



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Über LinuxCNC</b>	<b>1</b>
1.1	Die Software	1
1.2	Das Betriebssystem	2
1.3	Hilfe erhalten	2
1.3.1	IRC	2
1.3.2	Mailingliste	2
1.3.3	Web-Forum	3
1.3.4	LinuxCNC-Wiki	3
1.3.5	Fehlerberichte	3
<b>2</b>	<b>Systemvoraussetzungen</b>	<b>4</b>
2.1	Mindestanforderungen	4
2.2	Kernel- und Versionsanforderungen	5
2.2.1	Preempt-RT mit dem Paket <i>linuxcnc-usrpace</i>	5
2.2.2	RTAI mit <i>linuxcnc</i> -Paket	5
2.2.3	Xenomai mit <i>linuxcnc-usrpace</i> Paket	5
2.2.4	RTAI mit <i>linuxcnc-usrpace</i> -Paket	5
2.3	Problematische Hardware	6
2.3.1	Laptops	6
2.3.2	Videokarten	6
<b>3</b>	<b>LinuxCNC erhalten</b>	<b>7</b>
3.1	Das Festplattenabbild (engl. kurz image) herunterladen	7
3.1.1	Normales Herunterladen	7
3.1.2	Herunterladen mit <i>zsync</i>	8
3.1.3	Überprüfen des Abbilds	8
3.2	Schreiben des Abbilds auf ein bootfähiges Gerät	9
3.3	Testen von LinuxCNC	10
3.4	LinuxCNC installieren	10
3.5	Updates für LinuxCNC	11

---

---

3.6 Probleme bei der Installation . . . . .	11
3.7 Alternative Installationsmethoden . . . . .	11
3.7.1 Installation auf Debian Buster (mit Preempt-RT-Kernel) . . . . .	12
3.7.2 Installation unter Debian Buster (mit experimentellem RTAI-Kernel) . . . . .	14
3.7.3 Installieren auf Raspbian 10 . . . . .	14
3.7.4 Installieren unter Ubuntu Precise . . . . .	15
<b>4 Ausführen von LinuxCNC</b>	<b>16</b>
4.1 Aufrufen von LinuxCNC . . . . .	16
4.2 Konfigurationsstarter . . . . .	16
4.3 Nächste Schritte für die Konfiguration . . . . .	19
4.4 Simulator-Konfigurationen . . . . .	19
4.5 Konfigurationsressourcen . . . . .	19
<b>5 Aktualisieren von LinuxCNC</b>	<b>20</b>
5.1 Upgrade auf die neue Version . . . . .	20
5.1.1 Apt Sources Konfiguration . . . . .	21
5.1.2 Upgrade auf die neue Version . . . . .	22
5.1.2.1 Debian Wheezy & Stretch und Ubuntu Lucid . . . . .	22
5.1.3 Ubuntu Precise . . . . .	22
5.2 Aktualisieren ohne Netzwerk . . . . .	23
5.3 Aktualisieren von Konfigurationsdateien (für 2.8.x) . . . . .	23
5.3.1 Verteilungskonfigurationen (Aktualisierungen für joints_axes) . . . . .	23
5.3.2 Automatische Aktualisierungen (update_ini-Skript für joints_axes) . . . . .	24
5.3.3 Unterstützung mehrerer Spindeln . . . . .	24
5.3.4 TRAJ Geschwindigkeiten, Beschleunigungen Namen . . . . .	24
5.3.5 Kinematik-Module . . . . .	25
5.3.6 Drehmaschinen-Konfigurationen . . . . .	25
5.3.7 Konsistente Gelenke/Achsen-Spezifikationen . . . . .	26
5.3.8 Referenzierfahrt-Sequenzen . . . . .	27
5.3.9 Sperrender (engl. locking) rotierender Indexers (Updates für joints_axes) . . . . .	27
5.3.10 Strengere INI-Datei Syntax . . . . .	28
5.3.11 [TRAJ] Einstellungen . . . . .	29
5.4 HAL Änderungen (Aktualisierungen für joints_axes 2.8.x) . . . . .	29
5.4.1 Joggen mit dem Handrad oder MPG (manueller Impulsgeber) . . . . .	29
5.4.2 INI HAL-Pins . . . . .	30
5.5 HAL Änderungen (Aktualisierungen für joints_axes 2.8.x) . . . . .	30
5.5.1 halcompile . . . . .	30
5.5.2 Parameter zu Pin Änderungen . . . . .	31

---

---

5.6	Schnittstellenänderungen für joint_axes 2.8.x	31
5.6.1	Python LinuxCNC-Modul	31
5.7	GUIs (Aktualisierungen für joints_axes 2.8.x)	31
5.7.1	Hinweise zu Gelenk/Achsen-Jogging, Referenzfahrt und Kinematik	31
5.7.2	Halui	32
5.7.2.1	TELEOP-Jogging (auch Achsen- oder Welt-Jogging genannt)	32
5.7.2.2	Gemeinsames Joggen	33
5.7.2.3	Zusätzliche Pin-Umbenennungen	33
5.7.3	AXIS GUI	33
5.7.3.1	Identitäts-Kinematik	33
5.7.3.2	Sonderfall-Kinematiken	33
5.7.3.3	Nicht-Identitäts-Kinematik	34
5.7.3.4	Referenzpunkt-Symbole	34
5.7.3.5	Grenzwert (engl. limit)-Icons	34
5.7.3.6	Tastenbelegung für eine vierte Achse	34
5.7.4	TkLinuxCNC	34
5.7.4.1	emcsh-Befehle	35
5.7.5	Touchy	35
5.7.6	Gscreen	35
5.7.7	GMOCCAPY	35
5.7.8	shuttlepress-Treiber umbenannt in shuttle	35
5.7.9	linuxcncrsh	36
5.8	Werkzeuge (engl. tools)	36
5.8.1	Kalibrierung (emccalib.tcl)	36
5.9	Veraltete GUIs (entfernt für 2.8.x)	37
5.10	Veraltete GUIs (markiert bei 2.8.x)	37
5.11	Simulator-Konfigurationen (Aktualisierungen für Gelenke Achsen 2.8.x)	37
5.11.1	Vor joints_axes	37
5.11.2	Nach joints_axes	37
5.11.2.1	Äquivalente HAL-Befehlsdatei	38
5.11.2.2	Anmerkungen	38
5.12	Verschiedene Updates für 2.8.x	39
5.12.1	Bewegungs-Pins (engl. motion pins)	39
5.12.2	HAL-Pins	39
5.12.3	HAL-Komponenten	39
5.12.4	XHC-HB04 vorbereitete Unterstützung	39
5.12.4.1	xhc_hb04_util.comp (Hilfskomponente)	39
5.12.4.2	xhc_hb04.tcl (optionale HAL-Datei für die LIB-Konfiguration)	40
5.12.5	XHC-WHB04B-6 pendant Unterstützung	40

---

---

5.12.6bldc3_hall . . . . .	40
5.12.7[JOINT_n] HOME_SEQUENCE Startwerte . . . . .	40
5.12.8[JOINT_n]HOME_SEQUENCE Negative Werte . . . . .	40
5.12.9TWOPASS-Unterstützung für komplexe loadrt config= items . . . . .	40
5.13Änderungen nach 2.8.x (Master-Zweig Entwicklung) . . . . .	40
5.13.1Python3 und GTK3 . . . . .	40
5.13.2LinuxCNC-Startup . . . . .	41
5.13.3G-Code Änderungen . . . . .	41
5.13.4Konfigurations-Updates . . . . .	41
5.13.4.1INI-Datei Einstellungen . . . . .	41
5.13.5Code-Aktualisierungen . . . . .	41
5.13.5.1Rückwärtslauf . . . . .	41
5.13.5.2Anzahl der Gelenke . . . . .	42
5.13.5.3Extra Gelenke . . . . .	42
5.13.5.4Referenzfahrt (engl. homing) . . . . .	42
5.13.5.5Bewegung (engl. motion) . . . . .	42
5.13.5.6Switchkins Kinematik-Module . . . . .	42
5.13.5.7Trajektorienplaner . . . . .	43
5.13.5.8Referenzfahrt (engl. homing) . . . . .	43
5.13.5.9Sonstiges . . . . .	43
5.13.6HAL . . . . .	43
5.13.6.1Komponenten . . . . .	43
5.13.6.2Pins für Bewegungsmodule . . . . .	43
5.13.7Konfigurationen . . . . .	43
5.13.7.1INI-Datei . . . . .	43
5.13.7.2Simulationskonfigurationen . . . . .	43
5.14Änderungen nach 2.8.x . . . . .	44
<b>6 Glossar</b>	<b>45</b>
<b>7 Juristischer Abschnitt</b>	<b>51</b>
7.1 Copyright-Bedingungen . . . . .	51
7.2 GNU Free Documentation License . . . . .	51
<b>8 Index</b>	<b>56</b>

---

Das LinuxCNC-Team



Dieses Handbuch ist noch in Arbeit. Wenn Sie beim Schreiben, Redigieren oder bei der grafischen Aufbereitung helfen können, wenden Sie sich bitte an ein Mitglied des Redaktionsteams oder schreiben Sie eine E-Mail (bevorzugt auf Englisch, aber nicht zwingend, es findet sich jemand) an [emc-users@lists.sourceforge.net](mailto:emc-users@lists.sourceforge.net).

Copyright © 2000-2020 LinuxCNC.org

Es wird die Erlaubnis erteilt, dieses Dokument unter den Bedingungen der GNU Free Documentation License, Version 1.1 oder einer späteren Version, die von der Free Software Foundation veröffentlicht wurde, zu kopieren, zu verbreiten und/oder zu verändern; ohne unveränderliche Abschnitte, ohne Texte auf der Vorderseite und ohne Texte auf der Rückseite des Umschlags. Eine Kopie der Lizenz ist in dem Abschnitt "GNU Free Documentation License" enthalten.

Wenn Sie die Lizenz nicht finden, können Sie eine Kopie bei uns bestellen:

Free Software Foundation, Inc.  
51 Franklin Street  
Fifth Floor  
Boston, MA 02110-1301 USA.

(Maßgeblich ist die englische Sprachfassung, deswegen wurde sie hier nicht übersetzt, im Fall von Verständnisproblemen siehe zur Anregung <http://www.gnu.de/documents/gpl-3.0.de.html> und lassen Sie sich beraten )

LINUX® ist das eingetragene Warenzeichen von Linus Torvalds in den USA und anderen Ländern. Die eingetragene Marke Linux® wird im Rahmen einer Unterlizenz von LMI, dem exklusiven Lizenznehmer von Linus Torvalds, dem Eigentümer der Marke auf weltweiter Basis, verwendet.

Das LinuxCNC-Projekt ist nicht mit Debian® verbunden. Debian\_ ist ein eingetragenes Warenzeichen im Besitz von Software in the Public Interest, Inc.

Das LinuxCNC-Projekt ist nicht mit UBUNTU® verbunden. UBUNTU ist eine eingetragene Marke im Besitz von Canonical Limited.

---

# Kapitel 1

## Über LinuxCNC

### 1.1 Die Software

- LinuxCNC (Enhanced Machine Control) ist ein Softwaresystem zur Computersteuerung von Werkzeugmaschinen wie Fräs- und Drehmaschinen, Robotern wie Puma und Scara und anderen computergesteuerten Maschinen mit bis zu 9 Achsen.
  - LinuxCNC ist freie Software mit offenem Quellcode. Aktuelle Versionen von LinuxCNC sind vollständig unter der GNU General Public License und Lesser GNU General Public License (GPL und LGPL) lizenziert
  - LinuxCNC bietet:
    - einfaches Entdecken und Testen ohne Installation mit der LiveCD
    - einfache Installation von der Live-CD
    - benutzerfreundliche grafische Konfigurationsassistenten zum schnellen Erstellen einer maschinenspezifischen Konfiguration
    - direkt verfügbar als reguläre Pakete in den letzten Veröffentlichungen von Debian (seit Bookworm) und Ubuntu (seit Kinetic Kudu)
    - eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) (es stehen sogar mehrere GUIs zur Auswahl)
    - ein Tool zur Erstellung einer grafischen Benutzeroberfläche (Glade)
    - ein Interpreter für *G-Code* (die Programmiersprache für RS-274-Werkzeugmaschinen)
    - ein System zur Bewegungsplanung in Echtzeit mit Vorausschau
    - Betrieb von Low-Level-Maschinenelektronik wie Sensoren und Motorantriebe
    - eine einfach zu bedienende *Steckplatinen*-Schicht für die schnelle Erstellung einer einzigartigen Konfiguration für Ihre Maschine
    - eine mit Leiterdiagrammen programmierbare Software-SPS
  - Es bietet keine Zeichnungsfunktionen (CAD - Computer Aided Design) oder G-Code-Generierung aus der Zeichnung (CAM - Computer Automated Manufacturing).
  - Er kann bis zu 9 Achsen gleichzeitig bewegen und unterstützt eine Vielzahl von Schnittstellen.
  - Die Steuerung kann echte Servos (analog oder PWM) mit der Feedback-Schleife durch die LinuxCNC-Software auf dem Computer, oder Open-Loop mit Schritt-Servos oder Schrittmotoren betreiben.
  - Zu den Funktionen der Bewegungssteuerung gehören: Fräserradius- und Längenkompensation, auf eine bestimmte Toleranz begrenzte Bahnabweichung, Gewindedrehen, synchronisierte Achsenbewegung, adaptiver Vorschub, Vorschubübersteuerung durch den Bediener und konstante Geschwindigkeitsregelung.
-

- Unterstützung für nicht-kartesische Bewegungssysteme wird über benutzerdefinierte Kinematikmodule bereitgestellt. Zu den verfügbaren Architekturen gehören Hexapoden (Stewart-Plattformen und ähnliche Konzepte) und Systeme mit Drehgelenken für die Bewegung wie PUMA- oder SCARA-Roboter.
- LinuxCNC läuft auf Linux mit Echtzeit-Erweiterungen.

## 1.2 Das Betriebssystem

LinuxCNC ist als gebrauchsfertige Pakete für die Ubuntu- und Debian-Distributionen verfügbar.

## 1.3 Hilfe erhalten

### 1.3.1 IRC

IRC steht für Internet Relay Chat. Es ist eine Live-Verbindung zu anderen LinuxCNC-Benutzern. Der LinuxCNC IRC-Kanal ist `#linuxcnc` auf `libera.chat`.

Der einfachste Weg, in den IRC zu gelangen, ist die Verwendung des eingebetteten Clients auf dieser [Seite](#).

#### Etwas IRC-Etikette

- Stellen Sie gezielte Fragen... Vermeiden Sie Fragen wie „Kann mir jemand helfen?“.
- Wenn Sie wirklich neu auf diesem Gebiet sind, denken Sie ein wenig über Ihre Frage nach, bevor Sie sie tippen. Stellen Sie sicher, dass Sie genügend Informationen geben, damit jemand Ihre Frage lösen kann.
- Haben Sie etwas Geduld, wenn Sie auf eine Antwort warten, denn manchmal dauert es eine Weile, bis eine Antwort formuliert wird, oder alle sind mit der Arbeit beschäftigt oder so.
- Richten Sie Ihr IRC-Konto mit Ihrem eindeutigen Namen ein, damit andere wissen, wer Sie sind. Wenn Sie den Java-Client verwenden, sollten Sie jedes Mal, wenn Sie sich anmelden, denselben Namen verwenden. So können sich die Leute merken, wer Sie sind, und wenn Sie schon einmal dabei waren, werden sich viele an die vergangenen Diskussionen erinnern, was für beide Seiten Zeit spart.

#### Dateien teilen

Die gängigste Art, Dateien im IRC auszutauschen, besteht darin, die Datei auf einen der folgenden oder einen ähnlichen Dienst hochzuladen und den Link einzufügen:

- Für Text: <http://pastebin.com/>, <http://pastie.org/>, <https://gist.github.com/>
- Für Bilder: <http://imagebin.org/>, <http://imgur.com/>, <http://bayimg.com/>
- Für Dateien: <https://filedropper.com/>, <http://filefactory.com/>, <http://1fichier.com/>

### 1.3.2 Mailingliste

Eine Internet-Mailingliste ist eine Möglichkeit, Fragen zu stellen, die jeder auf dieser Liste sehen und nach Belieben beantworten kann. Auf einer Mailingliste können Sie Ihre Fragen besser stellen als im IRC, aber die Antworten dauern länger. Kurz gesagt: Sie senden eine Nachricht an die Liste und erhalten entweder tägliche Zusammenfassungen oder individuelle Antworten, je nachdem, wie Sie Ihr Konto eingerichtet haben.

Sie können die Mailingliste `emc-users` abonnieren unter: <https://lists.sourceforge.net/lists/listinfo/emc-users>



### 1.3.3 Web-Forum

Ein Webforum finden Sie unter <https://forum.linuxcnc.org> oder über den Link oben auf der Homepage von linuxcnc.org.

Diese ist recht aktiv, aber die Zielgruppe ist stärker auf die Benutzer ausgerichtet als die Mailingliste. Wenn Sie sicher sein wollen, dass Ihre Nachricht von den Entwicklern gesehen wird, sollten Sie die Mailingliste bevorzugen.

### 1.3.4 LinuxCNC-Wiki

Eine Wiki-Site ist eine von Benutzern gepflegte Website, die von jedermann ergänzt und bearbeitet werden kann.

Die von den Benutzern gepflegte LinuxCNC Wiki Seite enthält eine Fülle von Informationen und Tipps: <http://wiki.linuxcnc.org>

### 1.3.5 Fehlerberichte

Melden Sie Fehler an den LinuxCNC Link: [github bug tracker](#).

---

## Kapitel 2

# Systemvoraussetzungen

### 2.1 Mindestanforderungen

Das minimale System, um LinuxCNC unter Debian/Ubuntu zu nutzen variiert mit der jeweiligen Anwendung. Stepper-Systeme benötigen im Allgemeinen schnellere Threads, um Schritimpulse zu erzeugen, als Servo-Systeme. Sie können die Live-CD verwenden, um die Software zu testen, bevor Sie sich für eine permanente Installation auf einem Computer entscheiden. Beachten Sie, dass die Zahlen des Latenz-Tests für die Software-Schritterzeugung wichtiger sind als die Prozessorgeschwindigkeit. Mehr Informationen über den Latency Test sind [hier](#). Außerdem muss LinuxCNC auf einem Betriebssystem ausgeführt werden, das einen speziell modifizierten Kernel verwendet, siehe [Kernel and Version Requirements](#).

Weitere Informationen finden Sie auf der LinuxCNC Wiki Seite: [Hardware Requirements](#)

LinuxCNC und Debian Linux sollte einigermaßen gut auf einem Computer mit den folgenden minimalen Hardware-Spezifikationen laufen. Diese Zahlen sind nicht das absolute Minimum, sondern wird eine angemessene Leistung für die meisten Stepper-Systeme geben.

- 700 MHz x86-Prozessor (1,2 GHz x86-Prozessor empfohlen) oder Raspberry Pi 4 oder besser.
- Um LinuxCNC 2.8 und Debian Buster von der LiveCD auszuführen, sollte das System 64-Bit-fähig sein.
- 512 MB oder mehr RAM
- 8 GB Festplatte
- Grafikkarte mit einer Auflösung von mindestens 1024x768, die nicht die proprietären NVidia- oder ATI-Treiber verwendet. Moderne Onboard-Grafikchipsätze scheinen im Allgemeinen in Ordnung zu sein.
- Eine Netzwerk- oder Internetverbindung (nicht unbedingt erforderlich, aber sehr nützlich für Updates und für die Kommunikation mit der LinuxCNC-Community)

Die Mindestanforderungen an die Hardware ändern sich mit der Weiterentwicklung der Linux-Distributionen, daher sollten Sie sich auf der [Debian](#)-Website über die Details der von Ihnen verwendeten LiveCD informieren. Bei älterer Hardware kann es von Vorteil sein, eine ältere Version der LiveCD zu wählen, wenn diese verfügbar ist.

