

# Proportionalverstärker und Zubehör



# SUN Proportionalverstärker, Handprogrammiergeräte, Einstellprozeduren, Zubehör und Anleitungen zur Fehlersuche

## Proportionalverstärker und Zubehör

### Inhaltsübersicht

1.	Verstärkerübersicht	3
2.	Arten der Verstärker	3
3.	Verdrahtungspläne	4
4.	Bedienung des Handprogrammiergeräts	7
4.1	Einstellung des Handprogrammiergeräts	7
5.	Auswählbare Verstärkerparameter	8
6.	Einstellen der Verstärker	8
7.	Einstellsoftware	11
8.	Theoretischer Hintergrund	11
8.1	Pulsweitenmodulation	11
8.2	Auflösung	12
8.3	Strommessung	12
8.4	Auswahl des analogen Eingangssignals	12
9.	Fehlersuchdiagramme	13
10.	Bestellnummern von Verstärker und Zubehör	17

# 1. Übersicht Proportionalverstärker

2. Proportionalverstärker sind Geräte, die ein analoges Eingangssignal interpretieren und geregelt elektrische Leistung einer Proportionalspule zuführen. Das Flussdiagramm eines solchen Steuerungsablaufs zeigt Bild 1. Analoge Eingangssignale sind üblicherweise Spannungen zwischen 0 und 10 VDC oder ein Strom zwischen 0 und 20 mA (4 bis 20 mA sind gebräuchlicher). Proportionalverstärker werden benutzt, um:

- Die Höhe des Stroms zu regeln, der durch die Spule fließt und die Magnetkräfte erzeugt
- Den minimalen und maximalen Druck oder Volumenstrom zu begrenzen
- Die Rampenzeit zwischen minimalem und maximalem Eingangssignal einzustellen
- Die Ditherfrequenz einzustellen, um maximale Leistung zu erhalten

Die Leistung der Spule könnte auch direkt gesteuert werden, indem man einen Rheostat (Potentiometer mit hoher Leistung) benutzt, aber dabei wird Leistung verschwendet und Hitze erzeugt. Die Ventilleistung sinkt, wenn ohne Dither gearbeitet wird und es gibt keine Information über den Spulenstrom, wie es bei guten Verstärkern üblich ist. Außerdem ist die Ventilleistung nicht reproduzierbar und die Hysterese liegt nicht in den veröffentlichten Grenzen. Für maximale Energieeffizienz und optimale Leistung ist ein Proportionalverstärker unbedingt nötig.

Einige Vorteile der SUN Proportionalverstärker sind:

- SUN Verstärker beinhalten einen internen, geschlossenen Regelkreis zur Regelung des Spulenstroms. Wenn elektrischer Strom durch die Kupferwindungen der Spule fließt, erhitzen sich die Windungen und der elektrische Widerstand des Kupfers erhöht sich. Da die Magnetkräfte direkt vom Spulenstrom abhängen, wird sich die Ventilleistung ebenfalls ändern. Die integrierte Stromregelung sorgt für gleichbleibende Leistung und hohe Wiederholgenauigkeit.
- Üblicherweise werden Proportionalverstärker mit Potentiometern ausgestattet, die mit einem Schraubendreher eingestellt werden. Bei SUN Verstärkern erfolgt diese Einstellung über ein Adapterkabel mit Infrarotschnittstelle. Die eigentliche Programmierung geschieht mit einem tragbaren Programmiergerät (HHP) oder mit der SUN Einstellsoftware für PCs. Es werden weder Schraubendreher noch Multimeter oder Oszilloskop benötigt. Nach dem Einstellen des Proportionalverstärkers sind alle für den Betrieb des Ventils nötigen Informationen im Prozessor abgespeichert. Das Kabel von PC oder Handprogrammiergerät kann dann entfernt werden. Die Kombination aus IR-Adapter und Handprogrammiergerät oder Software stellt einen präzisen und leicht zu verwendenden „elektronischen Schraubendreher“ dar.

• Die auf den SUN Produktseiten für Proportionalventile aufgeführten Leistungsdaten gelten für den Einsatz von SUN Verstärkern.

• Die SUN Verstärker wurden speziell dafür entwickelt, mit SUN Spulen und SUN Ventilen zusammen zu arbeiten. (Beim Einsatz von anderen Verstärkern kann sich die Leistung deutlich ändern!)

# 2. Arten der Verstärker

SUN bietet zwei Arten von Verstärkern an:

- Einen in die Spule integrierten, elektronischen Verstärker
- Einen Steckerverstärker

## In die Spule integrierter, elektronischer Verstärker - Modell(e) 790-\*\*\*\*

Bild 2 zeigt den Aufbau einer Spule mit integriertem Verstärker, elektronischer Verstärkerplatine und Steckergehäuse. Die Elektronikkarte, das Anschlussmodul und der Spulenkörper werden montiert und durch Ultraschallschweißen zusammengefügt. Anschließend werden die drei Teile mit Vergussmasse umhüllt, um eine abgedichtete Einheit zu erhalten.

Verstärker des Modells 790 sind entweder mit DIN- oder Deutsch-Steckkontakten erhältlich. Der DIN-Kontakt ist bei Anlagen-



Bild 1: Funktionsübersicht

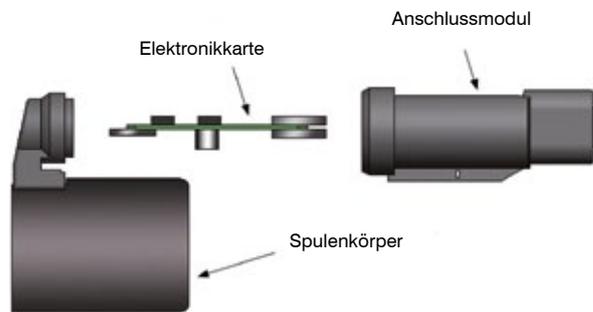


Bild 2: Aufbau des integrierten Verstärkers.



Bild 3: Zeigt die Kombination aus integriertem, elektronischen Verstärker und Handprogrammiergerät, die so für die Programmierung der Einstellungen eingesetzt werden kann.

bauern sehr verbreitet. Der Deutsch-Kontakt hat die Schutzart IP69K und kommt bevorzugt bei mobilen und Außenanwendungen zum Einsatz, die den Wetterbedingungen und Sprühwasser ausgesetzt sind.

Es sind zahlreiche Spannungs-/Stromoptionen sowie Energiespar- und Rampenfunktionen verfügbar. Darüber hinaus kann SUN eine Kombination aus integriertem Verstärker und Ventil bereits in den Werkseinstellungen auf die genauen Kundenanforderungen anpassen.

**Steckermodell(e) C1V und C2A mit angeschlossenem Kabel (Nur zu Informationszwecken. Diese Steckerverstärker werden von SUN Hydraulik nicht länger vertrieben)**

Die Verstärkermodelle C1V und C2A sind ausschließlich mit DIN-Steckkontakten erhältlich und werden für „milde“ Umgebungsbedingungen empfohlen. Für diese Art der Verstärker stehen vier verschiedene Spannungs-/Stromoptionen zur Verfügung. Das Steckermodell kann mit allen standardmäßigen Magnetspulen von SUN verwendet werden, die über einen DIN-Kontakt verfügen.

Für die Einstellung der integrierten oder Steckerverstärker kann das gleiche Handprogrammiergerät bzw. die gleiche PC-basierte Software verwendet werden. Sowohl die integrierten als auch die Steckerverstärker entsprechen oder übertreffen die CE-Anforderungen für die Widerstandsfähigkeit gegen elektromagnetische Interferenz (EMI).

Der restliche Teil dieser Technischen Hinweise behandelt Verdrahtung, Verstärkeroptionen, Bedienungsanweisungen für Verstärker, Handprogrammiergeräte, Softwarepakete, häufige Fehler bei Systemaufbau und Bedienung, sowie die Konstruktionstheorie hinter dem Proportionalverstärker.

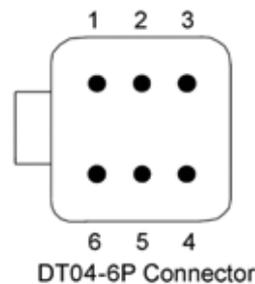
### 3. Verdrahtungspläne

Der erste Schritt des Installationsvorgangs ist der Anschluss des passenden Steckers und die Verbindung mit dem elektrischen System der Maschine des Kunden. Es folgen drei grundsätzliche Verdrahtungspläne mit Erläuterung:

1. Integrierter Verstärker mit Deutsch-Stecker (Bild 5)
2. Integrierter Verstärker mit DIN-Stecker (Bild 6)
3. Steckerverstärker (Bild 8)

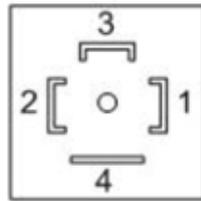


**Bild 4:** Zeigt die Kombination aus Steckerverstärker und Handprogrammiergerät, die so für die Programmierung der Einstellungen eingesetzt werden kann.



Anschluss	Funktion	Drahtfarbe bei Verwendung eines 991-706-*** Anschlusskabels
1	+V Versorgung	Braun
2	Signaleingang	Schwarz
3	Nullleiter Versorgung	Blau
4	+ 5 V Referenz	Rot
5	Nullleiter Signal	Grün/gelb
6	Schalteingang (Enable)	Weiß
-	Abschirmung	Blank

**Bild 5:** Deutsch Stecker und Pin Belegung.



ISO/DIN 4360, Form A Connector

Anschluss	Funktion
1	Nullleiter Versorgung
2	+V Versorgung
3	Signaleingang
4	<b>Option B</b> - Nullleiter Signal <b>Option C</b> - +5 V Referenz <b>Option D</b> - Schalteingang

Bild 6: DIN Stecker und Pin Belegung.

Im Zweifelsfall überprüfen Sie bitte den Gegenstecker. Fast alle Hersteller prägen die Polnummern neben den Pol, wie in Bild 7 dargestellt.

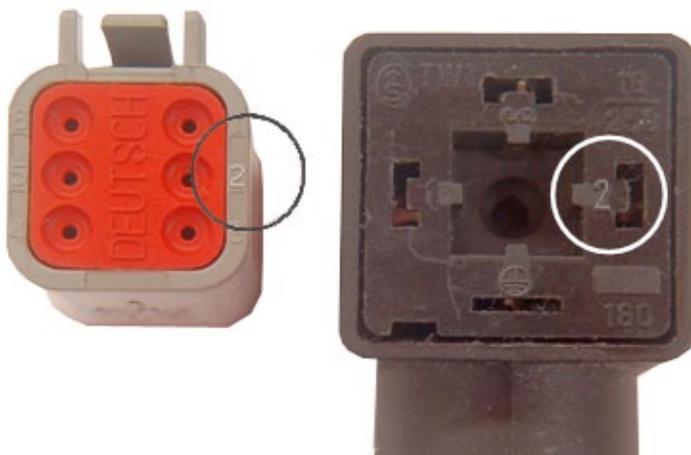


Bild 7: Auf Gegensteckern gekennzeichnete Pole.

