### Tipps und Hinweise

Es hat sich bei Problem-Lokomotiven eine PWM-Frequenz von ca. 5 kHz als guter Kompromiss zwischen Stromaufnahme und Geräuschentwicklung herausgestellt. Einen allgemeingültigen Wert gibt es allerdings leider nicht.

Setzen Sie die Strombegrenzung grundsätzlich auf einen möglichst niedrigen Wert. Nur so kann bei Betriebsstörungen (Entgleisungen) die Gefahr eines Schadens am rollenden Material weitgehend reduziert werden. Einerseits sollen Loks problemlos fahren, andererseits wollen aber auch Sondersituationen bedacht werden. Es ist daher nicht ratsam, Grenzwerte generell auf das Maximum einzustellen.

Ein Kurzschluss am Gleis muss nicht immer auch einen Kurzschluss am BRICK bedeuten (lila Linie im Schema oben), da das Zuleitungskabel immer auch einen Widerstand besitzt, wodurch der Strom des BRICK bereits soweit begrenzt sein kann, dass dieser keinen echten Kurzschluss mehr erkennt, sondern lediglich eine höhere Stromaufnahme feststellt. Auch deshalb ist eine angemessene Strombegrenzung wichtig.

Die in den ALAN-Komponenten verwendeten Bauteile und Schaltungstechniken sorgen für eine hohe Güte innerhalb der jeweiligen Spezifikation. Dies bedeutet, dass die ALAN-Komponenten innerhalb der vorgegebenen Grenzen auch die geforderte Leistung abgeben. Dabei kann die Elektronik nicht zwischen einer »normalen« und einer »problematischen« Situation im Gleisbereich unterscheiden. Deshalb wird, sofern nichts anderes eingestellt ist, die geforderte Leistung auch abgegeben. Bei einem BRICK-H sind das immerhin bis zu rd. 80 Watt. Zum Vergleich: ab etwa 25 Watt kann man bereits »löten«. Entsprechend müssen Sie bei zu hohen Grenzwerten damit rechnen, dass Kunststoffteile schmelzen können, wenn bei Entgleisungen zu hohe Ströme über die Radsätze fließen (Kurzschlüsse speziell an Weichen).

Frühere Modellbahn-Trafos und einfach aufgebaute Fahrregler sind insofern nicht vergleichbar, da sie in solchen Situationen schlicht mit einem frühzeitigen Spannungseinbruch reagierten und die geforderte Leistung nicht mehr abgaben.

Große Leitungs-Querschnitte (0,5 mm<sup>2</sup> und mehr) sorgen zwar einerseits für einen geringeren Spannungsabfall, andererseits schützen sie dann aber auch Ihre Modelle und Ihr Gleismaterial im Falle von Kurzschlüssen auf der Anlage (z.B. durch Entgleisungen) weniger. Das in solchen Fällen schwächste Glied ist dann oft die kleine Kontaktfläche zwischen Gleis und Rad bzw. Achse. Es entsteht dort eine große Wärme, die Kunststoffe (wie Rad- und Achslager) zum Schmelzen bringen kann. Große Leitungs-Querschnitte können also in dieser Hinsicht durchaus kontraproduktiv sein. Auch hier gilt: Viel hilft nicht immer viel.

### Kontextsensitive Benutzer-Oberfläche

Wie die meisten Einstellungen in ALAN ist auch dieser Bereich kontextsensitiv. Das bedeutet, dass nur relevante Einstellungen angezeigt werden. Dazu ist es erforderlich, zuerst mindestens 1 BRICK-M oder BRICK-H als Bahnstrom-Anschluss zu definieren. Danach werden dann die hier beschriebenen Einstellmöglichkeiten sichtbar.

In den Betriebs-Modi »Rein Digital« und »AC« (Wechselstrom) kann die PWM-Frequenz nicht eingestellt werden.