---

## 2.2 Kernel- und Versionsanforderungen

LinuxCNC erfordert einen Kernel, der für die Echtzeitnutzung modifiziert wurde, um echte Maschinenhardware zu steuern. Es kann jedoch auf einem Standard-Kernel im Simulationsmodus für Zwecke wie die Überprüfung G-Code, Testen von Konfigurationsdateien und Lernen des Systems laufen. Um mit diesen Kernel-Versionen arbeiten zu können, werden zwei Versionen von LinuxCNC verteilt. Die Paketnamen sind "linuxcnc" und "linuxcnc-ospace".

Die Echtzeit-Kerneloptionen sind preempt-rt, RTAI und Xenomai.

Sie können die Kernel-Version Ihres Systems mit dem folgenden Befehl ermitteln:

```
uname -a
```

Wenn Sie (wie oben) -rt- im Kernel-Namen sehen, dann laufen Sie mit dem preempt-rt Kernel und sollten die "ospace" Version von LinuxCNC installieren. Sie sollten auch ospace für "sim"-Konfigurationen auf Nicht-Echtzeit-Kerneln installieren

Wenn Sie -rtai- im Kernel-Namen sehen, dann laufen Sie mit RTAI-Echtzeit. Siehe unten für die LinuxCNC Version zu installieren.

### 2.2.1 Preempt-RT mit dem Paket *linuxcnc-ospace*

Preempt-RT is the newest of the realtime systems, and is also the version that is closest to a mainline kernel. Preempt-RT kernels are available as precompiled packages from the main repositories. The search term "PREEMPT\_RT" will find them, and one can be downloaded and installed just like any other package. Preempt-RT will generally have the best driver support and is the only option for systems using the Mesa ethernet-connected hardware driver cards. In general preempt-rt has the worst latency of the available systems, but there are exceptions.

### 2.2.2 RTAI mit *linuxcnc*-Paket

RTAI ist seit vielen Jahren die Hauptstütze der LinuxCNC-Distributionen. Es wird in der Regel die beste Echtzeit-Leistung in Bezug auf niedrige Latenz, aber möglicherweise schlechtere Peripherie-Unterstützung und nicht so viele Bildschirmauflösungen haben. Ein RTAI-Kernel ist im LinuxCNC-Paket-Repository verfügbar. Wenn Sie aus dem Live/Install-Image installiert haben, wird der Wechsel zwischen Kernel und LinuxCNC-Flavour in [Installing-RTAI] beschrieben.

### 2.2.3 Xenomai mit *linuxcnc-ospace* Paket

Xenomai wird auch unterstützt, aber Sie müssen den Kernel finden oder bauen und LinuxCNC aus den Quellen kompilieren, um es zu nutzen.

### 2.2.4 RTAI mit *linuxcnc-ospace*-Paket

Es ist auch möglich, LinuxCNC mit RTAI im User-Space-Modus zu betreiben. Wie bei Xenomai müssen Sie dazu aus dem Quellcode kompilieren.

## **2.3 Problematische Hardware**

### **2.3.1 Laptops**

Laptops sind im Allgemeinen nicht für die Erzeugung von Softwareschritten in Echtzeit geeignet. Auch hier wird Ihnen ein Latenztest über einen längeren Zeitraum die Informationen liefern, die Sie benötigen, um die Eignung festzustellen.

### **2.3.2 Videokarten**

Wenn Ihre Installation mit einer Bildschirmauflösung von 800 x 600 erscheint, erkennt Debian höchstwahrscheinlich Ihre Grafikkarte oder Ihren Monitor nicht. Dies kann manchmal durch die Installation von Treibern oder die Erstellung/Bearbeitung von Xorg.conf-Dateien umgangen werden.

## Kapitel 3

# LinuxCNC erhalten

Dieser Abschnitt beschreibt den empfohlenen Weg zum Herunterladen und zur Neuinstallation von LinuxCNC. Es gibt auch [Alternate Install Methods](#) für die Abenteuerlustigen. Wenn Sie eine bestehende Installation haben, die Sie aktualisieren möchten, gehen Sie stattdessen zum Abschnitt [Updating LinuxCNC](#).

---

### Anmerkung

LinuxCNC benötigt einen speziellen Kernel mit Echtzeit-Erweiterungen. Hier gibt es drei Möglichkeiten: preempt-rt, RTAI oder Xenomai. Darüber hinaus gibt es zwei Versionen von LinuxCNC, die mit diesen Kernen arbeiten. Siehe die Tabelle unten für Details.

---

Neue Installationen von LinuxCNC werden am einfachsten mit dem Live/Install Image erstellt. Dies ist ein hybrides ISO-Dateisystem-Image, das auf ein USB-Speichergerät oder eine DVD geschrieben und zum Booten eines Computers verwendet werden kann. Beim Booten haben Sie die Wahl, das "Live"-System zu starten (um LinuxCNC auszuführen, ohne irgendwelche dauerhaften Änderungen an Ihrem Computer vorzunehmen) oder den Installer zu starten (um LinuxCNC und sein Betriebssystem auf der Festplatte Ihres Computers zu installieren).

Der Prozess sieht grob umrissen wie folgt aus:

1. Laden Sie das Live/Installations-Image herunter.
2. Schreiben Sie das Image auf ein USB-Speichergerät oder eine DVD.
3. Booten Sie das Live-System, um LinuxCNC zu testen.
4. Booten Sie das Installationsprogramm, um LinuxCNC zu installieren.

## 3.1 Das Festplattenabbild (engl. kurz image) herunterladen

In diesem Abschnitt werden einige Methoden zum Herunterladen des Live/Install Image beschrieben.

### 3.1.1 Normales Herunterladen

Für x86-PCs laden Sie die Live/Installations-CD herunter, indem Sie hier klicken:

<http://www.linuxcnc.org/iso/linuxcnc-2.8.2-buster.iso>

Für den Raspberry Pi ist ein vollständiges SD-Karten-Image hier verfügbar:

---

<http://www.linuxcnc.org/iso/linuxcnc-2.8.1-pi4.zip> (dies wird automatisch auf 2.8.2 aktualisiert)

Diese kann mit dem normalen Pi [Installationsprozess](#) installiert werden, auch mit der Raspberry Pi Imager App.

Es wird berichtet, dass dieses SD-Image nicht mit dem Raspberry Pi4 8GB Modell funktioniert. Beachten Sie auch, dass diese Version des SD-Images den verfügbaren Speicher auf 3 GB begrenzt, da dies notwendig ist, um es zu überzeugen, dass sowohl WiFi als auch USB auf einigen Versionen des Pi funktionieren. Sie können versuchen, diese Begrenzung aufzuheben, indem Sie die Datei config.txt im Boot-Verzeichnis bearbeiten. Wenn Sie nach der Änderung nicht mehr booten können, dann können Sie die Datei wieder bearbeiten, indem Sie die SD-Karte in einen anderen Computer einlegen (vielleicht sogar einen Pi mit einem USB-Kartenleser).

### 3.1.2 Herunterladen mit zsync

zsync ist eine Download-Anwendung, die unterbrochene Downloads effizient wieder aufnimmt und große Dateien mit kleinen Änderungen effizient überträgt (wenn Sie eine ältere lokale Kopie haben). Verwenden Sie zsync, wenn Sie Probleme beim Herunterladen des Bildes mit der Methode [Normales Herunterladen](#) haben.

zsync unter Linux

- Installieren Sie zsync mit Synaptic oder indem Sie Folgendes in einem [Terminal-Programm](#) ausführen

```
sudo apt-get install zsync
```

- Führen Sie dann diesen Befehl aus, um die Iso auf Ihren Computer herunterzuladen

```
zsync http://www.linuxcnc.org/iso/linuxcnc-2.8.2-buster.iso
```

oder

```
zsync http://www.linuxcnc.org/iso/linuxcnc-2.8.1-pi4.zip.zsync
```

**zsync unter Windows** Es gibt eine Windows-Portierung von zsync. Sie funktioniert als Konsolenanwendung. Sie kann heruntergeladen werden von:

<https://www.assembla.com/spaces/zsync-windows/documents>

### 3.1.3 Überprüfen des Abbilds

(Dieser Schritt ist nicht erforderlich, wenn Sie zsync verwendet haben)

1. Überprüfen Sie nach dem Herunterladen die Prüfsumme des Bildes, um die Integrität sicherzustellen.

```
md5sum linuxcnc-2.8.2-buster.iso
```

oder

```
sha256sum linuxcnc-2.8.2-buster.iso
```

2. Vergleichen Sie dann mit diesen Prüfsummen

```
md5sum: 8a6e6abd2c792c3e06fbee0ed049ed41
```

```
sha256sum: 0bfeac3ddfe1bdf5ca4dad84eeec165741d3f253a16b75e4405c06b7b489700
```

**Überprüfen Sie md5sum auf Windows oder Mac** Windows und Mac OS X werden nicht mit einem md5sum-Programm ausgeliefert, aber es gibt Alternativen. Weitere Informationen finden Sie unter: [How To MD5SUM](#)

## 3.2 Schreiben des Abbilds auf ein bootfähiges Gerät

Das Raspberry Pi-Image ist ein komplettes SD-Karten-Image und sollte auf eine SD-Karte in [der normalen Weg](#) geschrieben werden.

Das LinuxCNC Live/Install-ISO-Image ist ein hybrides ISO-Image, das direkt auf ein USB-Speichergerät (Flash-Laufwerk) oder eine DVD geschrieben und zum Booten eines Computers verwendet werden kann. Das Image ist zu groß, um auf eine CD zu passen.

Schreiben des Images auf ein USB-Speichergerät unter Linux

1. Schließen Sie ein USB-Speichergerät an (z. B. ein Flash-Laufwerk oder ein Gerät vom Typ Thumb Drive).
2. Ermitteln Sie die Gerätedatei, die dem USB-Flash-Laufwerk entspricht. Diese Information finden Sie in der Ausgabe von `dmesg`, nachdem Sie das Gerät angeschlossen haben. `/proc/partitions` kann ebenfalls hilfreich sein.
3. Verwenden Sie den Befehl `dd`, um das Image auf Ihr USB-Speichergerät zu schreiben. Wenn Ihr Speichergerät zum Beispiel als `/dev/sde` angezeigt wird, verwenden Sie diesen Befehl:

```
dd if=linuxcnc-2.8.2-buster.iso of=/dev/sde
```

Schreiben des Abbilds auf ein USB-Speichergerät unter Mac OSX

1. Öffnen Sie ein Terminal und geben Sie ein

```
diskutil list
```
2. Stecken Sie den USB-Stick ein und notieren Sie sich den Namen der neuen Festplatte, die angezeigt wird, z. B. `/dev/disk5`
3. trennen Sie den USB-Anschluss. Die oben gefundene Zahl sollte anstelle des N ersetzt werden

```
diskutil unmountDisk /dev/diskN
```
4. Übertragen Sie die Daten mit `dd`, wie oben für Linux beschrieben. Beachten Sie, dass der Datenträgername ein "r" am Anfang hat

```
sudo dd if=/path-to.iso of=/dev/rdiskN bs=1m
```
5. Bitte beachten Sie, dass dieser Vorgang sehr lange dauern kann und dass Sie während des Vorgangs keine Rückmeldung erhalten.

Schreiben des Abbilds auf eine DVD unter Linux

1. Legen Sie einen DVD-Rohling in Ihren Brenner ein. Ein Fenster "CD/DVD Creator" oder "Disc-Typ auswählen" wird angezeigt. Schließen Sie es, da wir es nicht verwenden werden.
2. Suchen Sie das heruntergeladene Bild im Dateibrowser.
3. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die ISO-Image-Datei und wählen Sie Write to Disc.
4. Wählen Sie die Schreibgeschwindigkeit. Es wird empfohlen, mit der niedrigstmöglichen Geschwindigkeit zu schreiben.
5. Starten Sie den Brennvorgang.
6. Wenn ein Fenster "Wählen Sie einen Dateinamen für das Disk-Image" erscheint, wählen Sie einfach OK.

Schreiben des Abbilds auf eine DVD unter Windows

1. Laden Sie Infra Recorder, ein kostenloses und quelloffenes Bildbrennprogramm, herunter und installieren Sie es: <http://infrarecorder.org/>
2. Legen Sie eine leere CD in das Laufwerk ein und wählen Sie Nichts tun oder Abbrechen, wenn ein Dialogfeld für die automatische Ausführung erscheint.
3. Öffnen Sie Infra Recorder, wählen Sie das Menü "Aktionen" und dann "Bild brennen".

Schreiben des Abbilds auf eine DVD unter Mac OSX

1. Die .iso-Datei herunterladen
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Datei im Finder-Fenster und wählen Sie "Auf einen Datenträger brennen" (die Option zum Brennen auf einen Datenträger wird nur angezeigt, wenn der Computer über ein optisches Laufwerk verfügt oder angeschlossen ist)

### 3.3 Testen von LinuxCNC

Schalten Sie den Computer mit dem angeschlossenen USB-Speichergerät oder der DVD im DVD-Laufwerk aus und schalten Sie ihn dann wieder ein. Dadurch wird der Computer vom Live/Installationsabbild gebootet und die Option Live-Boot gewählt.

---

#### Anmerkung

Wenn das System nicht von der DVD oder dem USB-Stick bootet, kann es erforderlich sein, die Bootreihenfolge im PC-BIOS zu ändern.

---

Sobald der Computer hochgefahren ist, können Sie LinuxCNC ausprobieren, ohne es zu installieren. Sie können keine benutzerdefinierten Konfigurationen erstellen oder ändern die meisten Systemeinstellungen in einer Live-Sitzung, aber Sie können (und sollten) den Latenz-Test durchführen.

Um LinuxCNC auszuprobieren: Wählen Sie aus dem Menü Anwendungen/CNC den Eintrag LinuxCNC. Es öffnet sich ein Dialogfeld, aus dem Sie eine von vielen Beispielkonfigurationen auswählen können. An diesem Punkt ist es nur wirklich sinnvoll, eine "sim" Konfiguration zu wählen. Einige der Beispielkonfigurationen enthalten auf dem Bildschirm 3D simulierte Maschinen, suchen Sie nach "Vismach", um diese zu sehen.

Um festzustellen, ob Ihr Computer für die Erzeugung von Software-Schritimpulsen geeignet ist, führen Sie den Latenztest wie folgt aus: [here](#).

Zum Zeitpunkt des Schreibens der Live-Image ist nur mit dem preempt-rt Kernel und einem passenden LinuxCNC verfügbar. Auf mancher Hardware bietet dies möglicherweise keine ausreichende Latenzzeit. Es gibt eine experimentelle Version, die den RTAI-Echtzeit-Kernel verwendet, der oft eine bessere Latenzzeit bietet.

### 3.4 LinuxCNC installieren

Um LinuxCNC von der LiveCD zu installieren, wählen Sie beim Booten "Install (Graphical)".

---



### 3.5 Updates für LinuxCNC

Mit der normalen Installation der Update-Manager wird Sie über Updates zu LinuxCNC, wenn Sie online gehen und ermöglichen es Ihnen, einfach zu aktualisieren, ohne Linux Kenntnisse erforderlich. Es ist OK, alles außer dem Betriebssystem zu aktualisieren, wenn gefragt.



#### Warnung

Aktualisieren Sie das Betriebssystem nicht, wenn Sie dazu aufgefordert werden. Sie sollten jedoch Betriebssystem *Aktualisierungen* akzeptieren, insbesondere Sicherheitsaktualisierungen.

### 3.6 Probleme bei der Installation

In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass Sie das BIOS auf die Standardeinstellungen zurücksetzen müssen, wenn während der Live-CD-Installation die Festplatte beim Booten nicht erkannt wird.

### 3.7 Alternative Installationsmethoden

Der einfachste und bevorzugte Weg, LinuxCNC zu installieren, ist die Verwendung des Live/Installations-Images wie oben beschrieben. Diese Methode ist so einfach und zuverlässig, wie wir es machen können, und ist für Anfänger und erfahrene Benutzer gleichermaßen geeignet. Allerdings wird dies in der Regel ersetzen alle bestehenden Betriebssystem.

Zusätzlich werden für erfahrene Benutzer, die mit der Debian-Systemadministration vertraut sind (Installations-Images finden, apt-Quellen manipulieren, Kernel-Flavors ändern usw.), Neuinstallationen auf den folgenden Plattformen unterstützt: ("amd64" bedeutet "64-bit" und ist nicht spezifisch für AMD-Prozessoren, es läuft auf jedem 64-bit x86-System)

Distribution	Architektur	Kernel	Paket-Name	Typische Verwendung
Debian Buster	amd64 & i386	LinuxCNC direkt nach der Installation	linuxcnc-ospace	nur Simulation
Debian Buster	amd64 & armhf	preemp-rt	linuxcnc-ospace	Maschinensteuerung und -simulation
Debian Buster	amd64	RTAI	linuxcnc	Maschinensteuerung (bekannte Probleme)
Debian Jessie	amd64 & i386	LinuxCNC direkt nach der Installation	linuxcnc-ospace	nur Simulation
Debian Wheezy	i386	RTAI	linuxcnc	Maschinensteuerung und -simulation
Debian Wheezy	amd64 & i386	Preempt-RT	linuxcnc-ospace	Maschinensteuerung und -simulation
Debian Wheezy	amd64 & i386	LinuxCNC direkt nach der Installation	linuxcnc-ospace	nur Simulation
Ubuntu Precise	i386	RTAI	linuxcnc	Maschinensteuerung und -simulation

Distribution	Architektur	Kernel	Paket-Name	Typische Verwendung
Ubuntu Precise	amd64 & i386	LinuxCNC direkt nach der Installation	linuxcnc-ospace	nur Simulation

**Anmerkung**

LinuxCNC v2.8 wird auf Ubuntu Lucid oder älter nicht unterstützt.

**Preempt-RT-Kernel** Die Preempt-rt-Kernel sind für Debian aus dem regulären debian.org-Archiv verfügbar. Der preempt-rt Kernel für RaspBerry Pi ist im LinuxCNC Repository verfügbar. Das Paket heißt `linux-image-rt-*` Installieren Sie das Paket einfach wie jedes andere Paket über den Synaptic-Paketmanager oder mit `apt-get` über die Kommandozeile.

**RTAI-Kernel** Die RTAI-Kernel stehen im linuxcnc.org-Debian-Archiv zum Download bereit. Die apt-Quelle ist:

- Debian Buster: `deb http://linuxcnc.org buster base`
- Debian Wheezy: `deb http://linuxcnc.org wheezy base`
- Ubuntu Precise: `deb http://linuxcnc.org precise base`

**Anmerkung**

Debian Wheezy und Ubuntu Precise sind beide sehr alt und haben ihren Supportzeitraum hinter sich. Es wird dringend davon abgeraten, beide für eine Neuinstallation zu verwenden und ein Upgrade einer bestehenden Installation ernsthaft in Betracht zu ziehen.

Das Buster/RTAI-Paket ist nur für amd64 verfügbar, aber es gibt nur sehr wenige überlebende Systeme, die nicht mit einem 64-Bit-Betriebssystem arbeiten können.

**Warnung**

Es gibt bekannte Probleme mit dem 64-Bit RTAI 5.2 Kernel mit dieser Version von LinuxCNC. Das System wird gelegentlich einfrieren. Allerdings hat dies bisher nur beim Beenden des Systems gesehen worden. Während des Betriebs scheint das System stabil zu sein. Dennoch sollte es an dieser Stelle als experimentell betrachtet werden.

**Anmerkung**

Wenn Sie sich entscheiden, den RTAI 5.2-Kernel zu verwenden und ein Problem außerhalb der oben beschriebenen Umstände feststellen, melden Sie es bitte umgehend den Projektentwicklern.

### 3.7.1 Installation auf Debian Buster (mit Preempt-RT-Kernel)

1. Installieren Sie Debian Buster (Debian 10), Version amd64. Sie können das Installationsprogramm hier herunterladen: <https://www.debian.org/releases/buster/>
2. Wenn Sie nach dem Brennen der Iso und dem Booten den Gnome-Desktop nicht möchten, wählen Sie "Erweiterte Optionen" > "Alternative Desktop-Umgebungen" und wählen Sie die gewünschte aus.
3. Wählen Sie dann „Installieren“ oder „Grafische Installation“.