Steckerverstärker mit DIN-Steckern (C1V und C2A) haben ein am Verstärker dauerhaft befestigtes Kabel mit einer Länge von 3 m (10 ft). Die einzelnen Leiter sollten gemäß Bild 8 an die Maschinensteuerung angeschlossen werden.



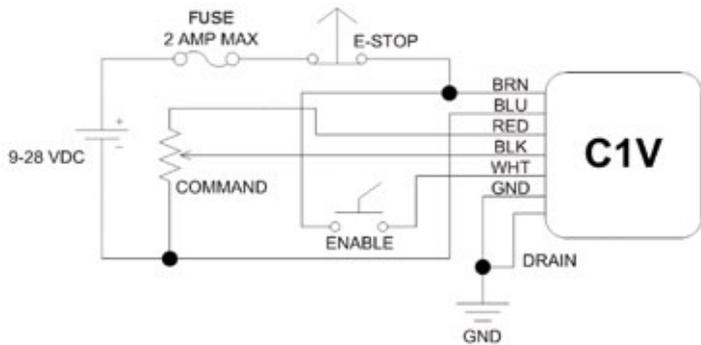
Bitte beachten: Diese Steckerverstärker werden von SUN Hydraulik nicht länger vertrieben

Draht	Funktion
braun	+ Versorgung
blau	Nullleiter Versorgung
schwarz	Signaleingang
weiß	Schalteingang (Enable)
rot	+5 V Referenz
grün/gelb	Masseanschluss
blank	Abschirmung

Bild 8: Kabelbelegung Steckerverstärker.

Ein üblicher Verdrahtungsplan für Steckerverstärker ist in Bild 9 abgebildet. Jeder Verstärker wird mit einem Datenblatt geliefert. Schlagen Sie den passenden Verdrahtungsplan bitte im zugehörigen Datenblatt nach. Obwohl die Eingangsspannung als Spanne zwischen 9 - 28 VDC angegeben wird, sollte die Versorgungsspannung mindestens der Spulenspannung entsprechen. Neben dem eingebauten Überspannungsschutz sollten Sie eine Sicherung an der Netzversorgung einbauen. Der empfohlene Höchstnennstrom liegt bei 2 A. Die Verwendung einer 2-Ampere-Sicherung (maximal) ist überaus wichtig. Beachten Sie bitte: Die elektrische Verdrahtung sollte nur von ausgebildetem Fachpersonal gemäß den örtlichen elektrotechnischen Normen durchgeführt werden.

**Proportionalverstärker und Zubehör**



**Bild 9:** Verdrahtungsbeispiel für Steckerverstärker mit DIN-Stecker.

**Not-Aus:**

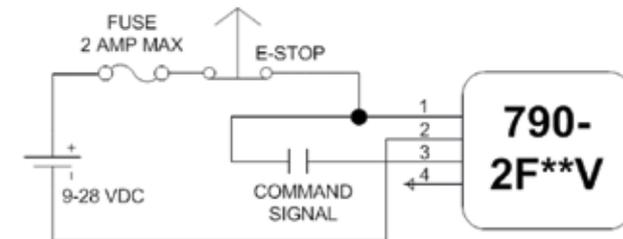
Die Schaltkreiszeichnung zeigt, wo bei Bedarf ein Not-Aus integriert werden kann. Es ist Vorsicht geboten, wenn sowohl Prozesse/Schaltkreise für ein Not-Aus angelegt als auch die vom Verstärker zu steuernden Hydraulikventile ausgewählt werden. Eine falsche Ventilauswahl kann zum Verlust der hydraulischen Maschinensteuerung führen, wenn die Not-Aus-Funktion eingeschaltet wird.

**Stromsignal:**

Bei Stromsignal-Verstärkern muss eine externe Quelle für die 0-20 mA zur Verfügung stehen. In der Regel kommt diese von einer SPS.

**Spannungssignal:**

Bei Spannungssignal-Verstärkern kann die +5 V Referenz als Quelle für ein Potentiometer mit mindestens 5 kΩ verwendet werden. (Der Schleifer des Potentiometers ist mit dem Analogeingang des Verstärkers verbunden, wie im Verdrahtungsplan dargestellt.) Dieses Szenario bildet ein sehr simples Steuersystem und wird häufig bei Joysticks mit Widerstand eingesetzt. (Bei dieser Art Steuersystem gehen jedoch ungefähr 50 % der verfügbaren Regelauflösung des Verstärkers verloren.)  
Bei Systemen mit einer Versorgung von 12 V besteht alternativ die Möglichkeit, den Eingang des Potentiometers direkt an die 12-Volt-Versorgung anzuschließen. Obwohl das Eingangssignal den Maximalwert von 10 V übersteigt, wenn das Potentiometer auf minimalen Widerstand eingestellt ist, behandelt der Verstärker jedes Spannungssignal über 10 V als 10 V. Dieser Ansatz ist bei 24-Volt-Systemen nicht besonders vorteilhaft, da der Verlust der Signalauflösung im Vergleich zur +5 V Referenz über 50 % liegt.



**Bild 10:** Verdrahtungsplan für Rampenverstärker, 790-2F\*\*V.

**Schalteingang (Enable):**

Sowohl Bild 8 als auch der Verdrahtungsplan in Bild 9 zeigen einen „WEISSEN“ Schalteingang. Diese Option ist vom Anwender frei programmierbar und wird für die Wahl einer Betriebsart genutzt, bei der ein Schalter für den Schalteingang benötigt wird. Beim Schalteingang handelt es sich um einen Analogeingang mit einem Spannungsbedarf zwischen 9 - 28 VDC. Wie im Verdrahtungsplan dargestellt, ist die einfachste Option die Installation eines Schalters nach dem Abgriff der Versorgungsspannung. Anwender, die den Verstärker mit einer SPS steuern, müssen Hilfskontakte oder eine Relaisfunktion an der SPS anbringen.

**Abschirmung:**

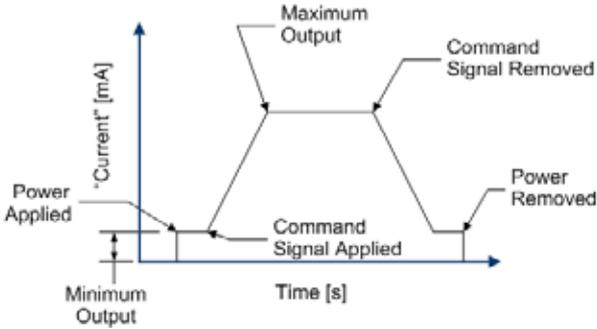
Das am Steckerverstärker befestigte Kabel hat sowohl eine Folien- als auch eine Flechtabschirmung, um die höchste elektromagnetische Störfestigkeit zu erzielen. Die Abschirmung und der blanke Leiter sollten mit der Erdung verbunden werden, um den

wirksamsten EMI-Schutz zu gewährleisten. (Die Erdung ist in der Regel der Metallrahmen der Maschine oder der Schutzleiter der Stromversorgung.)

**Rampenverstärker:**

Rampenverstärker fallen in die Kategorie der elektronischen Spezialerzeugnisse. Im Vergleich zu einem Proportionalverstärker mit vollem Funktionsumfang sind sie die wirtschaftlichere Wahl, wenn das Proportionalventil immer an einem von zwei Betriebspunkten betätigt und eine geregelte Rampenzeit beim Wechsel zwischen den beiden Punkten benötigt wird. Wie im Verdrahtungsplan in Bild 10 abgebildet, sind drei Anschlüsse erforderlich, um den Verstärker zu bestromen und die

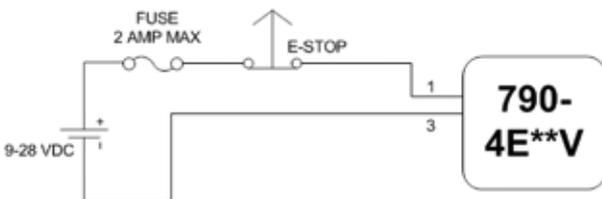
Rampe einzuleiten. Für das Auslösen des Rampenanstiegs ist eine Spannung zwischen 9 und 28 VDC am Analogeingang erforderlich. Ein Abbau der Analogspannung führt zur Einleitung des Rampenabfalls.  
Das Steuerdiagramm eines Rampenverstärkers in Bild 11 zeigt den Strom durch die Spule über die Zeit. Achtung: Das Ausschalten der Versorgungsspannung führt zum Abschalten des Verstärkers und das Ventil wechselt unkontrolliert in den unbetätigten Zustand.  
Von der Benutzung eines Rampenverstärkers bei schaltbaren Magnetventilen wird abgeraten, da die Betätigung des Ventils durch die Verlangsamung seiner Schaltfunktion beeinträchtigt werden könnte.



**Bild 11:** Steuerdiagramm für einen Rampenverstärker.

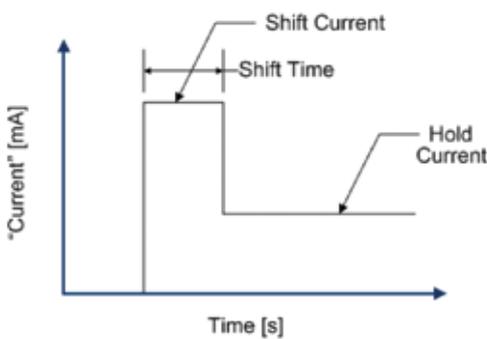
**Sparverstärker:**

Bild 12 zeigt den Verdrahtungsplan eines Sparverstärkers. Ziehen Sie bitte den Verdrahtungsplan für das betreffende Modell zu Rate. Wird an den Sparverstärker Spannung angelegt, wird für die programmierte Zeit ein Schaltstrom durch die Spule fließen. Nach Ablauf der Schaltzeit reduziert der Sparverstärker den Strom auf den Haltestrom. Die Senkung des der Spule zugeführten Stroms spart Energie, muss aber hoch genug sein, um ein vollständiges Umschalten des Ventils sicherzustellen. Der Haltestromwert sollte sorgfältig gewählt werden, da überhöhter Strom Wärme erzeugt und diese wiederum die Spule beschädigen kann.



**Bild 12:** Verdrahtungsplan für Sparverstärker 790-4E\*\*V.

Die empfohlenen maximalen Haltestromwerte für 12- und 24-Volt-Spulen entsprechen dem empfohlenen Maximalstrom für die Spulen bei Proportionalventilen. Bild 13 zeigt ein Steuerdiagramm für diesen Ablauf und eine Darstellung des Spulenstroms über der Zeit.



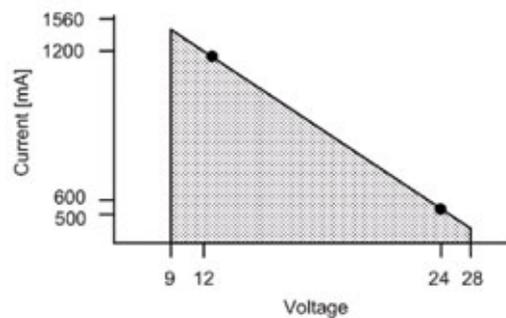
**Bild 13:** Steuerdiagramm für einen Sparverstärker.