**Warnung**

Geben Sie kein root-Passwort ein, da sonst sudo deaktiviert ist und Sie die folgenden Schritte nicht ausführen können.

1. Führen Sie das Folgende in einem [Terminal](#) aus, um den Rechner auf den neuesten Stand der Pakete zu bringen.

```
sudo apt-get update
sudo apt-get dist-upgrade
```

2. Install the Preempt-RT kernel and modules

```
sudo apt-get install linux-image-rt-amd64
```

3. Starten Sie neu und wählen Sie den Linux-Kernel 4.19.0-9-rt-amd64. Dies könnte im Untermenü "Erweiterte Optionen für Debian Buster" in Grub versteckt sein. Wenn Sie sich anmelden, überprüfen Sie, ob PREEMPT RT durch den folgenden Befehl gemeldet wird.

```
uname -v
```

4. Öffnen Sie Menü Anwendungen > System > Synaptic Package Manager, suchen Sie nach *linux-image* und klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das ursprüngliche Nicht-rt und wählen Sie "Zur vollständigen Entfernung markieren". Neu starten. Damit wird das System gezwungen, vom RT-Kernel zu booten. Wenn Sie es vorziehen, beide Kernel beizubehalten, müssen die anderen Kernel nicht gelöscht werden, aber es sind Änderungen an der Grub-Boot-Konfiguration erforderlich, die den Rahmen dieses Dokuments sprengen.

5. Fügen Sie den LinuxCNC Archive Signing Key zu Ihrem apt keyring hinzu, indem Sie

```
sudo apt-key adv --keyserver hkps://keys.openpgp.org --recv-key 3cb9fd148f374fef
Alternate keyserver: keyserver.ubuntu.com
```

6. Fügen Sie das apt-Repository hinzu:

```
echo deb http://linuxcnc.org/ buster base 2.8-rtpreempt | sudo tee -a /etc/apt/sources. ↵
list.d/linuxcnc.list
echo deb-src http://linuxcnc.org/ buster base 2.8-rtpreempt | sudo tee -a /etc/apt/ ↵
sources.list.d/linuxcnc.list
```

7. Aktualisieren Sie die Paketliste von linuxcnc.org

```
sudo apt-get update
```

8. Installieren Sie uspace (vor der Installation von uspace kann ein Neustart erforderlich sein)

```
sudo apt-get install linuxcnc-uspace
```

9. Optional können Sie Mesaflash installieren, wenn Sie eine Mesa-Karte verwenden.

```
sudo apt install mesaflash
```

### 3.7.2 Installation unter Debian Buster (mit experimentellem RTAI-Kernel)



#### Warnung

Dieser Kernel hat bekannte Stabilitätsprobleme. Er scheint zuverlässig zu laufen, sobald LinuxCNC geladen ist. Allerdings wurden Kernel-Panics beim Herunterfahren des Systems gesehen.

1. Dieser Kernel und die LinuxCNC-Version können auf der LiveDVD-Installation installiert werden, oder alternativ auf einer neuen Installation von Debian Buster 64-bit, wie oben beschrieben
2. Fügen Sie den LinuxCNC Archive Signing Key zu Ihrem apt Keyring hinzu (nicht notwendig, wenn Sie den Echtzeitmodus eines LinuxCNC Live-CD-Images umschalten)

```
# Alternativer Schlüsselserver: keyserver.ubuntu.com
sudo apt-key adv --keyserver hkp://keys.openpgp.org --recv-key 3cb9fd148f374fef
```

3. Fügen Sie das apt-Repository hinzu:

```
echo deb http://linuxcnc.org/ buster base 2.8-rt | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/ ↵
linuxcnc.list
echo deb-src http://linuxcnc.org/ buster base 2.8-rt | sudo tee -a /etc/apt/sources. ↵
list.d/linuxcnc.list
```

4. Aktualisieren Sie die Paketliste von linuxcnc.org

```
sudo apt-get update
```

5. Installieren Sie den neuen Echtzeit-Kernel, RTAI und die rtai-Version von linuxcnc

```
sudo apt-get install linux-image-4.19.195-rtai-amd64
```

6. Installation der RTAI-Anwendungsschicht

```
sudo apt-get install rtai-modules-4.19.195
```

7. Installieren Sie LinuxCNC (eventuell ist ein Neustart vor der Installation erforderlich)

```
sudo apt-get install linuxcnc
```

Starten Sie den Rechner neu und stellen Sie sicher, dass das System mit dem neuen Kernel 4.19.195-rtai bootet.

### 3.7.3 Installieren auf Raspbian 10

1. Laden Sie ein Standard-Raspbian-Image auf eine SD-Karte herunter und installieren Sie es auf die [übliche Weise](#)
2. Starten Sie den Pi und öffnen Sie ein Terminal
3. Fügen Sie den LinuxCNC Archive Signing Key zu Ihrem apt Schlüsselbund hinzu

```
# Alternativer Schlüsselserver: keyserver.ubuntu.com
sudo apt-key adv --keyserver hkp://keys.openpgp.org --recv-key 3cb9fd148f374fef
```

4. Fügen Sie das apt-Repository hinzu:

```
echo deb http://linuxcnc.org/ buster base 2.8-rtpreempt | sudo tee /etc/apt/sources.  
list.d/linuxcnc.list ↵
```

5. Aktualisieren Sie die Paketliste von linuxcnc.org

```
sudo apt-get update
```

6. den Echtzeit-Kernel installieren

```
sudo apt-get install linux-image-4.19.71-rt24-v7l+
```

7. Installieren Sie linuxcnc (vor der Installation kann ein Neustart erforderlich sein)

```
sudo apt-get install linuxcnc-ospace
```

### 3.7.4 Installieren unter Ubuntu Precise

1. Installieren Sie Ubuntu Precise 12.04 x86 (32-bit). Jede Variante sollte funktionieren (normales Ubuntu, Xubuntu, Lubuntu, etc.). 64-Bit (AMD64) wird derzeit nicht unterstützt. Sie können das Installationsprogramm hier herunterladen: <http://releases.ubuntu.com/precise/> Beachten Sie die Warnungen, dass diese Version nicht mehr unterstützt wird. Aber es ist ein Weg, um LinuxCNC mit einem gut getesteten RTAI-Kernel zu installieren.

2. Führen Sie die folgenden Schritte aus, um den Rechner mit den neuesten Paketen in Ubuntu Precise auf den neuesten Stand zu bringen.

```
sudo apt-get update  
sudo apt-get dist-upgrade
```

3. Fügen Sie den LinuxCNC Archive Signing Key zu Ihrem apt keyring hinzu, indem Sie

```
# Alternativer Schlüsselservers: keyserver.ubuntu.com  
sudo apt-key adv --keyserver hkps://keys.openpgp.org --recv-key 3cb9fd148f374fef
```

4. Hinzufügen einer neuen Apt-Quelle

```
sudo add-apt-repository "deb http://linuxcnc.org/ precise base 2.8-rt"
```

5. Holen Sie die Paketliste von linuxcnc.org.

```
sudo apt-get update
```

6. Installieren Sie den RTAI-Kernel und die Module durch Ausführen von

```
sudo apt-get install linux-image-3.4-9-rtai-686-pae rtai-modules-3.4-9-rtai-686-pae
```

7. Wenn Sie in der Lage sein wollen, LinuxCNC aus dem Quellcode zu bauen, indem Sie das Git Repo benutzen, führen Sie auch aus

```
sudo apt-get install linux-headers-3.4-9-rtai-686-pae
```

8. Starten Sie neu und vergewissern Sie sich, dass Sie mit dem rtai-Kernel booten. Wenn Sie sich anmelden, stellen Sie sicher, dass der Kernel-Name 3.4-9-rtai-686-pae lautet.

```
uname -r
```

9. Ausführen

```
sudo apt-get install linuxcnc
```

## Kapitel 4

# Ausführen von LinuxCNC

### 4.1 Aufrufen von LinuxCNC

Nach der Installation startet LinuxCNC wie jedes andere Linux-Programm: Führen Sie es aus dem [terminal](#) aus, indem Sie den Befehl `linuxcnc` eingeben, oder wählen Sie es im Menü *Anwendungen -> CNC* aus.

### 4.2 Konfigurationsstarter

Beim Starten von LinuxCNC (aus dem CNC-Menü oder von der Kommandozeile ohne Angabe einer INI-Datei) startet der Dialog Konfigurations-Auswahl.

Im Dialogfeld "Konfigurationsauswahl" kann der Benutzer eine seiner vorhandenen Konfigurationen (Meine Konfigurationen) oder eine neue Konfiguration (aus den Beispielkonfigurationen) auswählen, die in sein Home-Verzeichnis kopiert werden soll. Die kopierten Konfigurationen werden beim nächsten Aufruf der Konfigurationsauswahl unter Meine Konfigurationen angezeigt.

Der Konfigurations Selector bietet eine Auswahl an Konfigurationen:

- *Meine Konfigurationen* - Benutzerkonfigurationen in `linuxcnc/configs` in Ihrem Home-Verzeichnis.
- *Beispielkonfigurationen* - Beispielkonfigurationen werden, wenn ausgewählt, nach `linuxcnc/configs` kopiert. Sobald eine Beispielkonfiguration in Ihr lokales Verzeichnis kopiert wurde, bietet der Launcher sie als „Meine Konfigurationen“ an. Die Namen, unter denen diese lokalen Konfigurationen angezeigt werden, entsprechen den Namen der Verzeichnisse innerhalb des Verzeichnisses `configs/`:
  - *sim* - Konfigurationen, die simulierte Hardware enthalten. Diese können zum Testen oder Lernen, wie LinuxCNC funktioniert, verwendet werden.
  - *by\_interface* - Konfigurationen nach GUI geordnet.
  - *by\_machine* - Konfigurationen organisiert nach Maschine.
  - *apps* - Anwendungen, die kein Starten von `linuxcnc` erfordern, aber zum Testen oder Ausprobieren von Anwendungen wie [PyVCP](#) oder [GladeVCP](#) nützlich sein können.
  - *attic* - Veraltete oder historische Konfigurationen.

Die Simulationskonfigurationen sind oft der nützlichste Ausgangspunkt für neue Benutzer und sind nach unterstützten GUIs organisiert:

- *axis* - Tastatur- und Maus-GUI

- *gmoccapy* - Touchscreen-GUI
- *gscreen* - Touchscreen-GUI
- *low\_graphics* - Tastatur-GUI
- *pyvcp\_demo* - Virtuelle Kontrolltafeln Python
- *qtvcp\_screens* - Mit Qt5 und Python erstellte Anleitungen
- *tklinuxcnc* - Tastatur- und Maus-Gui (wird nicht mehr gepflegt)
- *touchy* - Touchscreen-GUI

Ein GUI-Konfigurationsverzeichnis kann Unterverzeichnisse mit Konfigurationen enthalten, die spezielle Situationen oder die Einbettung anderer Anwendungen veranschaulichen.

Die *by\_interface*-Konfigurationen sind um gängige, unterstützte Schnittstellen herum organisiert:

- allgemeine Mechatronik
- mesa
- parport
- pico
- pluto
- servotogo
- vigilant
- vitalsystems

Um diese Konfigurationen als Ausgangspunkt für ein System zu verwenden, kann entsprechende Hardware erforderlich sein.

Die *by\_machine*-Konfigurationen sind um vollständige, bekannte Systeme herum organisiert:

- boss
- cooltool
- plasmac
- scortbot erIII
- sherline
- smithy
- tormach

Für die Verwendung dieser Konfigurationen kann ein komplettes System erforderlich sein.

Die *Apps-Elemente* sind normalerweise 1) Dienstprogramme, die kein Starten von linuxcnc erfordern, oder 2) Demonstrationen von Anwendungen, die mit linuxcnc verwendet werden können:

- info - erstellt eine Datei mit Systeminformationen, die für die Problemdiagnose nützlich sein können.
- gladevcp - Beispiele für GladeVCP-Anwendungen.
- halrun - Startet halrun in einem [Terminal](#).
- latency - Anwendungen zur Untersuchung der Latenz

- latency-test - Standard-Test zur Bestimmung der Latenz
- latency-plot - Streifendiagramm
- latency-histogram - Histogramm
- parport - Anwendungen zum Testen von parport.
- pyvcp - Beispiele für pyvcp-Anwendungen.
- xhc-hb04 - Anwendungen zum Testen eines drahtlosen USB-MPG xhc-hb04

### Anmerkung

Im Verzeichnis Apps werden nur Anwendungen zum Kopieren in das Benutzerverzeichnis angeboten, die vom Benutzer sinnvollerweise geändert werden.

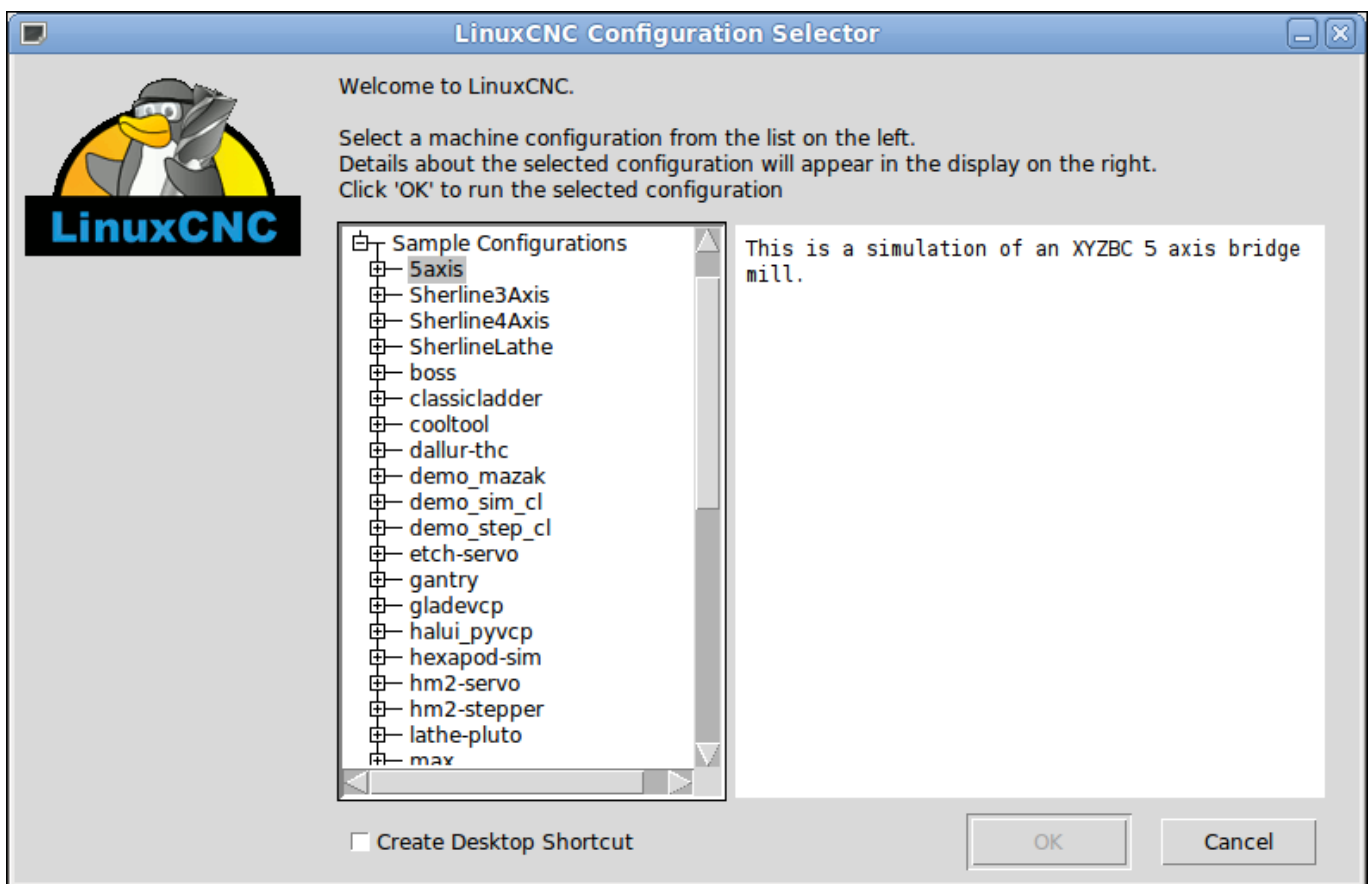


Abbildung 4.1: LinuxCNC-Konfigurationsauswahl

Klicken Sie auf eine der aufgelisteten Konfigurationen, um spezifische Informationen zu ihr anzuzeigen. Doppelklicken Sie auf eine Konfiguration oder klicken Sie auf OK, um die Konfiguration zu starten.

Wählen Sie "Desktop-Verknüpfung erstellen" und klicken Sie dann auf "OK", um ein Symbol auf dem Ubuntu-Desktop hinzuzufügen, mit dem diese Konfiguration direkt gestartet wird, ohne dass der Bildschirm "Konfigurationsauswahl" angezeigt wird.

Wenn Sie eine Konfiguration aus dem Abschnitt Beispielkonfigurationen auswählen, wird automatisch eine Kopie dieser Konfiguration im Verzeichnis ~/linuxcnc/configs abgelegt.



## 4.3 Nächste Schritte für die Konfiguration

Nachdem Sie die Beispielkonfiguration gefunden haben, die dieselbe Schnittstellenhardware wie Ihr Rechner verwendet (oder eine Simulatorkonfiguration), und eine Kopie in Ihrem Home-Verzeichnis gespeichert haben, können Sie sie an die Details Ihres Rechners anpassen. Weitere Informationen zur Konfiguration finden Sie im Integrator-Handbuch.

## 4.4 Simulator-Konfigurationen

Alle unter Beispielkonfigurationen/Sim aufgeführten Konfigurationen können auf jedem Computer ausgeführt werden. Es ist keine spezielle Hardware erforderlich und Echtzeitunterstützung ist nicht notwendig.

Diese Konfigurationen sind nützlich, um einzelne Fähigkeiten oder Optionen zu untersuchen. Die Sim-Konfigurationen sind nach der in der Demonstration verwendeten grafischen Benutzeroberfläche geordnet. Das Verzeichnis für die Achse enthält die meisten Auswahlmöglichkeiten und Unterverzeichnisse, da es sich um die am häufigsten getestete grafische Benutzeroberfläche handelt. Die Fähigkeiten, die mit einer bestimmten grafischen Benutzeroberfläche demonstriert werden, sind möglicherweise auch in anderen grafischen Benutzeroberflächen verfügbar.

## 4.5 Konfigurationsressourcen

Die Konfigurationsauswahl kopiert alle für eine Konfiguration benötigten Dateien in ein neues Unterverzeichnis von `~/linuxcnc/configs` (äquivalent: `/home/username/linuxcnc/configs`). Jedes erstellte Verzeichnis enthält mindestens eine INI-Datei (`inifilename.ini`), die zur Beschreibung einer bestimmten Konfiguration verwendet wird.

Zu den Dateiressourcen innerhalb des kopierten Verzeichnisses gehören in der Regel eine oder mehrere INI-Dateien (`Dateiname.ini`) für zugehörige Konfigurationen und eine Werkzeugtabellendatei (`Toolfilename.tbl`). Darüber hinaus können die Ressourcen HAL-Dateien (`Dateiname.hal`, `Dateiname.tcl`), eine README-Datei zur Beschreibung des Verzeichnisses und konfigurationsbezogene Informationen in einer nach einer bestimmten Konfiguration benannten Textdatei (`inifilename.txt`) enthalten. Die beiden letztgenannten Dateien werden angezeigt, wenn Sie die Konfigurationsauswahl verwenden.

Die mitgelieferten Beispielkonfigurationen können den Parameter `HALFILE` (`Dateiname.hal`) in der Konfigurations-INI-Datei angeben, die im kopierten Verzeichnis nicht vorhanden sind, da sie sich in der HAL-Dateibibliothek des Systems befinden. Diese Dateien können in das Benutzerkonfigurationsverzeichnis kopiert und nach Bedarf vom Benutzer für Modifikationen oder Tests geändert werden. Da das Benutzerkonfigurationsverzeichnis bei der Suche nach HAL-Dateien zuerst durchsucht wird, haben lokale Änderungen dann Vorrang.

Der Konfigurationsselektor erstellt einen symbolischen Link im Benutzerkonfigurationsverzeichnis (namens `hallib`), der auf die System-HAL-Datei-Bibliothek verweist. Diese Verknüpfung vereinfacht das Kopieren einer Bibliotheksdatei. Zum Beispiel, um die Bibliotheksdatei `core_sim.hal` zu kopieren, um lokale Änderungen vorzunehmen:

```
cd ~/linuxcnc/configs/name_of_configuration
cp hallib/core_sim.hal core_sim.hal
```

## Kapitel 5

# Aktualisieren von LinuxCNC

Die Aktualisierung von LinuxCNC auf eine neue Nebenversion (d.h. auf eine neue Version in der gleichen stabilen Serie, z.B. von 2.7.0 auf 2.7.1) ist ein automatischer Prozess, wenn Ihr PC mit dem Internet verbunden ist. Nach einem Minor-Release wird eine Update-Aufforderung zusammen mit anderen Software-Updates angezeigt. Wenn Ihr PC nicht mit dem Internet verbunden ist, lesen Sie bitte [Updating without Network](#).

## 5.1 Upgrade auf die neue Version

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie LinuxCNC von Version 2.7 auf die neue Version 2.8.0 aktualisieren. Es wird davon ausgegangen, dass Sie eine bestehende 2.7 Installation haben, die Sie aktualisieren möchten.

Um LinuxCNC von einer Version älter als 2.7 zu aktualisieren, müssen Sie zuerst [upgrade your old install to 2.7](#), dann folgen Sie diesen Anweisungen, um auf die neue Version zu aktualisieren.

Wenn Sie keine alte Version von LinuxCNC zu aktualisieren haben, dann sind Sie am besten aus machen eine frische Installation der neuen Version, wie im Abschnitt [LinuxCNC erhalten](#) beschrieben.

Darüber hinaus ist es unter Ubuntu Precise oder Debian Wheezy eine Überlegung wert, ein Backup des "linuxcnc"-Verzeichnisses auf einem Wechselmedium vorzunehmen und eine [Neuinstallaion des neuesn Betriebssystems und der LinuxCNC version](#) durchzuführen, da diese Versionen des OS 2017 bzw. 2018 ausliefen. Wenn Sie Ubuntu Lucid nutzen, dann werden Sie dies tun müssen, da Lucid nicht mehr von LinuxCNC unterstützt wird (es war EOL im Jahr 2013).

Um größere Versionen wie 2.7 auf 2.8 zu aktualisieren, wenn Sie eine Netzwerkverbindung an der Maschine haben, müssen Sie die alten linuxcnc.org Quellen des Paketmanagers *apt* in der Datei `/etc/apt/sources.list` deaktivieren und fügen Sie eine neue linuxcnc.org apt Quelle für 2.7 hinzu, um dann mit apt die LinuxCNC-Installation zu aktualisieren.

Die Details hängen von der Plattform ab, auf der Sie arbeiten. Öffnen Sie ein [terminal](#) und geben Sie `lsb_release -ic` ein, um diese Informationen herauszufinden:

```
lsb_release -ic
Distributor ID: Debian
Codename:      wheezy
```

Sie sollten Debian Stretch oder Wheezy (wie oben) oder Ubuntu Precise verwenden. Es sind auch Pakete für Debian Jessie oder Debian Buster verfügbar, falls Sie bereits eines davon verwenden.

Sie müssen auch prüfen, welcher Echtzeit-Kernel verwendet wird:

```
uname -r
4.19.0-9-rt-amd64
```

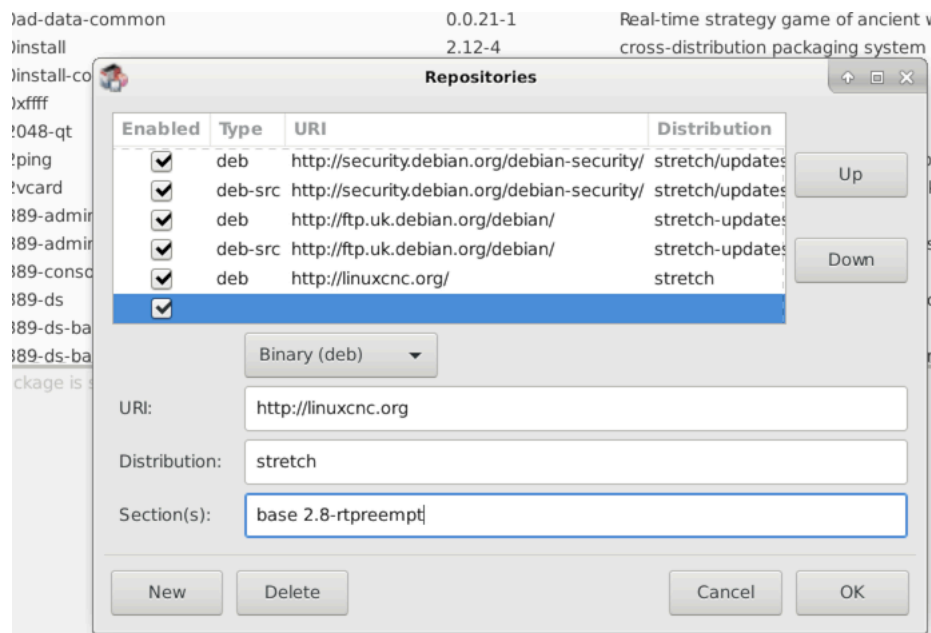
Wenn Sie (wie oben) -rt- im Kernel-Namen sehen, dann laufen Sie mit dem preempt-rt Kernel und sollten die "uspace" Version von LinuxCNC installieren. Sie sollten auch uspace für "sim"-Konfigurationen auf Nicht-Echtzeit-Kerneln installieren

Wenn Sie -rtai- im Kernel-Namen sehen, dann laufen Sie mit RTAI-Echtzeit. Siehe unten für die LinuxCNC Version zu installieren.

### 5.1.1 Apt Sources Konfiguration

- Öffnen Sie das Fenster Software-Quellen. Die Vorgehensweise ist auf den drei unterstützten Plattformen leicht unterschiedlich:
  - Debian:
    - \* Klicken Sie auf Anwendungsmenü, dann System, dann *Synaptic Paketmanager*.
    - \* Klicken Sie in Synaptic auf das Menü Einstellungen und dann auf Repositories, um das Fenster Softwarequellen zu öffnen.
  - Ubuntu Precise:
    - \* Klicken Sie auf das Symbol "Dash Home" oben links.
    - \* Geben Sie in das Feld "Suche" den Begriff "Software" ein und klicken Sie dann auf das Symbol "Ubuntu Software Center".
    - \* Klicken Sie im Ubuntu Software Center-Fenster auf das Menü "Bearbeiten" und dann auf "Softwarequellen...", um das Fenster "Softwarequellen" zu öffnen.
  - Ubuntu Lucid:
    - \* Klicken Sie auf das Menü "System", dann auf "Verwaltung" und dann auf "Synaptic Package Manager".
    - \* Klicken Sie in Synaptic auf das Menü Einstellungen und dann auf Repositories, um das Fenster Softwarequellen zu öffnen.
- Wählen Sie im Fenster "Software-Quellen" die Registerkarte "Andere Software".
- Löschen oder deaktivieren Sie alle alten linuxcnc.org-Einträge (lassen Sie alle nicht-linuxcnc.org-Zeilen unverändert).
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Hinzufügen" und fügen Sie eine neue apt-Zeile hinzu. Die Zeile wird auf den verschiedenen Plattformen etwas anders aussehen:

Plattform	apt Quellzeile
Debian Stretch	deb http://linuxcnc.org stretch base 2.8-rtpreempt
Debian Wheezy	deb http://linuxcnc.org wheezy base 2.8-rt
Ubuntu Precise	deb http://linuxcnc.org precise base 2.8-rt
Debian Jessie - preempt	deb http://linuxcnc.org jessie base 2.8-rtpreempt
Debian Jessie - RTAI	deb http://linuxcnc.org jessie base 2.8-rt
Debian Buster - preempt	deb http://linuxcnc.org buster base 2.8-rtpreempt
Debian-Knacker - RTAI	deb http://linuxcnc.org buster base 2.8-rt



- Klicken Sie im Fenster "Softwarequellen" auf "Quelle hinzufügen" und dann auf "Schließen". Wenn ein Fenster angezeigt wird, das Sie darüber informiert, dass die Informationen über die verfügbare Software veraltet sind, klicken Sie auf die Schaltfläche "Neu laden".

### 5.1.2 Upgrade auf die neue Version

Da Ihr Computer nun weiß, wo er die neue Version der Software erhält, müssen wir sie nun installieren. Der Prozess unterscheidet sich wiederum je nach Plattform.

#### 5.1.2.1 Debian Wheezy & Stretch und Ubuntu Lucid

Debian Wheezy und Stretch verwenden beide den Synaptic Package Manager.

- Öffnen Sie Synaptic gemäß den Anweisungen in [Festlegen der apt sources](#) oben.
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Neu laden".
- Verwenden Sie die Suchfunktion, um nach linuxcnc zu suchen.
- Das Paket heißt „linuxcnc“ für RTAI-Kernel und „linuxcnc-ospace“ für preempt-rt.
- Klicken Sie auf das Kontrollkästchen, um die neuen Pakete linuxcnc und linuxcnc-doc-\* für ein Upgrade zu markieren. Der Paketmanager kann eine Reihe zusätzlicher Pakete auswählen, die installiert werden sollen, um die Abhängigkeiten zu erfüllen, die das neue linuxcnc-Paket hat.
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Anwenden", und lassen Sie Ihren Computer das neue Paket installieren. Das alte linuxcnc-Paket wird automatisch auf das neue Paket aktualisiert.

### 5.1.3 Ubuntu Precise

- Klicken Sie auf das Symbol "Dash Home" oben links.
- Geben Sie in das Feld "Suche" den Begriff "Update" ein und klicken Sie dann auf das Symbol "Update Manager".

- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Prüfen", um die Liste der verfügbaren Pakete aufzurufen.
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Updates installieren", um die neuen Versionen aller Pakete zu installieren.

## 5.2 Aktualisieren ohne Netzwerk

Um ohne Netzwerkverbindung zu aktualisieren, müssen Sie die .deb-Datei herunterladen und mit dpkg installieren. Die .debs können unter <http://linuxcnc.org/dists/> gefunden werden.

Sie müssen im obigen Link nach unten gehen, um das richtige Debian Paket (.deb Datei) für Ihre Installation zu finden. Öffnen Sie ein [Terminal](#) und geben Sie "lsb\_release -ic" ein, um den Versions-Bezeichner Ihres Betriebssystems zu finden.

```
> lsb_release -ic
Distributor ID: Debian
Codename:         buster
```

Wählen Sie das Betriebssystem aus der Liste und dann die gewünschte Hauptversion wie 2.8-rt für RTAI oder 2.8-rtpreempt für preempt-rt.

Wählen Sie als Nächstes den Computertyp aus, den Sie haben: binary-amd64 für jeden 64-Bit-x86, binary-i386 für 32-Bit, binary-armhf (32-Bit) oder binary-arm64 (64-Bit) für Raspberry Pi.

Wählen Sie dann die gewünschte Version am Ende der Liste aus, z.B. *linuxcnc-ospace\_2.8.0\_amd64.deb* (wählen Sie die neueste Version nach Datum). Laden Sie die deb-Datei herunter und kopieren Sie sie in Ihr Home-Verzeichnis. Sie können die Datei mit dem Dateimanager in etwas kürzeres umbenennen, wie z.B. *linuxcnc\_2.8.0.deb*, dann öffnen Sie ein Terminal und installieren es mit dem Paketmanager mit diesem Befehl:

```
sudo dpkg -i linuxcnc_2.8.0.deb
```

## 5.3 Aktualisieren von Konfigurationsdateien (für 2.8.x)

Die neue Version von LinuxCNC unterscheidet sich von der Version 2.7 in einigen Punkten, die möglicherweise Änderungen an Ihrer Maschinenkonfiguration erfordern.

Der Hauptunterschied ist, dass LinuxCNC keine Annahmen mehr darüber macht, welches Gelenk welche Achse steuert. Diese Änderung wird "joint-axes" genannt nach dem Namen des Entwicklungszweigs, in dem die Änderungen ihren Anfang nahmen. Diese Änderung hat in der Entwicklung seit mindestens 2010 gewesen, und wurde nun letztlich in der 2.8er Release integriert.

### 5.3.1 Verteilungskonfigurationen (Aktualisierungen für joints\_axes)

Die LinuxCNC-Distribution enthält viele Beispielkonfigurationen, die in Verzeichnishierarchien organisiert sind: *by\_machine*, *by\_interface*, und *sim* (simulierte Maschinen). Diese Konfigurationen werden oft als Ausgangspunkt für die Erstellung einer neuen Konfiguration, als Beispiele für die Studie, oder als komplette simulierte Maschinen, die ohne spezielle Hardware oder Echtzeit-Kernel ausgeführt werden können.

Die Konfigurationsdateien in diesen Verzeichnisbäumen wurden für die für die *joints\_axes* Updates erforderlichen Änderungen aktualisiert.

### 5.3.2 Automatische Aktualisierungen (update\_ini-Skript für joints\_axes)

Da die joints\_axes-Updates eine Reihe von Änderungen an den Benutzer-INI-Dateien und den zugehörigen HAL-Dateien erfordern, wird ein Skript namens update\_ini bereitgestellt, das die Benutzerkonfigurationen automatisch konvertiert.

Dieses Skript wird aufgerufen, wenn ein Benutzer eine bestehende Konfiguration zum ersten Mal nach der Aktualisierung von LinuxCNC startet. Das Skript sucht in der Benutzer-INI-Datei nach einem [EMC]VERSION-Element. Wenn dieses Element 1) nicht existiert, oder 2) existiert und auf den historischen CVS-Wert "\$Revision\$" gesetzt ist, oder ein numerischer Wert kleiner als 1.1 ist, dann wird das update\_ini Skript einen Dialog öffnen, um anzubieten, die Benutzerdateien zu bearbeiten, um eine aktualisierte Konfiguration zu erstellen. Wenn der Benutzer zustimmt, wird die Konfiguration aktualisiert.

Wenn die Benutzerkonfiguration beispielsweise bigmill.ini heißt, werden die Datei bigmill.ini und die mit ihr verbundenen lokalen HAL-Dateien bearbeitet, um die Änderungen an joints\_axes zu übernehmen. Alle Dateien der ursprünglichen Konfiguration werden in einem neuen Verzeichnis gespeichert, das nach der ursprünglichen Konfiguration mit dem Suffix ".old" benannt ist (im Beispiel bigmill.old).

Das Skript update\_ini behandelt alle gängigen Benutzerelemente, die in einfachen Maschinen mit Identitätskinematik zu finden sind. Weniger gängige Elemente aus komplexeren Maschinen werden möglicherweise nicht automatisch konvertiert. Beispiele für komplexe Maschinenkonfigurationen sind:

- Portale mit zwei Gelenken für eine Achse
- Maschinen mit Handsteuerung (engl. jogwheels)
- Roboter mit nicht-identischer Kinematik
- Konfigurationen mit haltcl-Dateien

In den folgenden Unterabschnitten und im Abschnitt "HAL-Änderungen" werden die Punkte aufgeführt, die zusätzliche Benutzeränderungen an INI- oder HAL-Dateien erfordern können.

### 5.3.3 Unterstützung mehrerer Spindeln

LinuxCNC unterstützt nun bis zu 8 Spindeln (und kann für mehr neu kompiliert werden). Bestehender G-Code wird ohne Änderung laufen und die meisten Konfigurationen werden standardmäßig auf einzelne Spindeln. Um mehr als eine Spindel zu spezifizieren, setzen Sie den [TRAJ]SPINDLES= Eintrag in der INI-Datei **und** fügen Sie den num\_spindles= Parameter für das Bewegungsmodul ein (gesetzt entweder mit [EMCMOT]EMCMOT = motmod num\_spindles= oder in einer HAL-Datei loadrt Eintrag für motmod).

Der Parameter num\_spindles= des Bewegungsmoduls und die Einstellungen für [TRAJ]SPINDLES= müssen übereinstimmen.

Die Namen der Spindelsteuerungspins wurden geändert, damit die Spindeln mehr wie Achsen und Gelenke aussehen. motion.spindle-speed-out heißt zum Beispiel jetzt spindle.0.speed-out. Das automatische Update-Skript wird diese Änderungen übernehmen. Um zusätzliche Spindeln zu steuern, akzeptieren die G- und M-Codes, welche die Spindeldrehzahl steuern, jetzt ein zusätzliches "\$"-Argument, zum Beispiel M3 \$2, um die dritte Spindel zu starten. Es sollte möglich sein, benutzerdefinierte G-Codes zu erstellen, die zu jeder anderen Mehrspindelsteuerung passen. Siehe die G-Code- und M-Code-Handbücher für Code-Änderungen und man motion für die HAL-Pin-Änderungen.

### 5.3.4 TRAJ Geschwindigkeiten, Beschleunigungen Namen

Mit der Aufnahme der Funktionalität joints\_axes wurden einige Namen geändert, um die verfügbare Funktionalität zu verdeutlichen.

```

war: [TRAJ]MAX_VELOCITY ist: [TRAJ]MAX_LINEAR_VELOCITY
war: [TRAJ]DEFAULT_VELOCITY ist: [TRAJ]DEFAULT_LINEAR_VELOCITY

war: [TRAJ]MAX_ACCELERATION ist: [TRAJ]MAX_LINEAR_ACCELERATION
war: [TRAJ]DEFAULT_ACCELERATION ist: [TRAJ]DEFAULT_LINEAR_ACCELERATION

```

### 5.3.5 Kinematik-Module

Die Kinematikmodule `gentrivkins` und `gantrykins` wurden entfernt, da ihre Funktionalität nun im aktualisierten Modul `trivkins` verfügbar ist.

Das Modul `gentrivkins` war nur in früheren `joints_axes`-Zweigen verfügbar. Für die Konvertierung ist es notwendig, den Namen zu ändern.

Beispiele für HAL-Dateien:

```

war: loadrt gentrivkins
    ist: loadrt trivkins

war: loadrt gentrivkins koordinaten=xyyz
    ist: loadrt trivkins koordinaten=xyyz

```

Konfigurationen, die `gantrykins` verwenden, sollten aktualisiert werden, um `trivkins` zu verwenden, wobei der Parameter `kintype=` auf `BOTH` (für `KINEMATICS_BOTH`) gesetzt wird.

Beispiel einer HAL-Datei:

```

war: loadrt gantrykins Koordinaten=xyyz
    ist: loadrt trivkins Koordinaten=xyyz kintype=BOTH

```

Weitere Informationen finden Sie in der Manpage von `trivkins` (`$ man trivkins`)

Note: Die am meisten unterstützte Verwendung für die Angabe von Kinematik in `joints_axes` ist die Festlegung von Werten im Abschnitt `[KINS]` der Konfigurations-INI-Datei und die anschließende Bezugnahme auf diese Werte innerhalb der angegebenen `[HAL]HALFILES` ( `.hal` `.tcl`-Dateien). Zum Beispiel:

```

INI-Datei:    [KINS]
              KINEMATICS = trivkins
              JOINTS = 3
              ...

HAL-Datei:    loadrt [KINS]KINEMATICS

haltcl Datei: loadrt $::KINS(KINEMATICS)

```

### 5.3.6 Drehmaschinen-Konfigurationen

Vor der Einführung von `joints_axes` wurden Drehmaschinen oft so konfiguriert, als wären sie dreiachsige (XYZ) Maschinen mit einer unbenutzten Achse (Y). Dies war praktisch für die gemeinsame Nutzung von HAL-Dateien (insbesondere für Simulationskonfigurationen), erforderte jedoch die Angabe von `[TRAJ]AXES=3`, einen "Dummy"-Abschnitt `AXIS_Y` und Vorkehrungen für die Referenzierung der unbenutzten Y-Koordinate. Diese Vorkehrungen sind nicht mehr erforderlich oder empfehlenswert.