Bei der Einstellung müssen die Schalt- und Haltestromwerte sowie die Schaltzeit mit Bedacht gewählt werden. Der Startstrom stellt den der Magnetspule zugeführten Schaltstrom dar. Der Startstrom ist veränderlich und lässt sich in Schritten

von 0,02 A anpassen. Für die optimale Lebensdauer der Spule sollten der STARTSTROM und die STARTZEIT auf die Werte herabgesetzt werden, die für das vollständige Umschalten des Ventils erforderlich sind. Ein hoher STARTSTROM in Verbindung mit einer langen STARTZEIT senkt die Lebensdauer der Spule. Der HALTESTROM stellt den reduzierten Strom dar, der in die Spule geleitet wird, um das Ventil in der geschalteten Position zu halten. Der HALTESTROM ist veränderlich und lässt sich in Schritten von 0,02 A anpassen. Der empfohlene Höchstwert liegt bei 590 mA mit 24 Volt und 1150 mA mit 12 Volt. Der maximale HALTESTROM sollte

unter der Linie in der schattierten Fläche liegen, um für eine optimale Lebensdauer der Spule zu sorgen (siehe Bild 14). Die Linie stellt ein temperaturstabilisiertes Leistungsniveau von 14 Watt dar.

Bild 14 zeigt außerdem den empfohlenen maximalen Haltestrom für die Extreme des Bereichs von 9 - 28 Volt bei einem funktionsfähigen Verstärker. Eine Überschreitung dieser Empfehlungen kann die Lebensdauer der Spule drastisch verkürzen. Die Elektronik des Verstärkers verfügt über eine Selbstschutzfunktion, die den Mikroprozessor abschaltet, wenn die Spannung unter 9 VDC fällt oder 28 VDC übersteigt.



**Bild 14:** Der empfohlene maximalen Haltestrom

## 4. Bedienung des Handprogrammiergeräts

Für die Bedienung des SUN Handprogrammiergeräts und die Konfiguration des Verstärkers wird ein Adapterkabel mit Infrarotschnittstelle benötigt. Der 9-polige Stecker des Adapterkabels muss zuerst in das Programmiergerät gesteckt werden. Schließen Sie das andere Ende des Adapterkabels an den Verstärker an. Drücken Sie zum Einschalten die gelbe I/O-Taste auf dem Programmiergerät. Das Programmiergerät kann angeschlossen oder getrennt werden, während der Verstärker mit Spannung versorgt wird, aber für Änderungen an seiner Konfiguration muss der Verstärker eingeschaltet sein. Nach dem Einschalten des Programmiergeräts wird die in Bild 15 dargestellte Titelmeldung angezeigt.



**Bild 15:** Handprogrammiergerät 991-700.

Alle Funktionen des Programmiergeräts werden mit den folgenden Tasten gesteuert: Ein/Aus, Sperren, Entsperrern, Pfeil Auf und Pfeil Ab. Die genauen Funktionen jeder Taste lauten wie folgt:



#### Ein/Aus (gelbe I/O-Taste)

Damit wird das Gerät ein- und ausgeschaltet. Kurzes Drücken bei ausgeschaltetem Gerät schaltet es ein. Langes Drücken bei eingeschaltetem Gerät schaltet es aus.



#### Sperren (rotes Schloss)

Sperrt den aktuellen Parameter. Im gesperrten Modus kann mit den Pfeiltasten Auf und Ab durch die Parameterliste navigiert werden, aber eine Änderung der Einstellungen ist nicht möglich.



#### Entsperren (grünes Schloss)

Entsperrt den aktuellen Parameter. Im entsperrten Modus kann mit den Pfeiltasten Auf und Ab der aktuelle Parameter geändert werden. Sie können auch ein Tastenkürzel benutzen (*um das Blättern durch die verfügbaren Parameter für minimale und maximale Ein- und Ausgabewerte zu vermeiden*) und die Entsperrtaste ein zweites Mal drücken, wenn der überwachte Parameter dem gewünschten Wert entspricht.



#### Pfeiltaste Auf (blau mit weißem Pfeil nach oben)

Im gesperrten Modus gelangt man mit der Pfeiltaste Auf zum vorherigen Parameter. Im entsperrten Modus erreicht man mit der Pfeiltaste Auf den nächst höheren Wert für den Parameter. Wird die Taste nach dem ersten Drücken gedrückt gehalten, wird durch die Werte geblättert, ohne dass Sie die Taste ständig erneut drücken müssen.



#### Pfeiltaste Ab (blau mit weißem Pfeil nach unten)

Im gesperrten Modus gelangt man mit der Pfeiltaste Ab zum nächsten Parameter. Im entsperrten Modus erreicht man mit der Pfeiltaste Ab den nächst kleineren Wert für den Parameter. Wird die Taste nach

dem ersten Drücken gedrückt gehalten, wird durch die Werte geblättert, ohne dass Sie die Taste ständig erneut drücken müssen.

## 4.1. Einstellung des Handprogrammiergeräts

Der Kontrast des Gerätedisplays ist werkseitig auf die optimale Leistung bei Raumtemperatur voreingestellt. Beim Betrieb unter ungewöhnlich hohen oder niedrigen Temperaturen ist eventuell eine Anpassung des Kontrastes notwendig. Der Kontrast lässt sich ähnlich wie die Verstärkerparameter einstellen:

- Drücken Sie vier Mal die Sperrtaste ohne gleichzeitig die anderen Tasten zu betätigen, um in das Setup-Menü des Geräts zu gelangen.
- Das Display zeigt wieder die gleiche Titelmeldung wie beim Einschalten an.
- Mit den Pfeiltasten Auf und Ab können nun die folgenden Einstellungen des Programmiergeräts betrachtet und geändert werden:
- Der Kontrast des Displays kann zwischen 1 - 63 eingestellt werden, wobei 1 sehr hell und 63 sehr dunkel bedeutet. Die werkseitige Einstellung ist 22.



*Bitte beachten: Ein zu hoher oder zu niedriger Wert für den Kontrast macht die Anzeige ggf. unleserlich.*

#### Hintergrundbeleuchtung (Version 2.0 und höher):

Auch die Helligkeit der Hintergrundbeleuchtung des Displays kann zwischen 1 bis 63 eingestellt werden, wobei 1 sehr dunkel und 63 sehr hell bedeutet. Die werkseitige Voreinstellung ist 20. Die Anpassung der Hintergrundhelligkeit ist bei dunkler Umgebung sehr nützlich.

#### Interner Speicher (Version 2.0 und höher):

- Wenn die Lese- oder Schreibmarke erscheint, betätigen Sie die grüne Entsperrtaste, um die Parameter zu variieren.
- Drücken Sie die Pfeiltasten Auf oder Ab, um den Lese- oder Schreibmodus zu aktivieren.
- Im Lesemodus (Read) werden die aktuellen Einstellungen aus dem Verstärker

in den Speicher des Handprogrammiergeräts gelesen.

- Im Schreibmodus (Write) werden die Parameter im internen Speicher des Handprogrammiergeräts in den Verstärker kopiert.
- Das Drücken der roten Sperrtaste beendet den Lese- oder Schreibvorgang.
- Die im internen Speicher gespeicherten Werte können nur angezeigt werden, nachdem sie auf einen Verstärker übertragen wurden.
- Es können nur Parameter für ein Setup gespeichert werden.

#### Warnung niedriger Batteriestand:

- Der Wert für die Batterie-Unterspannung ist 6,5 V. (Dieser Wert ist nicht einstellbar.)
- Wenn der Batteriestand abnimmt, wird ein Symbol auf dem Display eingeblendet.
- Je ausgefüllter mit Segmenten das Symbol erscheint wird, desto weiter sinkt der Batteriestand.
- Bei zu niedrigem Batteriestand kann es zu Betriebsstörungen kommen.
- Um einen zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten, sollten Sie mit dem Batteriewechsel nicht so lange warten, bis das Symbol vollständig mit Segmenten ausgefüllt ist.

#### Verlassen des Geräte-Setups und Rückkehr zu den Verstärkerparametern:

- Rufen Sie über die Pfeiltasten den Parameter „EXIT HHP SETUP?“ auf.
- Drücken Sie die Entsperrtaste und wählen Sie anschließend mit den Pfeiltasten Auf oder Ab „Yes“.
- Das Drücken der Sperrtaste führt Sie zurück zur Verstärkereinstellung.

## 5. Auswählbare Verstärkerparameter

#### Betriebsarten

Es stehen sechs Betriebsarten für Steckverstärker und integrierte Verstärker mit Deutsch-Stecker zur Auswahl. Aufgrund der Einschränkung durch lediglich vier Kontakte bei den integrierten Verstärkern mit DIN-Steckern muss vom Benut-

zer eine Auswahl zwischen den drei Optionen „B“, „C“ oder „D“ getroffen werden. (Siehe Bild 6.)

1. Ausgangsstrom proportional zum Eingangssignal ohne Schalteingang (Standard).
2. Ausgangsstrom umgekehrt proportional zum Eingangssignal ohne Schalteingang.
3. Ausgangsstrom proportional zum Eingangssignal mit Schalteingang.
4. Ausgangsstrom umgekehrt proportional zum Eingangssignal mit Schalteingang.
5. Zwei Stufen, bei denen das Schaltsignal den Ausgangsstrom mit dem bei minimalem Ausgangsstrom eingestellten Wert liefert und das Eingangssignal den Ausgangsstrom mit dem bei maximalem Ausgangsstrom eingestellten Wert liefert.
6. Zwei Stufen umgekehrt zu 5., bei denen das Schaltsignal den Ausgangsstrom mit dem bei maximalem Ausgangsstrom eingestellten Wert liefert und das Eingangssignal den Ausgangsstrom mit dem bei minimalem Ausgangsstrom eingestellten Wert liefert.

- Die Betriebsarten 1 und 3 werden am häufigsten für allgemeine Anwendungen von Proportionalventilen eingesetzt. Befindet sich der Verstärker in Betriebsart 1, führt eine Erhöhung des Eingangssignals zu einer Steigerung des Ausgangssignals, d.h. der Spule wird mehr Strom zugeführt. Die Betriebsart 3 funktioniert auf die gleiche Weise, allerdings muss ein Schaltsignal vorhanden sein.
- Die Betriebsarten 2 und 4 sind umgekehrte Betriebsarten. Sie funktionieren umgekehrt zu den beiden Betriebsarten 1 und 3. Bei minimalem Eingangssignal wird maximaler Ausgangsstrom erzeugt. Wird der Wert des Eingangssignals erhöht, sinkt der Ausgangsstrom proportional dazu. Der Unterschied zwischen den Betriebsarten 2 und 4 ist, dass bei 4 ein Schaltsignal erforderlich ist.
- Die Betriebsarten 5 und 6 haben zwei Stufen für Geschwindigkeit oder Druck. Ein Verdrahtungsplan dafür ist in Bild 16 abgebildet. Ist in Betriebsart 5 der Schalter für den Schalteingang geschlossen, gibt der Verstärker den kleinsten eingestellten Ausgangsstrom aus. Das wären dann im Grunde eine niedrige Geschwindigkeit oder ein geringer Druck. Wenn der „Fast“-Schalter

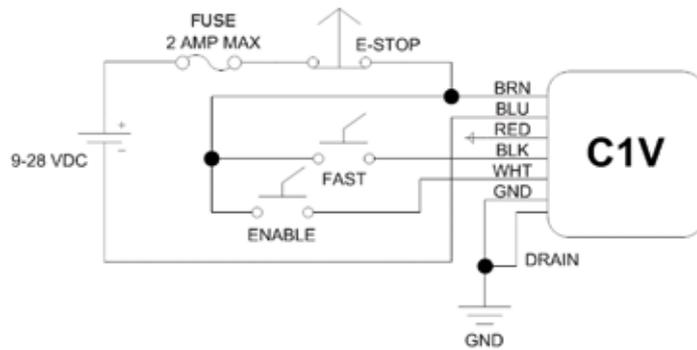


Bild 14: Zwei-Stufen-/Hoch-Tief-Schaltbild

geschlossen ist, gibt der Verstärker den höchsten eingestellten Ausgangsstrom aus, was in Abhängigkeit vom gesteuerten Proportionalventil entweder zu einer höheren Geschwindigkeit oder mehr Druck führt. Betriebsart 6 funktioniert umgekehrt zu 5. Ist der Schalter des Schalteingangs geschlossen, gibt der Verstärker den maximal eingestellten Ausgangsstrom aus. Sobald der „Fast“-Schalter (jetzt „Slow“) am Analogeingang geschlossen wird, reduziert der Verstärker den Ausgangsstrom auf den kleinsten eingestellten Wert.

#### Standardparameter

Die bei SUN Hydraulik verwendeten Standardparameter zur Erzeugung der Leistungswerte der Proportionalventile, die auf der Website und in den Katalogen von SUN veröffentlicht werden, sind in Bild 17 dargestellt.

- Die empfohlene Ditherfrequenz (PWM) für Proportionalventile von SUN Hydraulik liegt bei 140 Hz. Dieser Parameter kann vom Benutzer entweder nach oben oder unten angepasst werden und richtet sich oft nach der Anwendung, unter anderem auch danach, ob das Proportionalventil ein größeres Hauptstufenventil steuert.
- Die Rampenzeiten sind die letzten beiden vom Benutzer einstellbaren Parameter. Der Standardwert für die Rampenanstiegs- und -abfallzeit beträgt 0,0 s und beide können unabhängig voneinander angepasst werden. (Auch wenn die Standardwerte 0,0 s sind, wirkt sich eine kurze Rampenzeit von 0,5 s positiv auf viele Anwendungen aus.)

#### Definierte Rampenzeiten:

Der Rampenzeitparameter basiert auf dem Anstieg von minimalem zu maximalem Eingangssignal. Wenn die Werte des Eingangssignals nicht von minimal nach maximal steigen, ändert sich die tatsächliche Rampenzeit entsprechend und weicht vom eingestellten Parameter ab. Beispiel: Bei einer festgelegten Rampenzeit von 10 s liegt die tatsächlich beobachtete Rampenzeit beim hydraulischen Proportionalventil bei 10 s, wenn der Wert des Eingangssignals von 0 V auf 10 V steigt. Wenn der Wert des Eingangssignals nur von 0 V auf 5 V steigt, würde die tatsächlich beobachtete Rampenzeit 5 s betragen.

## 6. Einstellen der Verstärker

Für die Veränderung der vom Benutzer einstellbaren Parameter der Proportionalverstärker von SUN Hydraulik muss ein Infrarotadapter installiert und entweder an das Handprogrammiergerät oder einen PC angeschlossen werden, auf dem die Einstellsoftware für SUN Hydraulik Verstärker läuft.

Das Handprogrammiergerät ist die bevorzugte Methode für die Kommunikation mit den Proportionalverstärkern. USB-Adapter und Software werden der Annehmlichkeit halber angeboten, aber sie haben viele unkontrollierbare Aspekte, die sie zu einer weniger stabilen Kommunikationsmethode machen.

Parameter	Standardwerte
Betriebsart	1 (Siehe Beschreibung unten)
Minimales Eingangssignal	0,2 V beim Spannungssignal 4 mA beim Stromsignal
Minimales Eingangssignal	0,0 V beim Spannungssignal 20 mA beim Stromsignal
Minimaler Ausgangsstrom	5 mA
Maximaler Ausgangsstrom	590 mA bei 600 mA Verstärkern 1150 mA bei 1200 mA Verstärkern
Ditherfrequenz	140 Hz
Rampenanstiegszeit	0,0 s
Rampenabfallzeit	0,0 s

Bild 17: Vom Benutzer wählbare Standardwerte.

Jeder Verstärker wird ab Werk mit den in Bild 17 aufgeführten Standardwerten geliefert. Die gleichen Verstärkerwerte werden auch zur Steuerung der Proportionalventile eingesetzt, die die auf der Website von SUN dargestellten Leistungskurven erzeugt haben. Außerdem kann jedes Proportionalventil unter Verwendung einer individuellen Bestellnummer mit kundenspezifischen Werkseinstellungen eingekauft werden. Bei dieser Vorgehensweise müssen der IR-Adapter und das Handprogrammiergerät bzw. das zum Download verfügbare Softwarepaket nicht erworben werden. Für die Optimierung der Maschinenleistung ist eventuell jedoch eine Einstellung hinsichtlich Totband und/oder Druck- oder Volumenstrombegrenzung erforderlich. (Kontaktieren Sie Ihren SUN Vertriebshändler bezüglich der Option einer individuellen Bestellnummer.)  
IR-Adapter reagieren empfindlich auf richtige Ausrichtung. Die Fotodioden auf dem IR-Adapter müssen in einer Reihe mit den Fotodioden am Verstärker liegen. (siehe Bilder 18 und 19) (Bei älteren IR-Adaptoren müssen Sie darauf achten, nicht zu viel Kraft beim Einstecken auszuüben, da der IR-Adapter sonst zu tief im Verstärker sitzt.)

**Bitte beachten: Beachten Sie bitte vor jeder Einstellung, dass eine Änderung der Parameter plötzliche und unerwartete Bewegungen der Mechanik verursachen kann. Es ist Vorsicht geboten, um Beschädigungen der Mechanik, Verletzungen oder den Tod von Personen zu verhindern.**

**Einstellung des Verstärkers unter Verwendung des Handprogrammiergeräts (HHP) mit IR-Adapter:**

### 1. IR-ADAPTER

Schließen Sie den IR-Adapter an den Verstärker an und achten Sie dabei insbesondere auf die Ausrichtung des Adapters - die Seite mit dem SUN Logo sollte von der Spule weg und in Richtung des integrierten Verstärkers zeigen. Der 9-polige Stecker muss in die serielle Schnittstelle des Handprogrammiergeräts gesteckt werden. (Siehe Bild 20)

(HINWEIS: Der Verstärker muss mit Spannung versorgt sein, damit der IR-Adapter mit ihm kommunizieren kann.)



Bild 18: Korrekte und falsche Ausrichtung des IR-Adapters beim integrierten Verstärker.



Bild 19: Korrekte und falsche Ausrichtung des IR-Adapters beim Steckerverstärker.



Bild 20: An einem integrierten Verstärker angeschlossenes Handprogrammiergerät mit IR-Adapter.

## 2. EDIT-MODUS

Wenn ein veränderlicher Parameter angezeigt wird, können Sie die grüne Entsperrtaste drücken, um in den Edit-Modus zu gelangen.

## 3. BETRIEBSART (MODE)

Wenn der Parameter Betriebsart (MODE) auf dem LCD-Display angezeigt wird, können Sie durch Drücken der grünen Entsperrtaste in den Edit-Modus gelangen, um die gewünschte Betriebsart zu wählen. Mit den Pfeiltasten Auf und Ab können Sie durch die Liste der sechs Betriebsarten blättern. Die Betriebsart richtet sich nach der beabsichtigten Verwendung und den bereits dargestellten, typischen Verdrahtungsplänen. Sobald Sie die richtige Betriebsart gewählt haben, drücken Sie die rote Sperrtaste, um die Änderung zu speichern und den Edit-Modus zu verlassen.

## 4. MINIMALES EINGANGSSIGNAL (MINIMUM INPUT)

Drücken Sie die Pfeiltaste Ab, um die Parameter für das minimale Eingangssignal anzuzeigen. Die erste Zahl in der zweiten Zeile ist die aktuelle Einstellung, die verändert werden kann. Die zweite Zahl in eckigen Klammern ist der aktuelle Wert des Eingangssignals. Durch Drücken der Entsperrtaste gelangen Sie in den Edit-Modus. Änderungen an der Einstellung für das minimale Eingangssignal können Sie vornehmen, indem Sie die Pfeiltaste Auf zum Erhöhen des Werts oder die Pfeiltaste Ab zum Verringern des Werts drücken. Der gewählte Wert wird anhand des kleinsten erzielbaren Werts des Eingangssignals ermittelt. (Die Wahl eines eigentlich nicht erzielbaren Werts ermöglicht keine optimale Proportionalität; die Wahl eines zu hohen Werts reduziert wiederum die Regelauflösung. Ein zu niedriger Wert kann den Verstärker außerdem anfällig für elektromagnetische Interferenzen [EMI] machen.) Der kleinste wählbare Wert beträgt 0 Volt. Sobald Sie den Wert gewählt haben, drücken Sie die rote Sperrtaste, um die Änderung zu speichern und den Edit-Modus zu verlassen. (Beim Betrieb im Inversmodus ist der angezeigte Wert der Kehrwert, ein Eingangssignal von 1 V wird zum Beispiel als 9 V angezeigt.)

## 5. MAXIMALES EINGANGSSIGNAL (MAXIMUM INPUT)

Drücken Sie die Pfeiltaste Ab, um die Parameter für das maximale Eingangssignal anzuzeigen. Die erste Zahl in der zweiten

Zeile ist die Einstellung, die verändert werden kann. Die zweite Zahl in eckigen Klammern ist der aktuelle eingestellte Wert des Eingangssignals. Nach dem Drücken der Entsperrtaste können Sie den Wert durch Drücken der Pfeiltasten Auf und Ab erhöhen oder verringern. Der gewählte Wert wird anhand des höchsten erzielbaren Werts des Eingangssignals ermittelt. (Die Wahl eines zu hohen Werts ermöglicht keine optimale Proportionalität; die Wahl eines zu niedrigen Werts reduziert wiederum die Regelauflösung.) Der größte wählbare Wert beträgt 10 Volt. Sobald Sie den Wert gewählt haben, drücken Sie die rote Sperrtaste, um die Änderung zu speichern und den Edit-Modus zu verlassen. (Beim Betrieb im Inversmodus ist der angezeigte Wert der Kehrwert, ein Eingangssignal von 10 V wird zum Beispiel als 0 V angezeigt.)