Historische Drehmaschinenkonfigurationen verwendeten die Standardoptionen für das `trivkins` Kinematikmodul. Diese Standardoptionen konfigurieren alle Achsenbuchstaben (XYZABCUVW). Mit der Einbindung von `joints_axes` setzt eine geeignetere Kinematik-Spezifikation die Koordinaten auf genau

die verwendeten (XZ) und setzt die Anzahl der Gelenke entsprechend auf 2. Es besteht keine Notwendigkeit für einen [AXIS\_Y]-Abschnitt in der INI-Datei und es müssen nur zwei [JOINT\_N]-Abschnitte definiert werden.

Beispiel für INI-Dateien für eine Drehmaschine (es werden nur die für die Kinematik relevanten Abschnitte gezeigt):

```
[KINS]
KINEMATICS = trivkins coordinates=xz
JOINTS = 2

[TRAJ]
COORDINATES = XZ
...

[AXIS_X]
...

[AXIS_Z]
...

[JOINT_0]
...

[JOINT_1]
...
```

Beachten Sie, dass einige Simulationskonfigurationen möglicherweise noch immer die historischen Drehbankkonfigurationen verwenden.

### 5.3.7 Konsistente Gelenke/Achsen-Spezifikationen

INI-Datei-Elemente für die Verwendung von Gelenken und Achsen müssen konsistent sein.

Das Bewegungskinematikmodul, das normalerweise mit `[KINS]KINEMATICS=` geladen wird, muss eine Anzahl von Gelenken verwenden, die der mit `[KINS]JOINTS=` angegebenen Anzahl entspricht.

Das Kinematikmodul muss Achsenbuchstaben implementieren, die mit der vom Aufgabenmodul verwendeten Spezifikation `[TRAJ]COORDINATES=` übereinstimmen.

Beispiele:

Dreiachsige kartesische Maschine mit trivkins (KINEMATICS\_IDENTITY):

```
[KINS]KINEMATICS = trivkins
[KINS]JOINTS      = 3
[TRAJ]COORDINATES = XYZ
```

Zweiachsige Drehmaschine mit trivkins (KINEMATICS\_IDENTITY) mit nicht aufeinanderfolgenden Achsenbuchstaben:

```
[KINS]KINEMATICS = trivkins coordinates=XZ
[KINS]JOINTS      = 2
[TRAJ]COORDINATES = XZ
```

Gantry unter Verwendung von trivkins mit doppelten Achsenbuchstaben und KINEMATICS\_BOTH, um eine individuelle Gelenkpositionierung (für die Referenzfahrt) zu ermöglichen:

```
[KINS]KINEMATICS = trivkins coordinates=XYZZ kintype=BOTH
[KINS]JOINTS      = 4
[TRAJ]COORDINATES = XYZZ
```



Gantry mit Trivkins (KINEMATICS\_BOTH) mit doppelten Achsenbuchstaben und einer Drehachse mit übersprungenen Achsenbuchstaben (A,B übersprungen):

```
[KINS]KINEMATICS = trivkins coordinates=XYZZC kintype=BOTH
[KINS]JOINTS      = 5
[TRAJ]COORDINATES = XYZZC
```

Linearer Delta-Roboter mit nicht-identischen Kins (KINEMATICS\_BOTH), der im kartesischen Rahmen mit einer zusätzlichen Drehkoordinate arbeitet:

```
[KINS]KINEMATICS = lineardeltakins
[KINS]JOINTS      = 4
[TRAJ]COORDINATES = XYZA
```

Note: Einige universelle Kinematikmodule (wie trivkins) implementieren Identitätskinematik mit Unterstützung für Koordinatenangaben (Achsenbuchstaben). Achsenbuchstaben können weggelassen werden. Achsenbuchstaben können dupliziert werden. Gelenke werden den Achsenbuchstaben auf definierte Weise zugewiesen ("man trivkins").

Note: Für das Laden von trivkins-Modulen dürfen Sie keine Leerzeichen um das =-Zeichen oder Buchstaben einfügen:

```
This:      [KINS]KINEMATICS = trivkins coordinates=XZ
NOT This:  [KINS]KINEMATICS = trivkins coordinates = X Z
```

Note: Benutzerdefinierte Kinematikmodule, die Nicht-Identitätskinematiken implementieren (wie lineardeltakins), definieren maschinenspezifische Beziehungen zwischen einem Satz von Koordinaten und einem Satz von Gelenken. Normalerweise berechnen benutzerdefinierte Kinematikmodule die Beziehungen zwischen Gelenken und Achsen innerhalb des benutzerdefinierten Moduls, aber es ist wichtig, konsistente Einstellungen für die zugehörigen INI-Elemente zu verwenden: *[KINS]JOINTS* und *[TRAJ]COORDINATES*. Die Details werden in der Regel in der Manpage des Moduls erklärt (z.B. *man lineardeltakins*).

### 5.3.8 Referenzierfahrt-Sequenzen

**Negative** Werte können für die INI-Datei-Elemente verwendet werden mit der Bezeichnung *[JOINT\_n]HOMING*. Vor der Aufnahme von *joints\_axes* bedeutete ein Wert von -1 oder das Weglassen des Elements an, dass keine Sequenz anwendbar war. Jetzt wird nur noch das Weglassen des Eintrags für diesen Zweck verwendet. Siehe das Kapitel: [Referenzierfahrt Konfiguration](#) für weitere Informationen.

### 5.3.9 Sperrender (engl. locking) rotierender Indexers (Updates für joints\_axes)

Bei *joints\_axes* ist ein Indexer ein Gelenk, das referenziert werden kann (Gelenkmodus), aber auch aus dem G-Code heraus entriegelt werden muss. Dies erfordert eine Eins-zu-eins-Entsprechung zwischen einem einzelnen Gelenk und einer Achse.

Geben Sie die Gelenknummer an, die einer Drehachse ( $L = A, B$  oder  $C$ ) mit einer INI-Datei-Einstellung für die Achse entspricht:

```
[AXIS_L]LOCKING_INDEXER_JOINT = Gelenknummer_für_Indexer
```

Geben Sie an, dass es sich bei der Verbindung um einen sperrenden (engl. locking) Indexer handelt, indem Sie in der INI-Datei eine Einstellung für die Verbindung vornehmen ( $N$  steht für *joint\_number\_for\_indexer*):

```
[JOINT_N]LOCKING_INDEXER = 1
```

Es können HAL Pins erstellt werden, um die Verwendung eines sperrenden (engl. locking) Indikator-Gelenks zu koordinieren:

```
joint.N.unlock (BIT-Ausgang vom HAL)
joint.N.is-unlocked (BIT-Eingang zum HAL)
```

Um diese HAL-Pins für sperrende Gelenke zu erzeugen, müssen alle Gelenke, die als sperrende Indexer verwendet werden, mit dem Parameter `unlock_joints_mask` für das motmod-Modul angegeben werden. (bit0(LSB)==>Gelenk0, bit1==>Gelenk1, usw.)

```
[EMCMOT]
EMCMOT = motmod unlock_joints_mask=BITMASK
```

Nehmen wir als Beispiel eine Maschine mit einer Trivkins-Kinematik mit den Koordinaten XYZB, wobei B ein Verriegelungsindexer ist. Bei der Trivkins-Kinematik werden den angegebenen Koordinaten fortlaufend Gelenknummern (beginnend mit 0) zugewiesen (die Buchstaben der Achsenkoordinaten können weggelassen werden). In diesem Beispiel: X==>Gelenk0, Y==>Gelenk1, Z==>Gelenk2, B==>Gelenk3. Die Maske zur Angabe von Gelenk 3 ist 000001000 (binär) == 0x08 (hexadezimal)

Die erforderlichen INI-Datei-Einträge für dieses trivkins XYZB-Beispiel sind:

```
[KINS]
JOINTS = 4
KINEMATICS = trivkins coordinates=XYZB
...

[TRAJ]
COORDINATES = XYZB
...

[EMCMOT]
EMCMOT = motmod unlock_joints_mask=0x08
...

[AXIS_B]
LOCKING_INDEXER_JOINT = 3
...

[JOINT_3]
LOCKING_INDEXER = 1
...
```

Für komplexere Kinematiken wählen Sie die Gelenknummer nach Bedarf aus - es muss eine Eins-zu-Eins-Entsprechung zwischen der Drehachse und der Gelenknummer bestehen.

(Weitere Informationen zu motmod finden Sie in der motion man-Seite (*\$ man motion*))

### 5.3.10 Strengere INI-Datei Syntax

Zeilen mit numerischen INI-Variablen sind nicht mehr erlaubt, um Text am Ende zu haben. In früheren Versionen von LinuxCNC wurde jeglicher Text nach der Zahl stillschweigend ignoriert, aber ab dieser Version ist ein solcher Text völlig unzulässig. Dies schließt Rautezeichen ("*#*") ein, die in dieser Position ein Teil des Wertes sind, nicht ein Kommentarzeichen.

Beispielsweise werden Zeilen wie diese nicht mehr akzeptiert:

```
MAX_VELOCITY = 7.5 # Dies ist die maximale Geschwindigkeit der Achse.
```

Sie könnten wie folgt in zwei Zeilen ausgedrückt werden:

```
# Dies ist die maximale Geschwindigkeit der Achse.
MAX_VELOCITY = 7.5
```

### 5.3.11 [TRAJ] Einstellungen

In den Versionen 2.7.x sind die Einstellungen für die Trajektorien-Planung ([TRAJ]) enthalten:

```
[TRAJ]
DEFAULT_ACCELERATION
MAX_ACCELERATION
```

Zwischenzeitlich wurden Arbeiten für unterschiedliche lineare und winklige Elemente vorbereitet, indem diese Elemente umbenannt wurden:

```
[TRAJ]
DEFAULT_LINEAR_ACCEL
MAX_LINEAR_ACCEL
```

Da diese abgekürzten Namen nicht mit anderen Namenskonventionen und der Implementierung des update\_ini-Skripts übereinstimmten, wurde die vorläufige Namensgebung korrigiert und verwendet:

```
[TRAJ]
DEFAULT_LINEAR_ACCELERATION
MAX_LINEAR_ACCELERATION
```

---

#### Anmerkung

Eine Unterstützung für die Angabe von Winkelvorgaben und Maximalbeschleunigungen bei der Flugbahnplanung wurde nicht implementiert.

---

## 5.4 HAL Änderungen (Aktualisierungen für joints\_axes 2.8.x)

### 5.4.1 Joggen mit dem Handrad oder MPG (manueller Impulsgeber)

Vor der Einbindung der joints\_axes-Updates wurde das Joggen der Räder nur im Gelenkmodus unterstützt und mit HAL-Pins gesteuert:

```
bit   IN   axis.M.jog-enable
float IN   axis.M.jog-scale
s32   IN   axis.M.jog-counts
bit   IN   axis.M.jog-vel-mode
```

wobei "M" eine Zahl ist, die einem Achsenbuchstaben entspricht (0==>X, 1==>Y, usw.)

Durch die Einbindung von joints\_axes-Updates ist das Joggen der Räder für Gelenke im Joint-Modus und für jede Achsenkoordinate im Teleop-Modus verfügbar. Die zur Verfügung stehenden HAL-Pins sind:

```
bit   IN   joint.N.jog-enable
float IN   joint.N.jog-scale
s32   IN   joint.N.jog-counts
bit   IN   joint.N.jog-vel-mode

bit   IN   axis.L.jog-enable
float IN   axis.L.jog-scale
s32   IN   axis.L.jog-counts
bit   IN   axis.L.jog-vel-mode
```

---

wobei  $N$  eine Gelenknummer und  $L$  ein Achsenbuchstabe ist.

Um ein Handrad in Identitäts-Kins-Konfigurationen zu verwenden, bei denen es eine Eins-zu-Eins-Entsprechung zwischen einer Gelenknummer und einem Achsenbuchstaben gibt, kann es sinnvoll sein, die entsprechenden HAL-Pins zu verbinden. Zum Beispiel, wenn Gelenk 1 genau dem Achsenbuchstaben  $y$  entspricht:

```
net jora_1_y_enable => joint.1.jog-enable => axis.y.jog-enable
net jora_1_y_scale  => joint.1.jog-scale  => axis.y.jog-scale
net jora_1_y_counts => joint.1.jog-counts => axis.y.jog-counts
net jora_1_y_vel-mode => joint.1.jog-counts => axis.y.jog-vel-mode
```

(Die Signalnamen `jora_1_y_*` sind Beispiele, die Namen vor der Konvertierung für `joints_axes` hängen von den spezifischen Konfigurationsdetails ab.)

Konfigurationen mit nicht identischer Kinematik und Konfigurationen, die doppelte Achsenbuchstaben verwenden (z. B. Portale, die mehr als ein Gelenk für eine Achsenkoordinate verwenden), erfordern eine geeignete unabhängige Steuerlogik, um sowohl die Gelenk- als auch die Teleop-(Welt-)Bewegung zu unterstützen.

### 5.4.2 INI HAL-Pins

HAL-Pins werden für INI-Dateielemente sowohl für Gelenke (`[JOINT_N]`) als auch für Achsen (`[AXIS_L]`) erstellt:

Für  $N = 0 \dots [\text{KINS}](\text{GELENKE}-1)$ :

INI file item	HAL pin name
<code>[JOINT_N]BACKLASH</code>	<code>ini.N.backlash</code>
<code>[JOINT_N]FERROR</code>	<code>ini.N.ferror</code>
<code>[JOINT_N]MIN_FERROR</code>	<code>ini.N.min_ferror</code>
<code>[JOINT_N]MIN_LIMIT</code>	<code>ini.N.min_limit</code>
<code>[JOINT_N]MAX_LIMIT</code>	<code>ini.N.max_limit</code>
<code>[JOINT_N]MAX_VELOCITY</code>	<code>ini.N.max_velocity</code>
<code>[JOINT_N]MAX_ACCELERATION</code>	<code>ini.N.max_acceleration</code>
<code>[JOINT_N]HOME</code>	<code>ini.N.home</code>
<code>[JOINT_N]HOME_OFFSET</code>	<code>ini.N.home_offset</code>

Für  $L = x y z a b c u v w$ :

INI file item	HAL pin name
<code>[AXIS_L]MIN_LIMIT</code>	<code>ini.L.min_limit</code>
<code>[AXIS_L]MAX_LIMIT</code>	<code>ini.L.max_limit</code>
<code>[AXIS_L]MAX_VELOCITY</code>	<code>ini.L.max_velocity</code>
<code>[AXIS_L]MAX_ACCELERATION</code>	<code>ini.L.max_acceleration</code>

#### Anmerkung

In früheren Versionen von LinuxCNC (vor `joints_axes` Updates), bezogen sich die HAL-Pin-Namen `ini._N.*` sich Achsen mit  $0 \Rightarrow x$ ,  $1 \Rightarrow y$ , usw. (Pins wurden für alle 9 Achsen erstellt). Weitere Informationen finden Sie in der Manpage von *milltask*.

## 5.5 HAL Änderungen (Aktualisierungen für `joints_axes 2.8.x`)

### 5.5.1 halcompile

Die Anzahl der `names=`-Instanzen war früher auf 16 begrenzt. Jetzt werden die Instanzen für Echtzeitkomponenten (`loadrt`) dynamisch zugewiesen, ohne dass eine Begrenzung eingebaut ist. Die Begrenzung auf 16 gilt weiterhin für `names=`-Elemente für Userspace-Komponenten (`loadusr`).

Für Komponenten, die "personality" verwenden, kann die maximale Anzahl nun durch eine Kommandozeilenoption `-P|--personalities` eingestellt werden.

## 5.5.2 Parameter zu Pin Änderungen

Die folgenden HAL-Ausgangspins wurden von Parametern in Pins umgewandelt, so dass sie mit Signalen verbunden werden können:

```
motion.servo.last-period (letzte Periode des Servos in clks)
motion.servo.last-period_ns (Kernel-abhängige Verfügbarkeit)
```

## 5.6 Schnittstellenänderungen für joint\_axes 2.8.x

### 5.6.1 Python LinuxCNC-Modul

Die `jog()`-Schnittstelle enthält ein *joint-flag* zur Angabe von `joint` (True) oder `teleop` (False) jogging:

```
jog(command, joint-flag, axis-or-joint-number, velocity[, distance])

jog(linuxcnc.JOG_STOP, joint-flag, axis-or-joint-number)
jog(linuxcnc.JOG_CONTINUOUS, joint-flag, joint-flag, velocity)
jog(linuxcnc.JOG_INCREMENT, joint-flag, axis-or-joint-number, velocity, distance)
```

## 5.7 GUIs (Aktualisierungen für joints\_axes 2.8.x)

### 5.7.1 Hinweise zu Gelenk/Achsen-Jogging, Referenzfahrt und Kinematik

Mit der Aufnahme von `joints_axes` Updates, erzwingt LinuxCNC die Unterscheidungen von Gelenken und Achsen (Koordinaten Buchstaben) - aber einige GUIs (wie die AXIS GUI) verstecken diese Unterscheidungen für einfache Maschinen.

In den meisten Fällen kann man sich die Gelenke als *Motoren* vorstellen.

Die Beziehungen zwischen Gelenken und Achsenkoordinaten werden durch die mathematischen Kinematikfunktionen bestimmt, welche die Bewegung einer Maschine beschreiben.

Die Weltkoordinaten (X,Y,Z,A,B,C,U,V,W) werden durch die Anwendung von *FORWARD* Kinematikoperationen auf die Gelenkpositionen (Motor) bestimmt.

Bei Bewegungen im Weltraum (z. B. G-Code-Bewegungen) werden die erforderlichen Gelenk- (Motor-) Positionen durch Anwendung von *INVERSE* Kinematikoperationen auf die für die Bewegung im Weltraum angeforderten Koordinaten bestimmt.

Eine Bewegung im Weltraum ist nur *nach* der Referenzfahrt möglich.

Bei einfachen Maschinen (wie Fräsmaschinen und Drehmaschinen) gibt es eine Eins-zu-Eins-Entsprechung von Gelenken und Achsenkoordinatenbuchstaben. Bei einer XYZ-Fräse beispielsweise lauten die Beziehungen typischerweise: AchseX==Gelenk0, AchseY==Gelenk1, AchseZ==Gelenk2. Diese Korrespondenz wird als "IDENTITY"-Kinematik bezeichnet und das verwendete Kinematikmodul ist in der Regel *trivkins* (trivial kinematics). (Siehe die Manpage von *trivkins* \$ *man trivkins*)

Gelenk-Jogging (mit Gelenknummer 0,1,...) wird im Gelenkmodus verwendet (normalerweise nur *VOR* der Referenzfahrt). Wenn die Referenzfahrt abgeschlossen ist, wird der Jogging-Modus *AUTOMATISCH* vom Joint-Modus in den World-Modus umgeschaltet und das Achsen-Jogging (Koordinatenbuchstabe X,Y,...) wird verwendet. Dies ist für alle G-Code-Bewegungen geeignet, die durch MDI-Befehle oder G-Code-Programme angefordert werden.

Obwohl das Joggen im Gelenkmodus nach der Referenzfahrt oft nicht erforderlich ist, bieten einige GUIs (wie z. B. AXIS) eine Tastenkombination ("\$\$"), mit der bei Maschinen, die eine 'nicht-Identitäts'-Kinematik verwenden, zwischen Gelenk- und Weltmodus (Teleop) umgeschaltet werden kann.

In vielen häufigen Situationen ist gleichzeitiges Jogging nicht erforderlich, da die Referenzfahrt mit Referenzpunkt-Schalter durchgeführt wird und/oder die verschiedenen Referenzfahrt-Methoden von LinuxCNC zur Verfügung gestellt werden. Man schaltet einfach die Maschine ein, gibt den Befehl Referenzfahrt-Alle, die Maschine referenziert und wechselt automatisch in den Weltmodus. Siehe [Referenzfahrt-Konfiguration](#).

Bei Maschinen, die keine Referenzfahrtschalter verwenden, kann es erforderlich sein, vor der Referenzfahrt jedes einzelnen Gelenk manuell in den Gelenkmodus zu schalten. Es ist auch möglich, die sofortige Referenzfahrt (siehe Referenzfahrt-Dokumente) für Gelenke zu verwenden, die keine Referenzfahrt zu einer festen Position erfordern.