## 6. MINIMALER AUSGANGSSTROM (MINIMUM OUTPUT)

Drücken Sie die Pfeiltaste Ab, um die Parameter für den minimalen Ausgangsstrom anzuzeigen. Dieser Parameter wird manchmal auch als Totbandausgleich bezeichnet. Die erste Zahl in der zweiten Zeile des Displays ist die aktuelle Einstellung, die verändert werden kann, während es sich bei der zweiten Zahl in eckigen Klammern um den aktuellen Wert des Spulenstroms handelt. Nach dem Drücken der Entsperrtaste können Sie den Wert durch Drücken der Pfeiltasten Auf und Ab erhöhen oder verringern. Der vorgegebene Wert wird anhand des Stromwerts ermittelt, der bei Erreichen des Werts des MINIMALEN EINGANGSSIGNALS benötigt wird. Ein niedriger Wert erhöht die Regelauflösung, aber steigert auch das Totband. Ein höherer Wert reduziert das Totband (d.h. die Differenzen zwischen sich beweglichen Ventiltteilen

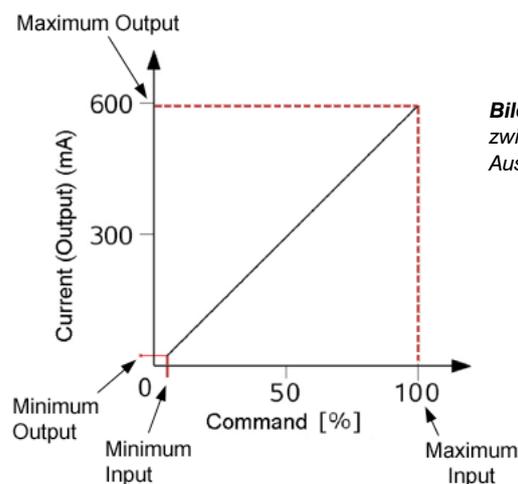
werden besser ausgeglichen).

Sobald Sie den Wert gewählt haben, drücken Sie die rote Sperrtaste, um die Änderung zu speichern und den Edit-Modus zu verlassen.

## 7. MAXIMALER AUSGANGSSTROM (MAXIMUM OUTPUT)

Drücken Sie die Pfeiltaste Ab, um die Parameter für den maximalen Ausgangsstrom anzuzeigen. Die erste Zahl in der zweiten Zeile ist die Einstellung, die verändert werden kann. Die zweite Zahl in eckigen Klammern ist der aktuelle Wert des Spulenstroms. Nach dem Drücken der Entsperrtaste können Sie den Wert durch Drücken der Pfeiltasten Auf und Ab erhöhen oder verringern. Der gewählte Wert wird anhand des Drucks oder Volumenstroms ermittelt, der bei maximaler Stromzufuhr zur Spule benötigt wird, aber er sollte den maximal zulässigen Stromwert für die verwendete Spule nicht übersteigen. (Eine Überschreitung des empfohlenen Werts wird die Lebensdauer der Spule durch die Erzeugung übermäßiger Wärme drastisch verkürzen.) Denken Sie daran, dass der maximal empfohlene Stromwert für eine SUN Spule (hergestellt nach Januar 2005 mit einem schwarzen Dichromat-Spulengehäuse) bei 590 mA für eine 24-Volt-Spule und 1150 mA für eine 12-Volt-Spule liegt. (Die Wahl eines zu niedrigen Werts für den maximalen Ausgangsstrom begrenzt die Ventilleistung.)

Sobald Sie den Wert gewählt haben, drücken Sie die rote Sperrtaste, um die Änderung zu speichern und den Edit-Modus zu verlassen.



**Bild 21:** Lineares Verhältnis zwischen Eingangs- und Ausgangswerten.

**8. DITHERFREQUENZ (PWM)**

Drücken Sie die Pfeiltaste Ab, um den Parameter für die DITHERFREQUENZ (DITHER FREQ) anzuzeigen. Die erste Zahl in der zweiten Zeile ist die Ditherfrequenz in Hertz. (Die empfohlene Ditherfrequenz für SUN Ventile liegt bei 140 Hz.) Beim Dither handelt es sich um eine kleine Amplitudenschwingung auf der festgelegten Frequenz, die zur Reduzierung der Reibung innerhalb des Ventils benutzt wird, um eine optimale Leistung zu ermöglichen. Je niedriger die Frequenz, desto größer ist die Amplitude der Schwingung; je höher die Frequenz, desto kleiner ist die Amplitude der Schwingung. (Die Amplitude kann nicht vom Benutzer festgelegt oder unabhängig eingestellt werden.) Sobald Sie den Ditherwert gewählt haben, drücken Sie die rote Sperrtaste, um die Änderung zu speichern und den Edit-Modus zu verlassen. (Siehe Kapitel 8.0 und 8.1 zu weiteren Informationen über Dither und PWM.)

**9. RAMPENANSTIEGS- (RAMP UP) und RAMPENABFALLZEIT (RAMP DOWN)**

Die Parameter für die Rampenanstiegs- und Rampenabfallzeiten sind Rampenlängen, die sich nach den in den Schritten 10 und 11 beschriebenen Eingangswerten richten. Die Parameter für die Rampenanstiegs- und Rampenabfallzeiten müssen nicht zwingend übereinstimmen.

**10. RAMPENANSTIEGSZEIT (RAMP UP)**

Drücken Sie die Pfeiltaste Ab, um die Parameter für die Rampenanstiegszeit anzuzeigen. Die Zahl in der zweiten Zeile ist die Rampenzeit in Sekunden. Es kann ein Wert zwischen 0 und 120 Sekunden gewählt werden. Sobald ein Anstieg des Eingangssignals festgestellt wird, erhöht der Verstärker die Stromzufuhr zur Spule linear über die gewählte Rampenzeit. Sobald Sie den Wert gewählt haben, drücken Sie die rote Sperrtaste, um die Änderung zu speichern und den Edit-Modus zu verlassen.

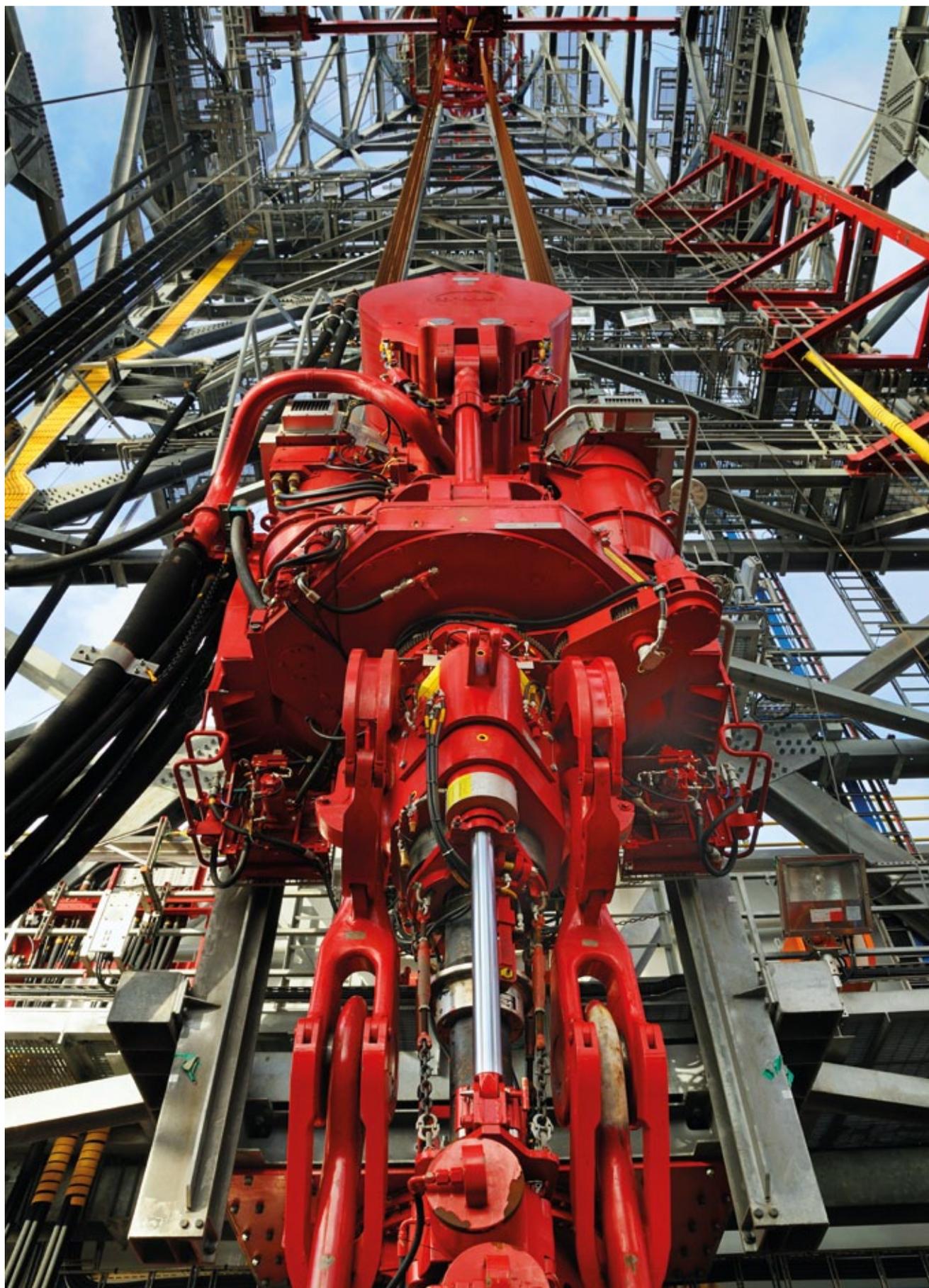
**11. RAMPENABFALLZEIT (RAMP DOWN)**

Drücken Sie die Pfeiltaste Ab, um die Parameter für die Rampenabfallzeit anzuzeigen. Die Zahl in der zweiten Zeile ist die Rampenzeit in Sekunden. Es kann ein Wert zwischen 0 und 120 Sekunden gewählt werden. Sobald eine Abnahme des Eingangssignals festgestellt wird, verringert der Verstärker die Stromzufuhr zur Spule linear über die gewählte Rampenzeit. Sobald Sie den Wert gewählt haben, drücken Sie die rote Sperrtaste, um die Änderung zu speichern und den Edit-Modus zu verlassen.

**12. BETRIEBSBEREIT**

Die Einstellung des Verstärkers ist damit abgeschlossen. Durch wiederholtes langes Drücken der Pfeiltaste Ab können Sie sich die überwachten Parameter und die Versorgungsspannung, den Ausgangsstrom und Fehlerstatus anzeigen lassen. Der Zugriff auf diese überwachten Parameter ist vor allem bei einer eventuellen Problembeseitigung hilfreich.

**7. SUN Einstellsoftware für Verstärker (Kapitel noch in Entwicklung)**



## 8. Theoretischer Hintergrund

Sun Hydraulics verwendet die Begriffe Dither und PWM synonym. Der von SUN Verstärkern verwendete Niederfrequenzbereich wird als niederfrequente PWM eingestuft. (Diese Regelung ist nicht mit der von Verstärkern zu verwechseln, die hochfrequente PWM benutzen und niederfrequenten Dither überlagern. Es ist auch nicht mit PFM zu verwechseln. Bei der Erläuterung der Funktionstheorie solcher Geräte sind Dither und PWM nicht dasselbe.)

### 8.1. Pulsweitenmodulation

Die Pulsweitenmodulation, oder PWM, ist eine Rechteckspannung, die verwendet wird, um der Magnetspule Strom zuzuführen. Die PWM findet Anwendung, weil es sich im Gegensatz zu einer Widerstandsschaltung um eine effektive Methode zur Regelung von Gleichstrom handelt. Sie ermöglicht die Regelung hoher Ströme, während bei diesem Vorgang nur minimale Energie verbraucht wird. Die Änderung des Tastgrads (die Dauer des Impulses im Vergleich zur Pause) der Rechteckspannung ändert die Breite des Pulses aber nicht die Amplitude oder die Frequenz. Dadurch wird die durchschnittliche Stromzufuhr zur Spule geregelt. Dieses Konzept ist in einer simplen Grafik in Bild 23 dargestellt. Der mittlere Ausgangsstrom für ein PWM-gesteuertes System ist eine Funktion des Tastgrads.

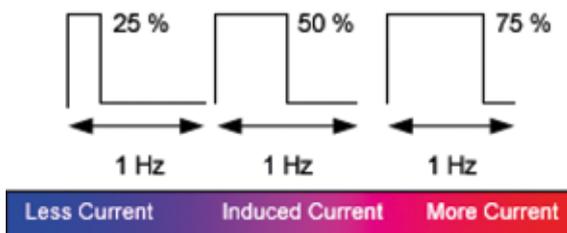


Bild 23: Tastgrad der PWM

Die PWM erzeugt außerdem den Effekt eines überlagerten Dithers. Dither oder Stromrippel haben eine positive Wirkung auf die Leistung eines Proportionalventils, da sie das Ruckgleiten verringern, das zur Hysterese beiträgt. Auch Linearität und Wiederholgenauigkeit der Ventile werden verbessert, die sonst unter der mechanischen Reibung im Ventil leiden können. Dither ist ein Ergebnis der Rechteckspan-

nung der PWM und des nacheilenden Stroms. Der Strom eilt der Spannung aufgrund des induktiven Widerstands in der Magnetspule nach.

Der Effekt des Dither hat ein Minimum in der Nähe von null und bei maximalem Strom. Der Effekt des Dither ist am größten bei 50 % Tastgrad.

Proportionalverstärker können entweder niederfrequente oder hochfrequente PWM nutzen. SUN hat sich entschlossen, Verstärker auf Basis niederfrequenter PWM zu nutzen, da die Ventilleistung im Vergleich zu hochfrequenter PWM besser ist. Bei niederfrequenten Verstärkern kann die Ditheramplitude nicht eingestellt werden und die Ditheramplitude befindet sich immer bei maximaler Versorgungsspannung. Eine zu niedrige PWM-Frequenz kann zur Bildung von Druckschwankungen bei Druckregelventilen führen. Dieses Problem lässt sich durch die Änderung der Ditherfrequenz feststellen. Bei Verstärkern auf Basis niederfrequenter PWM führt eine Änderung der Ditherfrequenz auch zu einer Änderung der PWM-Frequenz. SUN empfiehlt 140 Hz für die Ditherfrequenz. Diese Empfehlung basiert allerdings auf der Optimierung der Ventilleistung auf Prüfständen. Andere hydraulische Antriebe in unterschiedlichen Maschinen erfordern unter Umständen eine Anpassung der Ditherfrequenz. Eine Änderung der Frequenz lässt sich einfach mit dem IR-Adapter und Handprogrammiergerät oder der SUN Einstellsoftware für Verstärker vornehmen.

### 8.2. Auflösung

Sowohl Spannungssignal als auch Stromsignal von Proportionalverstärkern verwenden einen 10 Bit Analog-Digital-Umwandler (A/D-Wandler). Die theoretischen

Eingangs- und Ausgangsaufösungen der Verstärker können berechnet werden, indem man die maximalen Eingangs- und Ausgangswerte des Verstärkers durch 1024 oder 210 teilt. Bei einem Verstärker mit Spannungssignal beispielsweise liegt das maximale Eingangssignal bei 10 V. 10 V geteilt durch 1024 ergibt eine Signalauflösung von 0,01 V. Ebenso hat ein 600 mA Verstärker auf der Ausgangsseite einen maximalen Ausgangsstrom von 625 mA. 625 geteilt durch 1024 ergibt

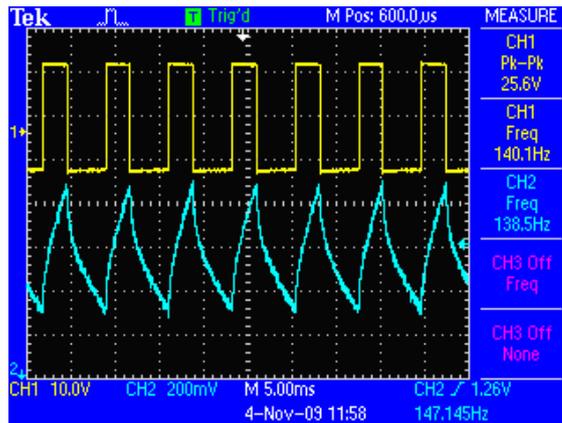


Bild 24: Rechteckspannung und Strommessung bei einem PWM-gesteuerten Verstärker. 12

eine Ausgangsauflösung von 0,6 mA. Die Auflösung ist durch das Hardware-Design festgelegt und lässt sich nicht einfach durch die Begrenzung des maximalen Ausgangsstroms oder des maximalen Eingangssignals ändern. Beispiel: Die Einstellung von 5 V als maximales Eingangssignal bei einem Verstärker mit Spannungssignal führt nicht zur Verbesserung der Signalauflösung. Dadurch wird lediglich die Anzahl der Schritte bis zu einem Maximum von 512 anstatt 1024 beschränkt. Im Endeffekt wird die Regelauflösung des Geräts, das ein Analogsignal sendet, „empfindlicher“.

Im Hinblick auf eine Druckregelung: Bei einem Höchstdruck von 210 bar steht jede Signaländerung von 0,01 V für eine Druckänderung von 0,20 bar. In der Praxis ist die hydraulische Regelauflösung aufgrund von Hysterese, Reibung und der Unterschiede von Ventil zu Ventil schwieriger zu berechnen. Dieses einfache Beispiel geht auch davon aus, dass

$$2.9 \text{ psi (0.20 bar)} \left( \frac{3000 \text{ psi}}{1024} = 2.9 \text{ psi} \right) \text{ change in pressure.}$$

Installation	Empfohlenes Analogsignal	Erläuterung
Möglichkeit für starkes elektrisches Rauschen	Stromsignal	Das Stromsignal ist an sich unempfindlicher gegenüber elektrischem Rauschen als das Spannungssignal.
Lange Kabelwege	Stromsignal	Bei Kabelwegen von über ~3 m (10 ft) sollte der Spannungsabfall im Kabelweg berücksichtigt werden.
Verwendung eines Potentiometers oder Joysticks	Spannungssignal	Das Spannungssignal lässt sich einfacher bei Anwendungen mit Potentiometer oder Joystick einsetzen. Die Kabelwege sollten nicht länger als 3 m sein.
Erfordert eine Durchgangsprüfung (Fehlertoleranz bei Drahtbruch)	Stromsignal	Das Stromsignal ist an sich ein fehlertoleranter Kreis mit einfacherer Fehlerdiagnose.

**Bild 26:** Empfohlenes Analogsignal.

210 bar der Höchstdruck der Druckregelung mit dem maximalen Ausgangsstrom des Verstärkers sind. Dieses einfache Beispiel zeigt jedoch nicht die theoretische Auflösung des Proportionalverstärkers und des Ventils als ein System auf. Die Auflösung ist der Grund dafür, dass alle für mehrere Zwecke geeigneten Verstärker mit Vorsicht eingesetzt werden müssen. Die Auflösung ist wie im vorstehenden Abschnitt beschrieben eine Funktion des Hardware-Designs der Elektronik. Überdimensionierte Verstärker können zu Fehlern bei der Wiederholgenauigkeit führen, die sich nicht abstellen lassen.

### 8.3. Strommessung

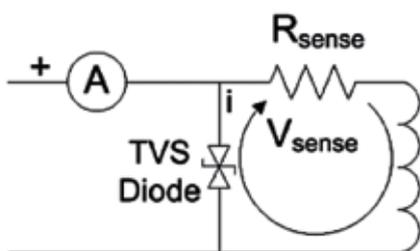
Mit dem IR-Adapterkabel und dem Handprogrammiergerät lässt sich der Strom an der Spule messen. Dieser Wert wird von der Anzeige eines Amperemeters abwei-

chen. Verstärker erkennen den Strom, einschließlich des Stromflusses durch eine TVS-Diode, als einen zeitabhängigen Durchschnitt. Aufgrund dieser Strommessmethode, bei der der Wert auf Basis eines Spannungsabfalls berechnet wird, weicht der Wert ab und liegt häufig unter der Messung eines Amperemeters an der Stromaufnahme.

### 8.4. Auswahl des analogen Eingangssignals

Berücksichtigen Sie bei der Wahl des Analogsignals die Stabilität der Installation und die Fehlertoleranz. (Die Wahl des Analogsignals wird häufig vom Gerätehersteller vorgegeben.) (Siehe Bild 26) Bei der Steuerung mehrerer Verstärker mit einer einzigen Signalquelle sollte ein Signalervielfacher verwendet werden. (Mehrere Signalquellen, egal ob Span-