Obwohl ein GUI die Unterscheidung zwischen Gelenken und Achsen für "IDENTITY"-Kinematikmaschinen ausblenden kann, ist es in der Regel wichtig, die Referenzfahrt abzuschließen, um Programme auszuführen oder von einer Benutzeroberfläche bereitgestellte Funktionen zu nutzen.

Standardmäßig deklariert sich das trivkins-Modul mit einer *IDENTITY*-Kinematik. Die Unterscheidung zwischen Gelenk- und Weltoperationen kann bei der Verwendung von trivkins in der grafischen Benutzeroberfläche von AXIS sichtbar gemacht werden, indem der Kinematik-Typ mit "kinstype=both" auf einen "Nicht-IDENTITY"-Typ gesetzt wird. Die Einstellung *both* zeigt an, dass sowohl Vorwärts- als auch Inverskinematikfunktionen verfügbar sind und dass solche GUI-Bestimmungen, die eine Unterscheidung von Gelenken und Achsenbuchstaben verbergen, nicht verwendet werden sollten. Geben Sie zum Beispiel für eine xyz-Konfiguration an:

```
[KINS]
KINEMATICS = trivkins coordinates=xyz kinstype=both
```

Bei dieser Einstellung wird Identitätskinematik verwendet, aber die AXIS-GUI wird:

1. Gelenknummern vor Referenzfahrt anzeigen
2. Achsenbuchstaben nach erfolgreicher Referenzfahrt anzeigen
3. Unterstützung des Umschaltens zwischen Gelenk- und Teleop-Modus mit der \$\$-Taste

## 5.7.2 Halui

Halui unterstützt nun Teleop-Jogging, was zu einigen geänderten Pin-Namen und zahlreichen neuen Namen für Jogging-bezogene Pins führt.

In der Manpage (\$ *man halui*) finden Sie alle Pin-Namen.

### 5.7.2.1 TELEOP-Jogging (auch Achsen- oder Welt-Jogging genannt)

Neue Pins für Teleop-Jogging sind:

```
new: halui.axis.jog-speed
new: halui.axis.jog-deadband

neu: halui.axis.L.plus
neu: halui.axis.L.minus
... usw.
```

wobei *L* ein Buchstabe ist, der einem der durch [TRAJ]COORDINATES angegebenen Achsenbuchstaben entspricht, oder *selected* für die durch die halui.axis.L.select-Pins ausgewählte Achse.

### 5.7.2.2 Gemeinsames Joggen

Alle Pins für gemeinsames Joggen wurden aus Gründen der Spezifität umbenannt:

```
war: halui.jog-speed ist: halui.joint.jog-speed
war: halui.jog-deadband ist: halui.joint.jog-deadband

was: halui.jog.N.plus          ist: halui.joint.N.plus
was: halui.jog.N.minus        ist: halui.joint.N.minus
... usw.                      ... usw.
```

wobei  $N$  eine Gelenknummer (0 ...  $num\_oints-1$ ) oder *selected* für das durch die `halui.joint.N.select` Pins ausgewählte Gelenk ist.

### 5.7.2.3 Zusätzliche Pin-Umbenennungen

Die HAL-Pins für "ausgewählte" Gelenke wurden umbenannt, damit sie mit verwandten Pins konsistent sind.

```
war: halui.joint.selected.is_homed
ist: halui.joint.selected.is-homed

war: halui.joint.selected.on-soft-limit
ist: halui.joint.selected.on-soft-min-limit
```

## 5.7.3 AXIS GUI

### 5.7.3.1 Identitäts-Kinematik

Die AXIS GUI unterstützt weiterhin Identitätskinematik-Konfigurationen. Diese Steuerung verbirgt die Unterscheidung von Achsen und Gelenken, um die Anzeige und Verwendung von einfachen Maschinen zu vereinfachen.

### 5.7.3.2 Sonderfall-Kinematiken

Einige Maschinen, typischerweise Gantry, können eine Konfiguration verwenden, bei der einem Achsenbuchstaben mehr als ein Gelenk zugeordnet ist. Dies kann mit dem `trivkins` Kinematikmodul unter Verwendung wiederholter Koordinatenbuchstaben erfolgen. Beispiel: Eine Maschine, die mit INI-Einstellungen wie folgt konfiguriert ist:

```
[KINS]
KINEMATICS = trivkins coordinates=XYZZ kintype=BOTH
...
[TRAJ]
COORDINATES = XYZZ
...
```

Diese Maschine hat nach der Referenzfahrt eine Eins-zu-Eins-Entsprechung zwischen einem einzelnen Achsenbuchstaben (Y) und einem Gelenkpaar (1,2). Die Verwendung von `kinematics=BOTH` ermöglicht die Steuerung einzelner Gelenke im Gelenkmodus *falls erforderlich*.

### 5.7.3.3 Nicht-Identitäts-Kinematik

Die AXIS GUI unterstützt Konfigurationen mit Nicht-Identitäts-Kinematiken:

1. Tastenbindung (\$) zum Umschalten des Gelenk- oder Teleop-Modus
2. Vorschau Tab-Anzeige von Gelenken oder Achsen je nach Gelenk- oder Teleop-Modus
3. Vorschau Registerkarte mit Anzeige der Symbole "Referenzfahrt" und "Limit" im Gelenk-Modus
4. Vorschau Registerkarte Anzeige der Symbole *Alle Referenziert* (engl. all homed) und *Beliebiges Limit* (engl. any limit) im Teleop-Modus
5. DRO Tab-Anzeige des Gelenks oder der Achsen je nach Gelenk- oder Teleop-Modus
6. Jogging wird sowohl im Gelenk- als auch im Teleop-Bewegungsmodus unterstützt.
7. Externe Änderungen des Bewegungsmodus "Joint/Teleop" werden erkannt.

### 5.7.3.4 Referenzpunkt-Symbole

Bei Identitätskinematiken werden "Referenzpunkt" (engl. home)-Symbole für den entsprechenden (eins-zu-eins) Achsenbuchstaben angezeigt, wenn ein Gelenk referenziert ist.

Bei Nicht-Identitätskinematiken werden "Referenzpunkt"-Symbole für einzelne Gelenke angezeigt, wenn ein Gelenk im Gelenkanzeigemodus referenziert ist. Das Symbol "Alle referenziert" wird für alle Achsenbuchstaben angezeigt, wenn ALLE Gelenke im Weltanzeigemodus referenziert sind.

### 5.7.3.5 Grenzwert (engl. limit)-Icons

Bei Identitätskinematiken werden "Limit"-Symbole für den entsprechenden (eindeutigen) Achsenbuchstaben angezeigt, wenn ein Gelenklimit aktiv ist.

Bei Nicht-Identitätskinematiken werden "Limit"-Symbole für einzelne Gelenke angezeigt, wenn das Gelenklimit im Gelenkanzeigemodus aktiv ist. Ein "Any-Limit"-Symbol wird angezeigt, wenn sich ein beliebiges Gelenk im Teleop-Anzeigemodus an einem Limit befindet.

### 5.7.3.6 Tastenbelegung für eine vierte Achse

In der AXIS-Bedienoberfläche werden die Jogging-Tasten den Achsen auf eine konfigurierbare Weise zugewiesen. Für 3-Achsen-Maschinen, XYZA-Maschinen und Drehmaschinen ist die Voreinstellung die gleiche wie in 2.7. Bei anderen Maschinen werden die 4 Tiptastenpaare den ersten 4 Achsen zugewiesen, die in der Reihenfolge XYZ ABC UVW existieren. Diese Zuweisungen können durch neue INI-Datei-Direktiven im Abschnitt [\[DISPLAY\] der INI-Datei](#) gesteuert werden.

Beachten Sie, dass die für das Jogging verwendeten Parameter bei Maschinen mit nicht identischer Kinematik möglicherweise nicht für beide Modi geeignet sind.

## 5.7.4 TkLinuxCNC

Die TkLinuxCNC-GUI unterstützt sowohl Identitäts- als auch Nicht-Identitätskinematiken, enthält GUI-Radiobuttons und eine Tastenbindung (\$) zum Umschalten zwischen Gelenk- und Teleop-Modus. Externe Änderungen des Gelenk- oder Teleop-Bewegungsmodus werden erkannt. Jogging wird sowohl im Gelenk- als auch im Teleop-Bewegungsmodus unterstützt. Beachten Sie, dass die für das Jogging verwendeten Parameter bei Maschinen mit nicht identischer Kinematik möglicherweise nicht für beide Modi geeignet sind.



OpenGL wird von TkLinuxCNC nicht verwendet, so dass es verwendet werden kann, um Probleme und Systemabhängigkeiten zu isolieren, die mit moderneren GUIs wie AXIS offengelegt werden.

Die rudimentäre Backplot-GUI ist für die Verwendung mit identischen kinematischen (xyz) Maschinenkonfigurationen verfügbar.

#### **5.7.4.1 emcsh-Befehle**

Der Code von emcsh.cc stellt die von TkLinuxCNC verwendeten Tcl-Befehle bereit. Die Befehle sind für Tcl-Anwendungen als Tcl-Paket mit dem Namen *Linuxcnc* verfügbar. Eine Reihe von Befehlen erforderte bisher die Verwendung eines numerischen Arguments zur Angabe einer Achsenkoordinate (0-->X, 1-->Y, ..., 8-->W). Diese Befehle wurden vereinfacht, so dass nur noch der Koordinatenbuchstabe als Argument verwendet wird.

Befehle, die jetzt ein Koordinaten-Buchstaben-Argument verwenden, sind:

1. emc\_pos\_offset
2. emc\_abs\_cmd\_pos
3. emc\_abs\_act\_pos
4. emc\_rel\_cmd\_pos
5. emc\_rel\_act\_pos
6. emc\_tool\_offset
7. emc\_probed\_pos

#### **5.7.5 Touchy**

Die Touchy-GUI unterstützt weiterhin die Identitätskinematik-Konfigurationen, die sie vor der Integration von joints\_axes unterstützt hat. Joggen wird im Teleop-Modus ausgeführt.

#### **5.7.6 Gscreen**

Die Gscreen-GUI unterstützt weiterhin die Identitätskinematik-Konfigurationen, die sie vor der Integration von joints\_axes unterstützt hat. Jogging wird im Teleop-Modus durchgeführt.

#### **5.7.7 GMOCCAPY**

Die GMOCCAPY-GUI unterstützt weiterhin die Identitätskinematik-Konfigurationen, die sie vor der Integration von joints\_axes unterstützt hat. Joggen wird im Teleop-Modus ausgeführt.

#### **5.7.8 shuttlexpress-Treiber umbenannt in shuttle**

Der HAL-Treiber für das Contour Designs ShuttleXpress-Gerät wurde von "shuttlexpress" in einfach "shuttle" umbenannt. Wenn Ihre HAL-Dateien eine Variante von "loadusr shuttlexpress" enthalten, ersetzen Sie "shuttlexpress" durch "shuttle".

Der ShuttlePRO, eine größere Version des ShuttleXpress, wird nun unterstützt, so dass der alte Treibername nicht mehr korrekt ist.

---

### 5.7.9 linuxcncrsh

„Referenzfahrt aller Achsen“ (engl. home all) wird jetzt mit dem Unterbefehl „Set Home“ (Referenzpunkt setzen) unterstützt, indem -1 für die Gelenknummer verwendet wird.

Die Jogging-Befehle wurden geändert, um sowohl das gemeinsame (freie) als auch das Teleop-Jogging (Welt) zu ermöglichen.

```
war: set jog      joint_number      speed
ist: set jog      joint_number|axis_letter speed

war: set jog_incr joint_number      speed increment
ist: set jog_incr joint_number|axis_letter speed increment

war: set jog_stop
ist: set jog_stop joint_number|axis_letter
```

---

#### Anmerkung

Test auf Teleop-Modus mit dem Befehl: `get teleop_enable`  
 Wenn TELEOP\_ENABLE=YES, benutze `axis_letter`;  
 Andernfalls `joint_number` verwenden

---



---

#### Anmerkung

Früher hat der Befehl `set jog 0 1.234` die nullte Achse (X) mit der geforderten Geschwindigkeit=1.234 in jedem Modus (frei oder teleop) verfahren. Dieser Befehl versucht nun, das nullte Gelenk (Joint0) zu verfahren, vorausgesetzt der Modus ist frei (nicht teleop). Um die X-Achse zu verfahren, muss der Modus teleop sein und der entsprechende Befehl lautet: `set jog x 1.234`.

---

## 5.8 Werkzeuge (engl. tools)

### 5.8.1 Kalibrierung (emccalib.tcl)

Das Kalibrierungs-/Tuning-Tool unterstützt jetzt Zeilengruppen (engl. stanzas):

[JOINT\_N], [AXIS\_L], [SPINDLE\_S], [TUNE]

wobei *N* eine Gelenknummer (0 ... ([KINS]JOINTS-1)), *L* ein Achsenkoordinatenbuchstabe (X,Y,Z,A,B,C,U,V,W) und *S* eine Spindelnummer (0 ... 9) ist.

---

#### Anmerkung

Die Anzahl der zulässigen Spindeln beträgt 8, aber ältere Konfigurationen können eine Stanza [SPINDLE\_9] enthalten, die nicht mit einer tatsächlichen Spindelanzahl in Verbindung steht.

---



---

#### Anmerkung

Die [TUNE]-Zeilengruppe kann zum Angeben von abstimmbaren (engl. tunable) Elementen verwendet werden, die für die anderen unterstützten Zeilengruppen nicht relevant sind.

---

## 5.9 Veraltete GUIs (entfernt für 2.8.x)

Die GUIs *mini*, *keystick* und *xlinuxcnc* wurden in Verbindung mit Updates für *joints\_axes* entfernt. Der gesamte zugehörige Quellcode, die Beispiele und die Dokumentation sind im Git-Repository verfügbar.

## 5.10 Veraltete GUIs (markiert bei 2.8.x)

Die Benutzeroberfläche *linuxcnc lcd* ist ein Kandidat für die Entfernung. Sollte diese Komponente entfernt werden, bleiben alle zugehörigen Quellcodes, Beispiele und Dokumentationen im Git-Repository verfügbar.

## 5.11 Simulator-Konfigurationen (Aktualisierungen für Gelenke Achsen 2.8.x)

### 5.11.1 Vor *joints\_axes*

Vor der Integration von *joints\_axes* unterstützten die in den Sim-Konfigurationen verwendeten HAL-Dateien typischerweise eine gewöhnliche Fräsmaschine - ein kartesisches System mit trivialer Kinetik und drei Achsen mit der Bezeichnung X Y Z. Typische HAL-Datei-Einträge:

```
[HAL]
HALFILE = core_sim.hal
HALFILE = sim_spindle_encoder.hal
HALFILE = axis_manualtoolchange.hal
HALFILE = simulated_home.hal
```

Drehbankkonfigurationen hatten oft dieselben HAL-Dateien und verwendeten die zweckmäßige Methode, 3 Achsen mit unbenutztem "Y" anzugeben. Komplexere Sim-Konfigurationen boten je nach Konfigurationszweck spezifische Sätze von HAL-Dateien.

### 5.11.2 Nach *joints\_axes*

Mit der Einbindung der *joints\_axes*-Funktionalität nutzen viele der in der Distribution enthaltenen Simulationen nun die Vorteile einer Allzweck-HAL-Datei, die automatisch zahlreiche Konfigurationen unterstützt. Eine typische sim config HALFILE-Spezifikation ist:

```
[HAL]
HALFILE = LIB:basic_sim.tcl
```

Die HALFILE *basic\_sim.tcl* unterstützt eine Reihe von häufig benötigten Funktionen für eine beliebige Anzahl von Gelenken, die angegeben werden durch:

```
[KINS]
...
JOINTS = anzahl_an_gelenken
...
```

Zu den unterstützten Funktionen gehören:

1. *ddts* — die HAL-Komponenten des Differenzierers werden für jedes Gelenk geladen und verbunden (und *xy*, *xyz* für Trivkins-Maschinen)

2. *simulated\_home* — eine *sim\_home\_switch* HAL-Komponente wird geladen und für jedes Gelenk verbunden. Die Homing-Bedingungen werden durch die üblichen `[JOINT_n]HOME_*` INI-Dateielemente spezifiziert.
3. *use\_hal\_manualtoolchange* — der Benutzerbereich *hal\_manualtoolchange* Komponente wird geladen und verbunden.
4. *sim\_spindle* — die *sim\_spindle*-Komponente wird geladen und mit zusätzlich geladenen HAL-Komponenten verbunden, um die Trägheit einer rotierenden Spindelmasse zu simulieren.

Die Funktionen sind standardmäßig aktiviert, können aber mit folgenden Optionen ausgeschlossen werden: *-no\_make\_ddts*, *-no\_simulated\_home*, *-no\_use\_hal\_manualtoolchange*, *-no\_sim\_spindle*.

Um beispielsweise die Erstellung von *ddts* wegzulassen:

```
HALFILE = LIB:basic_sim.tcl -no_make_ddts
```

Das Weglassen einer oder mehrerer Kernfunktionen ermöglicht das Testen ohne diese Funktion oder das Hinzufügen neuer HALFILES zur Implementierung oder Erweiterung der Funktionalität.

### 5.11.2.1 Äquivalente HAL-Befehlsdatei

Wenn `LIB:basic_sim.tcl` verwendet wird, so wird eine entsprechende HAL-Datei erstellt (im Konfigurationsverzeichnis) erstellt, um die ausgegebenen *halcmd*-Befehle anzuzeigen. Der Name der Datei basiert auf dem Namen der INI-Datei mit angehängtem *\_cmds*, dem Basisnamen und einer konventionellen *.hal*-Dateierweiterung. Beispiel:

```
inifilename:      example.ini
equivalent_halfilename: example_cmds.hal
```

Die entsprechende HAL-Datei ersetzt frühere Instanzen von Dateien mit demselben Dateinamen. Es werden INI-Datei-Variablen, die in der INI-Datei angegeben und von *halcmd* interpretiert werden, automatisch in der erstellten HAL-Datei ersetzt. Wenn es `[HAL]HALFILES` gibt, die vor `LIB:basic_sim.tcl` angegeben sind, so werden deren *halcmd* Befehle ebenfalls einbezogen.

Die entsprechende HAL-Datei kann verwendet werden, um eine neue Konfiguration zu erstellen, die auf der mit `LIB:basic_sim.tcl` erstellten ursprünglichen Konfiguration basiert:

1. Führen Sie die Simulatorkonfiguration aus, um eine neue äquivalente HAL-Datei zu erstellen, z. B.: *"example\_cmds.hal"*.
2. Um diese neue äquivalente HAL-Datei in der ursprünglichen INI-Datei der Simulatorkonfiguration (oder einer Kopie davon) zu verwenden, bearbeiten Sie sie, um sie zu ändern:

```
[HAL]
HALFILE = LIB:basic_sim.tcl other_parameters
```

zu:

```
[HAL]
HALFILE = ./example_cmds.hal
```

### 5.11.2.2 Anmerkungen

Alle von `LIB:basic_sim.tcl` hergestellten Komponenten und Verbindungen können mit *halcmd* angezeigt werden. Die gesamte HAL-Konfiguration (mit Ausnahme der mit *loadusr* geladenen Userspace-Komponenten) kann mit in einer Datei gespeichert werden:

```
$ halcmd save > hal.save
```

Die Verwendung von `LIB:basic_sim.tcl` reduziert den Aufwand für die Erstellung einer Simulationskonfiguration, da sie die meisten der erforderlichen Komponentenladungen und HAL-Verbindungen übernimmt.

Die Sim-Konfiguration *Sample Configurations/sim/axis/minimal\_xyz.ini* demonstriert eine funktionierende xyz-Konfiguration, die `LIB:basic_sim.tcl` mit einer minimalen Anzahl von INI-Datei-Einstellungen verwendet.

## 5.12 Verschiedene Updates für 2.8.x

Commits zu unveröffentlichten Entwicklungs-Zweigen (engl. branches) können Änderungen vornehmen, von denen Tester und early adopters der unveröffentlichten Software profitieren (oder Fehler feststellen).