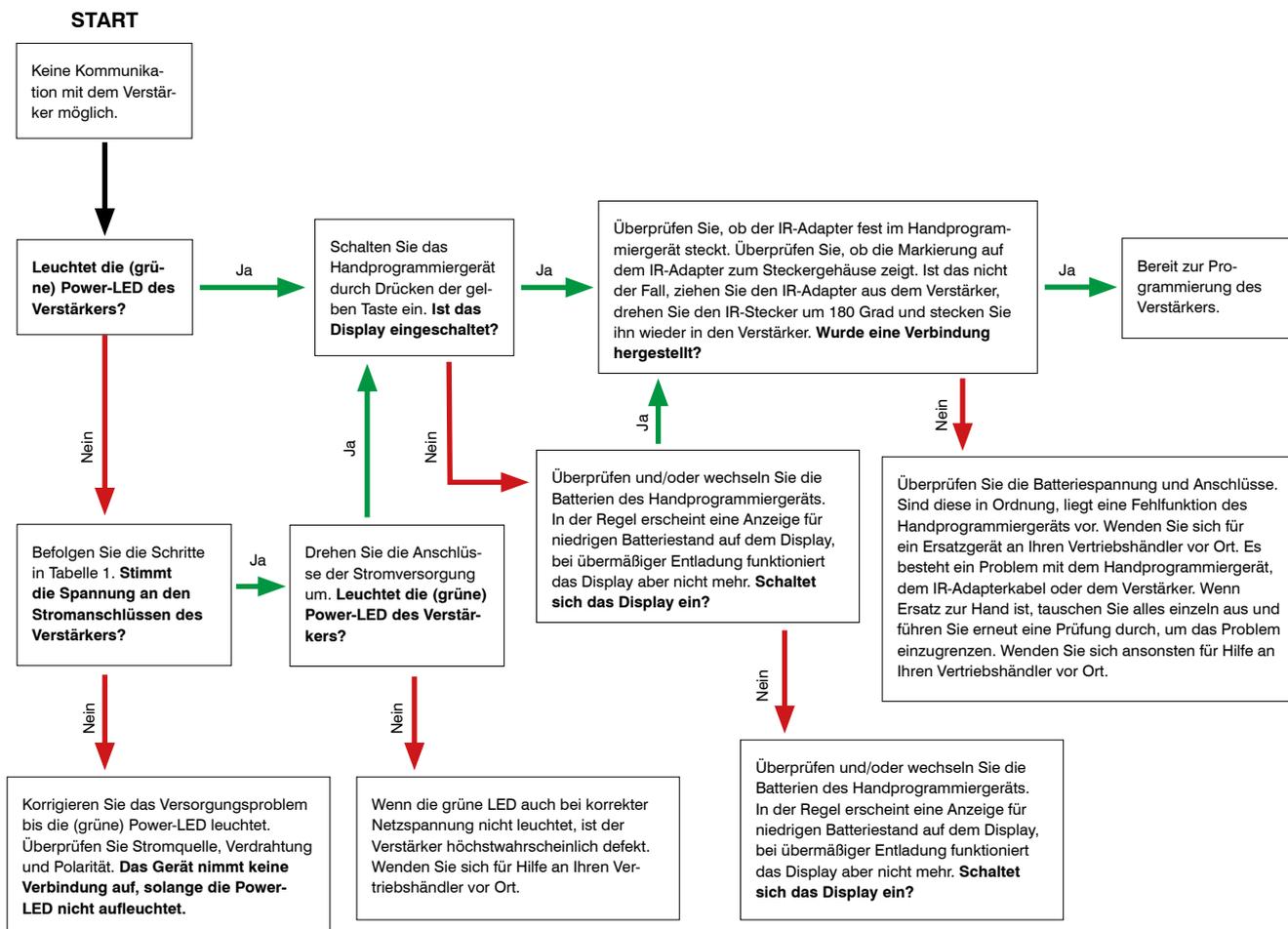
nungs- oder Stromsignale, sollten NICHT in Reihe oder parallel mit einem gemeinsamen Ausgang verbunden werden.) Hinsichtlich des minimalen Eingangssignals ist Vorsicht geboten. Nullwerte für Spannungs- oder Stromsignale sollten immer vermieden werden.



**Bild 25:** Vereinfachtes Schema der Strommessung.

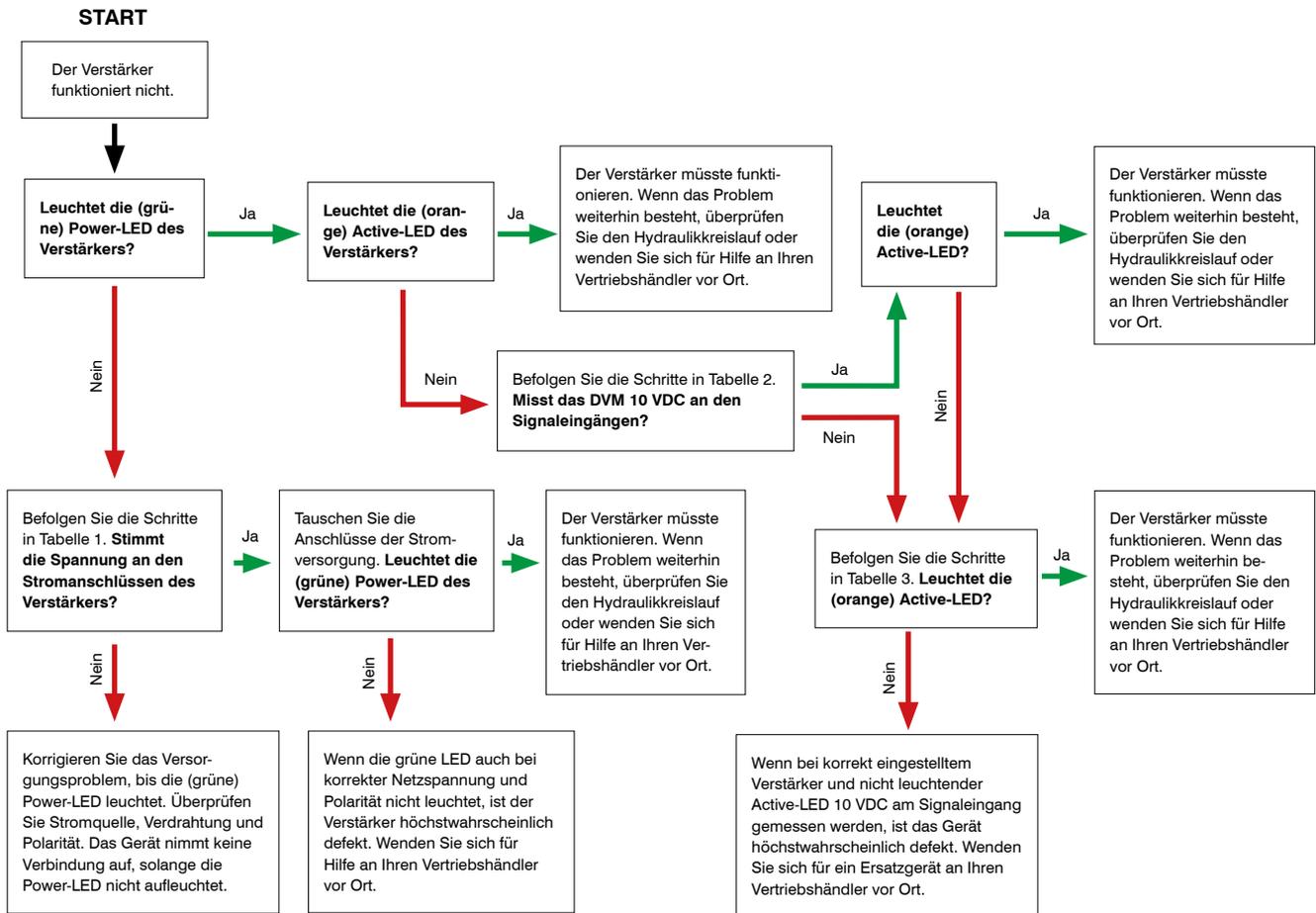
## 9. Fehlersuchdiagramme

Fehlersuchdiagramm für die allgemeine Programmierung des integrierten Verstärkers



## 9. Fehlersuchdiagramme

Fehlersuchdiagramm für integrierte Verstärker  
Modellcodes A, B, C, D und F mit Spannungssignal 12 oder 24 V



**Tabelle 1 Stromversorgung**

- Messen Sie die Versorgungsspannung mit einem DVM.
- Rotes Kabel an den +V Strom Anschluss.
- Schwarzes Kabel an den Nullleiteranschluss.
- Die zulässigen Spannungswerte sind:
- 10,8 bis 13,2 VDC für 12-Volt-Modelle
- 21,6 bis 26,4 VDC für 24-Volt-Modelle

**Tabelle 2 Spannungssignal**

- Führen Sie ein Spannungssignal von 10 VDC zu.
- Überprüfen Sie bei Verwendung der integrierten +5 V Referenzspannung, ob das Potentiometer wenigstens 10

KΩ hat. Stellen Sie das Potentiometer auf ein Spannungssignal von +5 V ein.

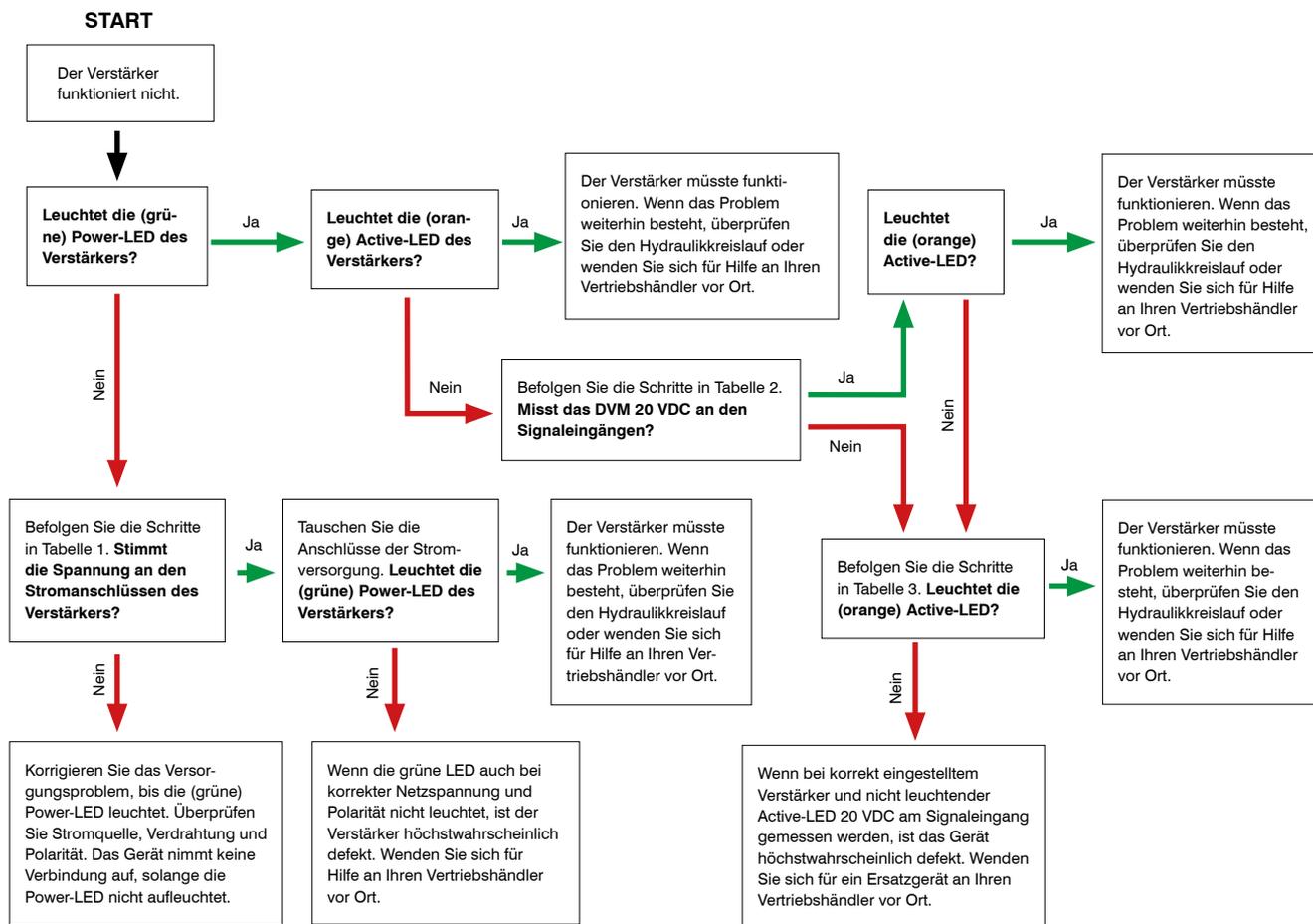
- Überprüfen Sie, ob der Verstärker auf Betriebsart 1 eingestellt ist bzw. stellen Sie diese mit dem Handprogrammiergerät und dem IR-Adapter ein.
- Überprüfen Sie die Signalverbindung zum Signalanschluss. Verbinden Sie den Signal-Nullleiter mit dem Nullleiter der Versorgung.
- Messen Sie das Spannungssignal mit einem DVM.
- Schließen Sie das schwarze Kabel des DVM an den Anschluss von Signal-Nullleiter/Versorgungs-Nullleiter an.
- Schließen Sie das rote Kabel des DVM an den Signaleingang an.