### 5.12.1 Bewegungs-Pins (engl. motion pins)

Neue Pins (weitere Informationen finden Sie in der Motion-Manpage):

```
--- axis.L.jog-accel-fraction joint.N.jog-accel-fraction ---
```

### 5.12.2 HAL-Pins

Namensänderungen:

```
war: axis.L.vel-cmd
ist: axis.l.teleop-vel-cmd
```

Neue Pins:

```
motion.homing-inhibit (siehe motion manpage)
```

### 5.12.3 HAL-Komponenten

1. siggen: neuer Pin *reset* zum Setzen von Ausgangssignalwerten auf vordefinierten Zustand
2. biquad: Pins *type,f0,Q,s1,s2'* waren zuvor Parameter
3. userkins: Vorlage für benutzerdefinierte Kinematikmodule mit `halcompile`

### 5.12.4 XHC-HB04 vorbereitete Unterstützung

#### 5.12.4.1 xhc\_hb04\_util.comp (Hilfskomponente)

Entfernen Sie den ungenutzten Pin *jogenable-off*.

Fügen Sie den Pin *amux-enable* hinzu, so dass die gemultiplexten Beschleunigungsreduktionen nun durch die UND-Verknüpfung der Pins *is-manual* und *amux-enable* aktiviert werden. Diese beiden Pins sind normalerweise mit *halui.mode.is-manual* bzw. *halui.mode.is-teleop* verbunden.

#### 5.12.4.2 xhc\_hb04.tcl (optionale HAL-Datei für die LIB-Konfiguration)

Signal `pendant:jogenable-off` für entfernten Pin `pendant_util.jogenable-off` entfernen.

Unterstützung neuer Bewegungspins für reduzierte Beschleunigungen (`axis.L.jog-accel-fraction`, `joint.N.jog-accel-fraction`) für das Joggen der Räder. Die Verwendung von `[APPLICATIONS]APP=xhc-hb04-accel` wird nicht mehr unterstützt. Reduzierte Beschleunigungen werden nur noch für das Rad-Jogging angewendet (nicht für nml-Befehle, die von GUIs ausgegeben werden).

#### 5.12.5 XHC-WHB04B-6 pendant Unterstützung

Siehe die Dokumentation für die Komponente `xhc-whb04b-6`.

#### 5.12.6 bldc3\_hall

Die Komponente `bldc_hall3` wurde entfernt. Die Komponente **bldc** ist flexibler und besser getestet.

#### 5.12.7 [JOINT\_n] HOME\_SEQUENCE Startwerte

Die Werte der Startsequenz können nur 0, 1 (oder -1) sein. Weitere Informationen finden Sie in der Dokumentation zur "Referenzfahrt-Konfiguration".

#### 5.12.8 [JOINT\_n]HOME\_SEQUENCE Negative Werte

Gelenke mit einer negativen HOME\_SEQUENCE dürfen nicht im Gelenkmodus verfahren werden, um eine Fehlausrichtung (Racking) in üblichen Gantry-Konfigurationen zu verhindern. Wie immer müssen Maschinen mit einem beliebigen Kinematik-Typ vor der Aktivierung des konventionellen Weltmodus-Jogging referenziert werden.

#### 5.12.9 TWOPASS-Unterstützung für komplexe loadrt config= items

Twopass-Unterstützung für `loadrt config modparams` mit mehreren durch Leerzeichen getrennten und in Anführungszeichen eingeschlossenen Einstellungen hinzugefügt. Beispiel:

```
loadrt hm2_eth board_ip=10.10.10.10 config="num_encoders=2 num_pwmgens=2 num_stepgens=3"
```

### 5.13 Änderungen nach 2.8.x (Master-Zweig Entwicklung)

Der Master-Zweig ist mit einer Vorabversion gekennzeichnet, normalerweise `2.9~pre*`

#### 5.13.1 Python3 und GTK3

2.9 wurde auf Python3 und GTK3 umgestellt. Dies betrifft Sie nur, wenn Sie benutzerdefinierte Glade- oder Python-Handler in Ihrer Konfiguration haben.

1. Führen Sie `py3clean` in Ihrem Konfigurationsverzeichnis aus, um alle temporären Dateien zu entfernen.

2. Führen Sie `py3clean` in Ihrem LinuxCNC-Quellverzeichnis aus, wenn Sie aus den Quellen kompilieren.
3. Führen Sie `2to3 -w` für alle `.py`-Dateien aus, die Sie geschrieben haben.
4. Stellen Sie sicher, dass der Interpreter in der ersten Zeile des Skripts Python 3 und nicht Python 2 ist.
5. Öffnen Sie die UI-Datei in Glade, und speichern Sie sie. Es sollte alles, was konvertiert werden kann, automatisch konvertieren und Ihnen Warnungen geben.

### 5.13.2 LinuxCNC-Startup

Das Hauptskript **linuxcnc** unterstützt eine neue Option (`-H dirname`) zur Angabe eines zusätzlichen benutzerdefinierten Verzeichnisses für HAL-Dateien. Dieses Verzeichnis wird vor der üblichen Suche nach 1) dem INI-Verzeichnis und 2) dem System-HAL-Dateibibliotheksverzeichnis durchsucht.

### 5.13.3 G-Code Änderungen

G43.2 (zusätzliche Offsets) akzeptiert nun transiente Offsets, die sowohl durch Achsenwörter als auch aus der Werkzeugtabelle hinzugefügt werden sollen.

### 5.13.4 Konfigurations-Updates

#### 5.13.4.1 INI-Datei Einstellungen

Neu: `[JOINT_n]HOME_INDEX_NO_ENCODER_RESET` — unterstützt Encoder mit einem Index, der bei Empfang eines Indeximpulses nach Aktivierung von `index_enable` nicht zurückgesetzt wird.

axis.py Vorgabe für `[DISPLAY]GEOMETRY` war: `"XYZBCUVW"`, ist: `"XYZABCUVW"`

### 5.13.5 Code-Aktualisierungen

Die Verwaltung der internen Speicherung von Werkzeugdaten und die Kommunikation derselben zwischen EMCIO und TASK wurde überarbeitet, so dass nun Memory-Mapped Storage verwendet wird. Die frühere Verwendung von nml-Nachrichten für Tooldaten ist veraltet und wird möglicherweise vor einer neuen Version entfernt.

Codeverweise auf die sequenziellen Indizes für interne Werkzeugdaten wurden geklärt, aber die alten Variablennamen für **selected\_pocket** und **current\_pocket** bleiben bestehen. Variablen mit diesen Namen beziehen sich auf den sequenziellen Index für interne Werkzeugdaten und nicht auf eine tatsächliche Taschennummer. Diese Variablennamen können in Zukunft umbenannt werden und erfordern Änderungen an benutzerdefinierten Python-Remap-Anwendungen, welche die Handhabung der Werkzeuge ändern.

Eine neue optionale Schnittstelle unterstützt die Verwaltung von Werkzeugdaten durch eine externe Datenbankanwendung.

Die Datei `ioControl_v2.cc`, die das Userspace-Programm `iov2` bereitstellt, hat keinen Maintainer und ihre Verwendung ist veraltet - sie wird möglicherweise vor der nächsten Version entfernt.

#### 5.13.5.1 Rückwärtslauf

Unterstützung für Rückwärtslauf im Trajektorienplaner, den Aufgaben- und Bewegungsmodulen, der Python-Schnittstelle, der AXIS-GUI und der Test-Suite hinzugefügt.

### 5.13.5.2 Anzahl der Gelenke

Die maximale Anzahl der Gelenke (EMCMOT\_MAX\_JOINTS) wurde von 9 auf 16 erhöht. Die AXIS GUI unterstützt nun die Anzeige von bis zu 16 Gelenken.

### 5.13.5.3 Extra Gelenke

Ein neuer motmod-Parameter (num\_extrajoints) spezifiziert Gelenke, die mit konventionellen Referenzfahrtmethoden angefahren werden, aber nach der Referenzfahrt über neue HAL-Pins (joint.N.posthome cmd) gesteuert werden. Solche Gelenke können von unabhängigen Bewegungsplanern/-controllern in HAL verwaltet und von G-Code aus mit Hilfe von benutzerdefinierten M-Codes manipuliert werden. Weitere Informationen finden Sie in der Manpage motion.

### 5.13.5.4 Referenzfahrt (engl. homing)

Eine Referenzfahrt (engl. homing)-API wird von src/emc/motion/homing.h bereitgestellt, um benutzerdefinierten Homing-Code zu unterstützen, der src/emc/motion/homing.c durch eine benutzerdefinierte homing.c-Datei ersetzt.

### 5.13.5.5 Bewegung (engl. motion)

Das Bewegungsmodul unterstützt Kinematikmodule, die neue Funktionen kinematicsSwitchable() und kinematicsSwitch() definieren, um ihren Kinematik-Typ zu wechseln. Ein HAL-Pin, motion.switchkins-type, ist für die Verwendung solcher Kinematikmodule vorgesehen.

Kinematikmodule, die Kinematikumschaltung implementieren, verwenden das Objekt switchkins.o, um die erforderlichen rtapi\_main() und zugehörige Funktionen bereitzustellen. Kinematikmodule, die Kinematikumschaltung nicht unterstützen, verwenden das Makro "KINS\_NOT\_SWITCHABLE", das von kinematics.h bereitgestellt wird.

### 5.13.5.6 Switchkins Kinematik-Module

Mehrere Kinematikmodule sind nun zwischen ihrer gleichnamigen Kinematik und einem alternativen Identitätskinematikmodus umschaltbar.

Kinematische Module, die Switchkins unterstützen:

1. xyzac-trt-kins table-rotary-tilting (ersetzt xyzac-trt-kins)
2. xyzbc-trt-kins table-rotary-tilting (ersetzt xyzbc-trt-kins)
3. genserkins verallgemeinerte Kinematik mit seriellen Gliedern
4. genhexkins verallgemeinerte parallele Hexapod-Kinematik
5. Scarakins Scara Roboter
6. pumakins puma roboter
7. 5axiskins bridgemill (xyzbcw 6 Achsen)

Die obigen switchkins-Module (und trivkins) unterstützen einen coordinates=-Parameter, der optional eine geordnete Menge von Koordinatenbuchstaben angibt, die nacheinander Gelenknummern zugeordnet werden (beginnend mit joint0).



Die obigen switchkins-Module enthalten Vorkehrungen für die Kompilierzeitunterstützung eines zusätzlichen benutzerspezifischen Kinematik-Typs, der in der make-Befehlszeile durch die Umgebungsvariable `userkfuncs` identifiziert wird. (Siehe `src/Makefile`)

Das Userspace-Testprogramm `bin/genserkins` wurde in eine einzige Datei (`ugenserkins.c`) isoliert, da die ursprüngliche Quelldatei (`genserkins.c`) für die Unterstützung von switchkins überarbeitet wurde. Das Userspace-Testprogramm wurde nicht aktiv gepflegt und seine Verwendung ist veraltet. Die Datei `ugenserkins.c` wird möglicherweise in Zukunft entfernt werden.

#### 5.13.5.7 Trajektorienplaner

Der Trajektorienplaner ist jetzt als ladbares Modul implementiert (Standard: `tpmod`). Ein alternativer (vom Benutzer erstellter) Planer kann mit der INI-Einstellung `[TRAJ]TPMOD= modulename` oder der Option `linuxcnc -t modulename` geladen werden. Die Beispieldatei `src/hal/components/tpcomp.comp` illustriert eine Methode zur Erstellung eines Moduls mit `halcompile`.

#### 5.13.5.8 Referenzfahrt (engl. homing)

Die Referenzfahrt (engl. homing)-Funktionen werden jetzt durch ein ladbares Modul implementiert (Standard: `homemod`). Ein alternativer (vom Benutzer erstellter) Planer kann mit der INI-Einstellung `[EMCMOT]HOMEMOD=modulename` oder der Option `linuxcnc -m modulename` geladen werden. Die Beispieldatei `src/hal/components/homecomp.comp` ist ein Minimalbeispiel für ein Homing-Modul, das mit `halcompile` erstellt werden kann.

#### 5.13.5.9 Sonstiges

`lib/hallib/sim_lib.tcl`: Simulation des Encoder-Index, wenn `[JOINT_n]HOME_USE_INDEX` angegeben ist.

`lib/python/vismach.py`: neuer HAL-Pin `vismach.plotclear`

### 5.13.6 HAL

#### 5.13.6.1 Komponenten

`sim_home_switch`: I/O-Pin für Index-Aktivierung hinzugefügt

#### 5.13.6.2 Pins für Bewegungsmodule

`motion.feed-upm` — aktueller Vorschub in Einheiten pro Minute

### 5.13.7 Konfigurationen

#### 5.13.7.1 INI-Datei

`[DISPLAY]GEOMETRY` Einstellungen, die das `!` Zeichen geben an, dass die angezeigten Drehungen G5x-, G92-Offsets berücksichtigen.

#### 5.13.7.2 Simulationskonfigurationen

`sim/configs/axis/axis_9axis`: Demonstriert den simulierten Encoder-Index

## **5.14 Änderungen nach 2.8.x**

Künftige Versionen dieses Dokuments werden die Änderungen berücksichtigen, die nach der letzten Version 2.8.x am Entwicklungszweig vorgenommen wurden.

# Kapitel 6

## Glossar

Eine Auflistung von Begriffen und deren Bedeutung. Einige Begriffe haben eine allgemeine Bedeutung und mehrere zusätzliche Bedeutungen für Benutzer, Installateure und Entwickler.

### **Acme-Schraube**

Eine Art von Gewindespindel, die ein Acme-Gewinde hat. Acme-Gewinde haben eine etwas geringere Reibung und einen geringeren Verschleiß als einfache Dreiecksgewinde, aber Kugelgewindetriebe sind noch günstiger. Die meisten manuellen Werkzeugmaschinen verwenden Trapezgewindespindeln.

### **Achse**

Eines der computergesteuerten beweglichen Teile der Maschine. Bei einer typischen Vertikalfräse ist der Tisch die X-Achse, der Schlitten die Y-Achse und die Pinole oder das Knie die Z-Achse. Winkelachsen wie Drehtische werden als A, B und C bezeichnet. Zusätzliche lineare Achsen in Bezug auf das Werkzeug heißen U, V und W.

### **Achse (GUI)**

Eine der grafischen Benutzeroberflächen, die den Benutzern von LinuxCNC zur Verfügung stehen. Es verfügt über die moderne Verwendung von Menüs und Maustasten während der Ausführung und versteckt einige der mehr traditionellen LinuxCNC Kontrollen. Es ist die einzige Open-Source-Schnittstelle, die den gesamten Werkzeugpfad zeigt, sobald eine Datei geöffnet wird.

### **GMOCCAPY (GUI)**

Eine grafische Benutzeroberfläche, die den Benutzern von LinuxCNC zur Verfügung steht. Es bietet die Verwendung und das Gefühl einer industriellen Steuerung und kann mit Touchscreen, Maus und Tastatur verwendet werden. Es unterstützt eingebettete Tabs und von HAL ausgelöste Benutzer-Nachrichten, bietet es eine Menge HAL beens mit Hardware gesteuert werden. GMOCCAPY ist in hohem Maße anpassbar.

### **Umkehrspiel**

Das Spiel oder der Bewegungsverlust, der bei einer Richtungsumkehr in einer Leitspindel oder einem anderen mechanischen Antriebssystem auftritt. Es kann durch lockere Muttern an Leitspindeln, Schlupf in Riemen, Kabeldurchhang, "Aufwickeln" in Drehkupplungen und anderen Stellen entstehen, an denen das mechanische System nicht "dicht" ist. Spiel führt zu ungenauen Bewegungen, oder im Falle von Bewegungen, die durch äußere Kräfte verursacht werden (z. B. Schneidewerkzeug, das am Werkstück zieht), können Schneidewerkzeuge brechen. Dies kann passieren, weil die Spanbelastung des Fräasers plötzlich ansteigt, wenn das Werkstück durch das Schneidewerkzeug über die Spielstrecke gezogen wird.

### **Umkehrspiel-Kompensation**

Jede Technik, mit der versucht wird, die Auswirkungen des Spiels zu verringern, ohne es tatsächlich aus dem mechanischen System zu entfernen. Dies geschieht in der Regel durch Software in

der Steuerung. Auf diese Weise kann die endgültige Ruhestellung des Teils während der Bewegung korrigiert werden, aber Probleme im Zusammenhang mit Richtungsänderungen während der Bewegung (z. B. Kreisinterpolation) und Bewegungen, die durch äußere Kräfte (z. B. Ziehen des Schneidwerkzeugs am Werkstück) verursacht werden, sind nicht gelöst.

### **Kugelumlaufspindel**

Eine Art von Gewindespindel, bei der zur Verringerung der Reibung kleine gehärtete Stahlkugeln zwischen der Mutter und der Spindel eingesetzt werden. Kugelgewindetriebe haben eine sehr geringe Reibung und ein geringes Spiel, sind aber in der Regel recht teuer.

### **Kugelmutter**

Eine spezielle Mutter, die für die Verwendung mit einer Kugelumlaufspindel bestimmt ist. Sie enthält einen internen Durchgang, um die Kugeln von einem Ende der Spindel zum anderen zurückzubefördern.

### **CNC**

Numerische Computersteuerung (Kurzform für engl. Computational Numerical Control). Allgemeiner Begriff, der sich auf die Computersteuerung von Maschinen bezieht. Statt dass ein menschlicher Bediener Kurbeln dreht, um ein Schneidwerkzeug zu bewegen, verwendet CNC einen Computer und Motoren, um das Werkzeug auf der Grundlage eines Teil-Beschreibung zu bewegen.

### **Comp**

Ein Werkzeug, das zum Erstellen, Kompilieren und Installieren von LinuxCNC HAL-Komponenten verwendet wird.

### **Konfiguration(n)**

Ein Verzeichnis, das eine Reihe von Konfigurationsdateien enthält. Benutzerdefinierte Konfigurationen sind in der Regel in den Benutzer `home/linuxcnc/configs` Verzeichnis gespeichert. Diese Dateien enthalten LinuxCNC's traditionelle INI-Datei und HAL-Dateien. Eine Konfiguration kann auch mehrere allgemeine Dateien enthalten, die Werkzeuge, Parameter und NML-Verbindungen beschreiben.

### **Konfiguration(v)**

Die Aufgabe, LinuxCNC so einzustellen, dass es mit der Hardware einer Werkzeugmaschine übereinstimmt.

### **Koordinatenmessmaschine**

Mit einer Koordinatenmessmaschine lassen sich viele genaue Messungen an Teilen vornehmen. Diese Maschinen können verwendet werden, um CAD-Daten für Teile zu erstellen, für die keine Zeichnungen vorhanden sind, wenn ein handgefertigter Prototyp für den Formenbau digitalisiert werden muss, oder um die Genauigkeit von maschinell bearbeiteten oder gegossenen Teilen zu überprüfen.

### **Anzeigeeinheiten**

Die linearen und winkligen Einheiten, die für die Anzeige auf dem Bildschirm verwendet werden.

### **DRO**

Eine digitale Positionsanzeige (Abkürzung von engl. Digital Read Out) ist ein System von Positionsmessgeräten, die an den Schlitten einer Werkzeugmaschine angebracht und mit einer numerischen Anzeige verbunden sind, um die aktuelle Position des Werkzeugs im Verhältnis zu einer Referenzposition anzuzeigen. DROs sind bei handgeführten Werkzeugmaschinen sehr beliebt, da sie die tatsächliche Werkzeugposition spielfrei messen, selbst wenn die Maschine sehr lockere Acme-Schrauben hat. Einige DROs verwenden lineare Quadratur-Drehgeber, um Positionsinformationen von der Maschine zu erhalten, und einige verwenden Methoden, die einem Resolver ähneln, der immer wieder umläuft.