**Tabelle 3 Spannungssignal**

- Es besteht ein Problem mit dem Signaleingang.
- Überprüfen Sie am Handprogrammiergerät, ob der Verstärker auf Betriebsart 1 eingestellt ist.
- Überprüfen Sie zuerst das Eingangssignal an der Spannungsquelle und dann das Signal am Verstärker.
- Überprüfen Sie die Unversehrtheit der Verdrahtung.
- Beheben Sie alle aufgefallenen Probleme.
- Überprüfen Sie, ob die Polarität des Spannungssignals an den Verstärkeranschlüssen stimmt.
- Das Gerät funktioniert nur, wenn ein gültiges Eingangssignal vorliegt.

## 9. Fehlersuchdiagramme

Fehlersuchdiagramm für integrierte Verstärker  
Modellcodes A, B, C, D und F mit Stromsignal 12 oder 24 V



**Tabelle 1 Stromversorgung**

- Messen Sie die Versorgungsspannung mit einem DVM.
- Rotes Kabel an den +V Strom Anschluss.
- Schwarzes Kabel an den Nullleiteranschluss.
- Die zulässigen Spannungswerte sind:
- 10,8 bis 13,2 VDC für 12-Volt-Modelle
- 21,6 bis 26,4 VDC für 24-Volt-Modelle

**Tabelle 2 Spannungssignal**

- Führen Sie ein Stromsignal von 20 mA zu.
- Die Signalleitung der +5 V Referenz kann nicht benutzt werden, da sie nicht

den nötigen Ansteuerungsstrom für das Eingangssignal liefert.

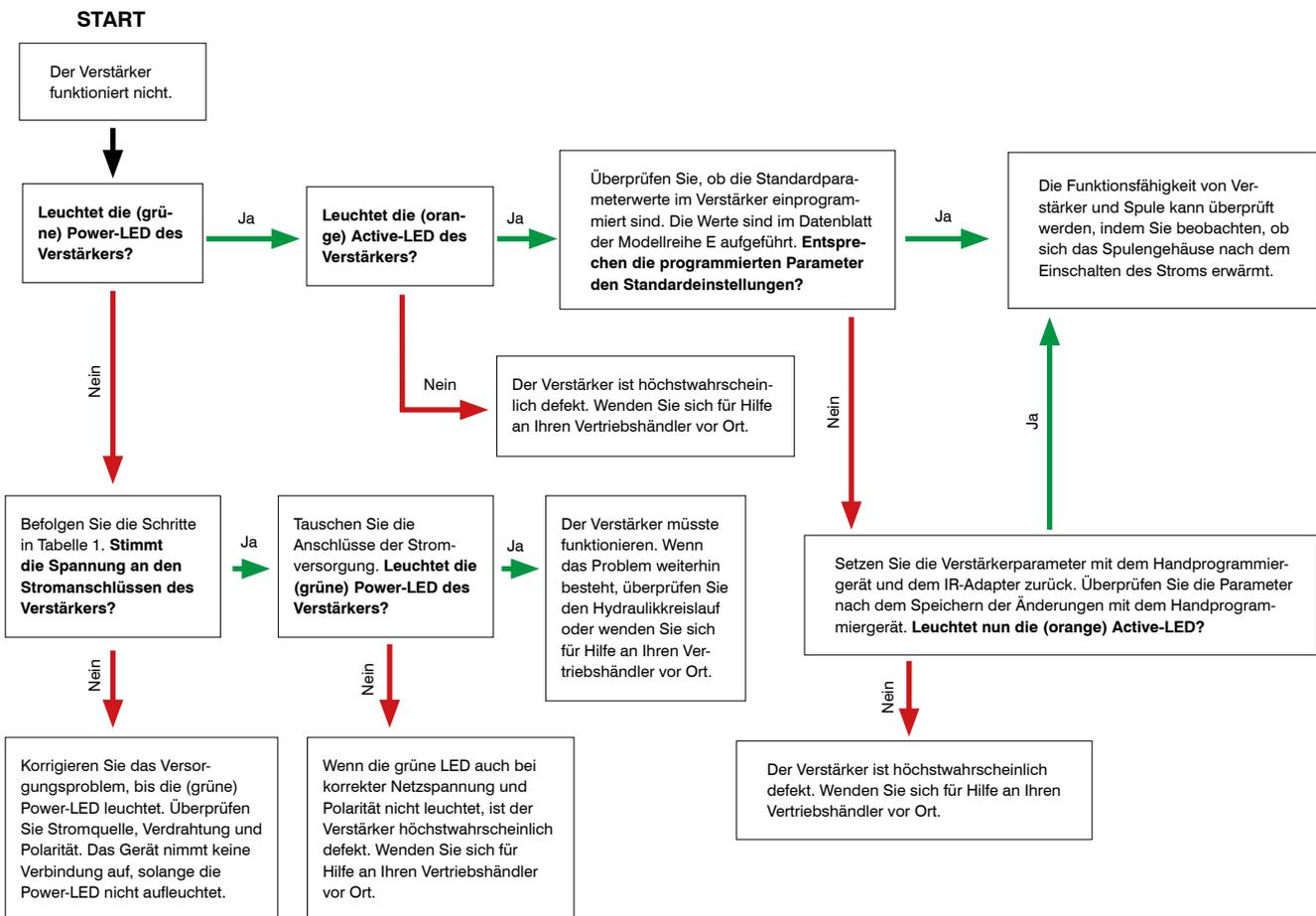
- Überprüfen Sie, ob die auf dem Datenblatt aufgeführten Standardparameter am Verstärker eingestellt sind bzw. stellen Sie diese mit dem Handprogrammiergerät und dem IR-Adapter ein.
- Überprüfen Sie die Signalverbindung zu den Signalanschlüssen.
- Messen Sie das Stromsignal mit einem Amperemeter (oder einem DVM im Strom-Modus). Beachten Sie, dass das Gerät für die Strommessung in Reihe mit der Signalleitung liegen muss.
- Schließen Sie das schwarze Kabel des Amperemeters an den Signaleingang an.
- Schließen Sie das rote Kabel des Amperemeters an die Quelle des Stromsignals an.

**Tabelle 3 Stromsignal**

- Es besteht ein Problem mit dem Signaleingang.
- Überprüfen Sie am Handprogrammiergerät, ob der Verstärker auf Betriebsart 1 eingestellt ist.
- Überprüfen Sie zuerst das Eingangssignal an der Stromquelle und dann das Signal am Verstärker.
- Überprüfen Sie die Unversehrtheit der Verdrahtung.
- Beheben Sie alle aufgefallenen Probleme.
- Überprüfen Sie, ob die Polarität des Spannungssignals an den Verstärkeranschlüssen stimmt.
- Das Gerät funktioniert nur, wenn ein gültiges Eingangssignal vorliegt.

## 9. Fehlersuchdiagramme

Fehlersuchdiagramm für integrierte Verstärker  
Modellcode E Sparverstärker 12 oder 24 V



**Tabelle 1 Stromversorgung**

- Messen Sie die Versorgungsspannung mit einem DVM.
- Rotes Kabel an den +V Anschluss.
- Schwarzes Kabel an den Nullleiteranschluss der Versorgung.
- Die zulässigen Spannungswerte sind:
- 10,8 bis 13,2 VDC für 12-Volt-Modelle
- 21,6 bis 26,4 VDC für 24-Volt-Modelle

## 10. Bestellnummern von Verstärker und Zubehör

Bezeichnung	Modellcode	Betriebsvorgaben
Verstärker mit integrierter Elektronik Deutsch-Stecker *	790-4A24V	24-Volt-Spule, Spannungssignal, Alle Optionen
	790-4A12V	12-Volt-Spule, Spannungssignal, Alle Optionen
	790-4A24A	24-Volt-Spule, Stromsignal, Alle Optionen
	790-4A12A	12-Volt-Spule, Stromsignal, Alle Optionen
Verstärker mit integrierter Elektronik DIN 43650-A (ISO 4400) Stecker *	790-2B24V	24-Volt-Spule, Spannungssignal, Masse-Option
	790-2B12V	12-Volt-Spule, Spannungssignal, Masse-Option
	790-2B24A	24-Volt-Spule, Stromsignal, Masse-Option
	790-2B12A	12-Volt-Spule, Stromsignal, Masse-Option
Verstärker mit integrierter Elektronik DIN 43650-A (ISO 4400) Stecker	790-2C24V	24-Volt-Spule, Spannungssignal, Option +5 V Referenzspannung
	790-2C12V	12-Volt-Spule, Spannungssignal, Option +5 V Referenzspannung
	790-2D24V	24-Volt-Spule, Spannungssignal, Schaltsignal-Option
	790-2D12V	12-Volt-Spule, Spannungssignal, Schaltsignal-Option
	790-2D24A	24-Volt-Spule, Stromsignal, Schaltsignal-Option
	790-2D12A	12-Volt-Spule, Stromsignal, Schaltsignal-Option
Verstärker mit integrierter Elektronik Deutsch-Stecker **	790-4F24V	24-Volt-Spule, Spannungssignal, Option nur Rampenfunktion
	790-4F12V	12-Volt-Spule, Spannungssignal, Option nur Rampenfunktion
Verstärker mit integrierter Elektronik DIN 43650-A (ISO 4400) Stecker **	790-2F24V	24-Volt-Spule, Spannungssignal, Option nur Rampenfunktion
	790-2F12V	12-Volt-Spule, Spannungssignal, Option nur Rampenfunktion
Verstärker mit integrierter Elektronik Deutsch-Stecker **	790-4E24V	24-Volt-Spule, Sparverstärker
	790-4E12V	12-Volt-Spule, Sparverstärker
Verstärker mit integrierter Elektronik DIN 43650-A (ISO 4400) Stecker **	790-2E24V	24-Volt-Spule, Sparverstärker
	790-2E12V	12-Volt-Spule, Sparverstärker

\* Bevorzugte Verstärker    \*\* Spezialverstärker

Bezeichnung	Modellcode	Betriebsvorgaben
Kabel	991-706-003	Kabel mit Deutsch-Stecker, Länge 3 m
	991-706-006	Kabel mit Deutsch-Stecker, Länge 6 m
	991-702	IR-Adapter für Verstärker der Serie 790, Serielle Schnittstelle
	991-704	IR-Adapter für Verstärker der Serie 790, USB-Schnittstelle
Handprogrammiergerät	991-700	Handprogrammiergerät zur Verwendung mit IR-Adapter mit serieller Schnittstelle
	991-707	Software (in Entwicklung)