### **EDM**

Die Funkenerosion ist ein Verfahren zum Abtragen von Metall in harten oder schwer zu bearbeitenden oder zähen Metallen oder in Fällen, in denen rotierende Werkzeuge nicht in der Lage

wären, die gewünschte Form auf kostengünstige Weise herzustellen. Ein hervorragendes Beispiel sind rechteckige Stanzformen, bei denen scharfe Innenecken gewünscht sind. Bei Fräsvorgängen können mit Werkzeugen mit begrenztem Durchmesser keine scharfen Innenecken erzeugt werden. Eine *Drahterodiermaschine* kann Innenecken mit einem Radius herstellen, der nur geringfügig größer als der Radius des Drahtes ist. Eine Senkerodiermaschine kann Innenecken mit einem Radius herstellen, der nur geringfügig größer ist als der Radius an der Ecke der Senkelektrode.

## **EMC**

Der Enhanced Machine Controller (ein Eigenname, wörtlich übersetzt "verbesserte Maschinensteuerung"). Ursprünglich ein NIST-Projekt. Umbenannt in LinuxCNC im Jahr 2012.

## **EMCIO**

Das Modul innerhalb von LinuxCNC, die allgemeine E/A (engl. I/O) handhabt, die nichts mit der eigentlichen Bewegung der Achsen zu tun hat.

## **EMCMOT**

Das Modul innerhalb von LinuxCNC, das die eigentliche Bewegung des Schneidwerkzeugs steuert. Es läuft als Echtzeitprogramm und steuert direkt die Motoren.

## **Encoder**

Ein Gerät zur Messung der Position. Normalerweise ein mechanisch-optisches Gerät, das ein Quadratursignal ausgibt. Das Signal kann durch spezielle Hardware gezählt werden, oder direkt durch den parallelen Port mit LinuxCNC.

## **Vorschub**

Relativ langsame, kontrollierte Bewegung des Werkzeugs bei der Durchführung eines Schnitts.

## **Vorschubgeschwindigkeit**

(engl. feed rate) Die Geschwindigkeit, mit der eine Schnittbewegung erfolgt. Im Auto- oder MDI Modus wird die Vorschubgeschwindigkeit mit einem F-Wort bestimmt. F10 würde zehn Maschineneinheiten pro Minute bedeuten.

## **Rückmeldung**

(engl. feedback) Eine Methode (z.B. Quadratur-Encoder-Signale), durch die LinuxCNC Informationen über die Position von Motoren erhält.

## **Vorschubgeschwindigkeit-Anpassung (engl. override)**

Eine manuelle, vom Bediener gesteuerte Änderung der Geschwindigkeit, mit der sich das Werkzeug beim Schneiden bewegt. Wird oft verwendet, um dem Bediener die Möglichkeit zu geben, stumpfe Werkzeuge oder andere Dinge, die eine Anpassung der Vorschubgeschwindigkeit erfordern, zu korrigieren.

## **Gleitkommazahl**

Eine Zahl, die einen Dezimalpunkt hat, bsw. 12.3. In HAL wird sie (engl.) als Float bezeichnet.

## **G-Code**

Ein generalisierter Begriff für die gebräuchlichste Programmiersprache zur Beschreibung von Werkstücken. Es gibt mehrere Dialekte von G-Code, LinuxCNC verwendet RS274/NGC.

## **GUI**

Grafische Benutzeroberfläche (engl. Graphical User Interface).

## **Allgemeines**

Eine Art von Schnittstelle zur Kommunikation zwischen einem Computer und einem Menschen (in den meisten Fällen) über die Manipulation von Symbolen und anderen Elementen (Widgets) auf einem Computerbildschirm.

## **LinuxCNC**

Eine Anwendung, die dem Maschinenbediener einen grafischen Bildschirm präsentiert zur Bedienung der Maschine und des Steuerungsprogramms.

**HAL**

Hardware-Abstraktionsschicht. Auf der höchsten Ebene ist es einfach eine Möglichkeit, eine Reihe von Bausteinen zu laden und miteinander zu verbinden, um ein komplexes System zusammenzustellen. Viele der Bausteine sind Treiber für Hardwaregeräte. HAL kann jedoch mehr als nur Hardwaretreiber konfigurieren.

**Pos1**

Eine bestimmte Position im Arbeitsbereich der Maschine, die verwendet wird, um sicherzustellen, dass der Computer und die tatsächliche Maschine mit der Werkzeugposition übereinstimmen.

**INI-Datei**

Eine Textdatei mit dem überwiegenden Anteil an Informationen zur Anpassung (Konfiguration) von LinuxCNC an eine bestimmte Maschine.

**Instanzen**

Man kann eine Instanz einer Klasse oder eines bestimmten Objekts haben. Die Instanz ist das eigentliche Objekt, das zur Laufzeit erzeugt wird. Im Programmierer-Jargon ist das Objekt "Lassie" eine Instanz der Klasse "Dog".

**Gelenk-Koordinaten**

Diese geben die Winkel zwischen den einzelnen Gelenken der Maschine an. Siehe auch Kinematik

**Jog (manuelle Bewegung)**

Manuelles Bewegen einer Achse einer Maschine. Beim Joggen wird die Achse entweder bei jedem Tastendruck um einen festen Betrag bewegt oder mit einer konstanten Geschwindigkeit, solange Sie die Taste gedrückt halten. Im manuellen Modus kann die Jog-Geschwindigkeit über die grafische Oberfläche eingestellt werden.

**Kernel-Space**

Siehe Echtzeit.

**Kinematik**

Die Positionsbeziehung zwischen Weltkoordinaten und Gelenkkkoordinaten einer Maschine. Es gibt zwei Arten von Kinematik. Die Vorwärtskinematik wird verwendet, um Weltkoordinaten aus Gelenkkkoordinaten zu berechnen. Die inverse Kinematik wird für genau den gegenteiligen Zweck verwendet. Beachten Sie, dass die Kinematik die Kräfte, Momente usw. an der Maschine nicht berücksichtigt. Sie dient nur der Positionierung.

**Leitspindel**

Eine Spindel, die von einem Motor gedreht wird, um einen Tisch oder einen anderen Teil einer Maschine zu bewegen. Gewindespindeln sind in der Regel entweder Kugelgewindespindeln oder Trapezgewindespindeln, obwohl auch herkömmliche dreieckige Gewindespindeln verwendet werden können, wenn Genauigkeit und lange Lebensdauer weniger wichtig sind als niedrige Kosten.

**Maschineneinheiten**

Die für die Maschinenkonfiguration verwendeten Längen- und Winkleinheiten. Diese Einheiten werden in der INI-Datei angegeben und verwendet. HAL-Pins und -Parameter werden im Allgemeinen ebenfalls in Maschineneinheiten angegeben.

**MDI**

Manuelle Dateneingabe (engl. Abkürzung für Manual Data Input). Dies ist eine Betriebsart, bei der das Steuergerät einzelne Zeilen des G-Codes ausführt, wie sie vom Bediener eingegeben werden.

**NIST**

das US Institut "Nationales Institut für Normung und Technologie" (engl. Abkürzung für National Institute of Standards and Technology). Eine Einrichtung des Handelsministeriums der Vereinigten Staaten.

**NML**

Die Neutral Message Language bietet einen Mechanismus für die Handhabung mehrerer Nachrichtentypen im selben Puffer sowie eine Vereinfachung der Schnittstelle für die Kodierung und Dekodierung von Puffern im neutralen Format und des Konfigurationsmechanismus.

**Versätze**

Ein beliebiger Betrag, der zum Wert von etwas hinzugefügt wird, um ihn mit einem gewünschten Wert gleichzusetzen. Zum Beispiel werden G-Code-Programme oft um einen geeigneten Punkt herum geschrieben, wie X0, Y0. Vorrichtungsoffsets können verwendet werden, um den tatsächlichen Ausführungspunkt dieses G-Code-Programms so zu verschieben, dass er mit der tatsächlichen Position des Schraubstocks und der Backen übereinstimmt. Werkzeugkorrekturen können verwendet werden, um die unkorrigierte Länge eines Werkzeugs so zu verschieben, dass sie der tatsächlichen Länge des Werkzeugs entspricht.

**Werkstück Programm**

Eine Beschreibung eines Werkstücks in einer Sprache, welche die Steuerung verstehen kann. Für LinuxCNC ist die Sprache RS-274/NGC, allgemein als G-Code bekannt.

**Programm-Einheiten**

Die in einem Werkstück-Programm verwendeten Längen- und Winkleinheiten. Die linearen Programmeinheiten müssen nicht mit den linearen Maschineneinheiten übereinstimmen. Siehe G20 und G21 für weitere Informationen. Die Winkleinheiten des Programms werden immer in Grad gemessen.

**Python**

Allzweck-, sehr High-Level-Programmiersprache. Wird in LinuxCNC verwendet für die Axis GUI, das Stepconf Konfigurationswerkzeug, und mehrere G-Code-Programmierung Skripte.

**Schnell**

Schnelle, möglicherweise unpräzise Bewegung des Werkzeugs, die in der Regel für den Wechsel zwischen den Schnitten verwendet wird. Wenn das Werkzeug beim Eilgang auf das Werkstück oder die Vorrichtung trifft, ist das wahrscheinlich schlecht!

**Schnellauf-Geschwindigkeit**

Die Geschwindigkeit, mit der eine Eilgangbewegung erfolgt. Im Auto- oder MDI-Modus ist der Eilgang normalerweise die Höchstgeschwindigkeit der Maschine. Es ist oft wünschenswert, die Eilgeschwindigkeit zu begrenzen, wenn ein G-Code-Programm zum ersten Mal getestet wird.

**Echtzeit**

Software, die sehr strenge Zeitvorgaben einhalten soll. Um diese Anforderungen zu erfüllen, muss unter Linux ein Echtzeit-Kernel wie RTAI installiert und die Software für die Ausführung in der speziellen Echtzeitumgebung erstellt werden. Aus diesem Grund läuft Echtzeit-Software im Kernel-Space.

**RTAI**

Real Time Application Interface, siehe <https://www.rtai.org/> mit Echtzeit-Erweiterungen für Linux, die LinuxCNC verwenden kann, um Echtzeit-Leistung zu erreichen.

**RTLINUX**

Siehe <https://en.wikipedia.org/wiki/RTLinux>, eine ältere Echtzeit-Erweiterung für Linux, die von LinuxCNC verwendet wurde, um Echtzeitleistung zu erreichen. Veraltet, ersetzt durch RTAI.

**RTAPI**

Eine portable Schnittstelle zu Echtzeitbetriebssystemen einschließlich RTAI und POSIX pthreads mit Echtzeit-Erweiterungen.

**RS-274/NGC**

Der formale Name für die Sprache, die von LinuxCNC-Werkstück-Programmen verwendet wird.

---

**Servomotor**

Im Allgemeinen ein Motor, der über Fehlererkennung die Korrektur der Position eines Stellglieds vornimmt. Auch ein Motor, der speziell für eine verbesserte Leistung in solchen Anwendungen ausgelegt ist.

**Servo Loop**

Engl. für "Schleife", hier ein Regelkreis zur Steuerung der Position oder der Geschwindigkeit eines Motors, der mit einer Rückkopplungseinrichtung ausgestattet ist.

**Ganze Zahl mit Vorzeichen**

Eine ganze Zahl, die ein positives oder negatives Vorzeichen haben kann. In HAL wird sie als s32 bezeichnet. (Eine 32-Bit-Ganzzahl mit Vorzeichen hat einen nutzbaren Bereich von -2.147.483.647 bis +2.147.483.647.)

**Spindel**

Der Teil einer Werkzeugmaschine, der sich dreht, um den Schnitt auszuführen. Bei einer Fräs- oder Bohrmaschine hält die Spindel das Schneidwerkzeug. Bei einer Drehmaschine hält die Spindel das Werkstück.

**Spindeldrehzahl-Anpassung**

Eine manuelle, vom Bediener gesteuerte Änderung der Geschwindigkeit, mit der sich das Werkzeug während des Schneidens dreht. Oft verwendet, um dem Bediener zu ermöglichen, für Ratter verursacht durch die cutter's Zähne anzupassen. Spindeldrehzahl Override setzt voraus, dass die LinuxCNC-Software dafür konfiguriert wurde, die Spindeldrehzahl zu steuern.

**Stepconf**

Ein LinuxCNC Konfigurations-Assistent. Es ist in der Lage, viele Schritt-und-Richtung Bewegung Befehl basierte Maschinen zu behandeln. Er schreibt eine vollständige Konfiguration, nachdem der Benutzer ein paar Fragen über den Computer und die LinuxCNC-ausführenden Maschine beantwortet hat.

**Schrittmotor**

Eine Art von Motor, der sich in festen Schritten dreht. Durch Zählen der Schritte lässt sich feststellen, wie weit sich der Motor gedreht hat. Wenn die Last die Drehmomentkapazität des Motors übersteigt, überspringt er einen oder mehrere Schritte, was zu Positionsfehlern führt.

**TASK (engl. für Aufgabe, auch Name des entsprechenden LinuxCNC Moduls)**

Das Modul innerhalb von LinuxCNC, das die gesamte Ausführung koordiniert und das Teileprogramm interpretiert.

**Tcl/Tk**

Eine Skriptsprache und ein grafisches Widget-Toolkit, mit dem mehrere der LinuxCNC-GUIs und Auswahl-Assistenten geschrieben wurden.

**Traverse Bewegung**

Eine Bewegung in gerader Linie vom Startpunkt zum Endpunkt.

**Einheiten**

Siehe "Maschineneinheiten", "Anzeigeeinheiten", oder "Programmeinheiten".

**Ganzzahl ohne Vorzeichen**

Eine ganze Zahl, die kein Vorzeichen hat. In HAL wird sie als u32 bezeichnet. (Eine vorzeichenlose 32-Bit-Ganzzahl hat einen nutzbaren Bereich von Null bis 4.294.967.296.)

**Weltkoordinaten**

Dies ist der absolute Bezugsrahmen. Es gibt die Koordinaten in Bezug auf einen festen Bezugsrahmen an, der an einem Punkt (im Allgemeinen der Basis) der Werkzeugmaschine befestigt ist.

---



# Kapitel 7

## Juristischer Abschnitt

Die Übersetzungen dieser Datei im Quellbaum sind nicht rechtsverbindlich.

### 7.1 Copyright-Bedingungen

**Copyright (c) 2000-2022 LinuxCNC.org**

Es wird die Erlaubnis erteilt, dieses Dokument unter den Bedingungen der GNU Free Documentation License, Version 1.1 oder einer späteren Version, die von der Free Software Foundation veröffentlicht wurde, zu kopieren, zu verbreiten und/oder zu verändern; ohne unveränderliche Abschnitte, ohne Texte auf der Vorderseite und ohne Texte auf der Rückseite des Umschlags. Eine Kopie der Lizenz ist in dem Abschnitt "GNU Free Documentation License" enthalten.

### 7.2 GNU Free Documentation License

**GNU Free Documentation License Version 1.1, March 2000**

Copyright © 2000 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin Street, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA. Es ist jedermann gestattet, wortwörtliche Kopien dieses Lizenzdokuments zu kopieren und zu verbreiten, aber es ist nicht erlaubt, es zu verändern.

#### **0. PREAMBEL**

Der Zweck dieser Lizenz ist es, ein Handbuch, ein Lehrbuch oder ein anderes schriftliches Dokument "frei" im Sinne von Freiheit zu machen: jedem die effektive Freiheit zu sichern, es zu kopieren und weiterzugeben, mit oder ohne Modifikation, entweder kommerziell oder nicht-kommerziell. In zweiter Linie bewahrt diese Lizenz dem Autor und dem Herausgeber eine Möglichkeit, Anerkennung für ihre Arbeit zu erhalten, während sie nicht für die von anderen vorgenommenen Änderungen verantwortlich gemacht werden.

Diese Lizenz ist eine Art "Copyleft", was bedeutet, dass abgeleitete Werke des Dokuments selbst im gleichen Sinne frei sein müssen. Sie ergänzt die GNU General Public License, die eine Copyleft-Lizenz für freie Software ist.

Wir haben diese Lizenz entworfen, um sie für Handbücher für freie Software zu verwenden, weil freie Software freie Dokumentation braucht: ein freies Programm sollte mit Handbüchern geliefert werden, welche die gleichen Freiheiten bieten wie die Software. Aber diese Lizenz ist nicht auf Software-Handbücher beschränkt; sie kann für jedes textliche Werk verwendet werden, unabhängig vom Thema oder ob es als gedrucktes Buch veröffentlicht wird. Wir empfehlen diese Lizenz in erster Linie für Werke, deren Zweck die Anleitung oder das Nachschlagen ist.

---

## 1. ANWENDBARKEIT UND DEFINITIONEN

Diese Lizenz gilt für jedes Handbuch oder andere Werk, das einen Hinweis des Urheberrechtsinhabers enthält, der besagt, dass es unter den Bedingungen dieser Lizenz verbreitet werden darf. Das "Dokument", unten, bezieht sich auf ein solches Handbuch oder Werk. Jedes Mitglied der Öffentlichkeit ist ein Lizenznehmer und wird als "Sie" angesprochen.

Eine "modifizierte Version" des Dokuments ist jedes Werk, welches das Dokument oder einen Teil davon enthält, entweder wortwörtlich kopiert oder mit Änderungen und/oder in eine andere Sprache übersetzt.

Ein "sekundärer Abschnitt" ist ein benannter Anhang oder ein vorderer Abschnitt des Dokuments, der sich ausschließlich mit der Beziehung der Herausgeber oder Autoren des Dokuments zum Gesamtthema des Dokuments (oder zu verwandten Themen) befasst und nichts enthält, was direkt in dieses Gesamtthema fallen könnte. (Wenn das Dokument zum Beispiel teilweise ein Lehrbuch der Mathematik ist, darf ein sekundärer Abschnitt keine Mathematik erklären). Die Beziehung könnte eine Frage des historischen Zusammenhangs mit dem Thema oder mit verwandten Themen oder der rechtlichen, kommerziellen, philosophischen, ethischen oder politischen Position dazu sein.

Die unveränderlichen Abschnitte" sind bestimmte sekundäre Abschnitte, deren Titel in der Mitteilung, die besagt, dass das Dokument unter dieser Lizenz freigegeben ist, als die der unveränderlichen Abschnitte bezeichnet werden.

Die "Coverttexte" sind bestimmte kurze Textpassagen, die als Front-Cover-Texte oder Back-Cover-Texte in dem Hinweis aufgeführt sind, der besagt, dass das Dokument unter dieser Lizenz freigegeben ist.

Eine "transparente" Kopie des Dokuments ist eine maschinenlesbare Kopie, die in einem Format dargestellt wird, dessen Spezifikation der Allgemeinheit zur Verfügung steht, dessen Inhalt direkt und unkompliziert mit allgemeinen Texteditoren oder (für Bilder, die aus Pixeln bestehen) mit allgemeinen Malprogrammen oder (für Zeichnungen) mit einem weit verbreiteten Zeichnungseditor betrachtet und bearbeitet werden kann, und die für die Eingabe in Textformatierer oder für die automatische Übersetzung in eine Vielzahl von Formaten geeignet ist, die für die Eingabe in Textformatierer geeignet sind. Eine Kopie, die in einem ansonsten transparenten Dateiformat erstellt wurde, dessen Markup so gestaltet wurde, dass eine nachträgliche Änderung durch Leser vereitelt oder erschwert wird, ist nicht transparent. Eine Kopie, die nicht "Transparent" ist, wird als "Opak" bezeichnet.

Geeignete Formate für transparente Kopien sind z. B. ASCII ohne Markup, Texinfo-Eingabeformat, LaTeX-Eingabeformat, SGML oder XML mit einer öffentlich zugänglichen DTD und standardkonformes einfaches HTML, das für die Bearbeitung durch den Menschen ausgelegt ist. Zu den undurchsichtigen Formaten gehören PostScript, PDF, proprietäre Formate, die nur von proprietären Textverarbeitungsprogrammen gelesen und bearbeitet werden können, SGML oder XML, für die eine DTD und/oder die Verarbeitungswerkzeuge nicht allgemein verfügbar sind, und das maschinell erzeugte HTML, das von einigen Textverarbeitungsprogrammen nur zu Ausgabezwecken erzeugt wird.

Die "Titelseite" bedeutet bei einem gedruckten Buch die Titelseite selbst sowie die Folgeseiten, die benötigt werden, um das Material, das nach dieser Lizenz auf der Titelseite erscheinen soll, lesbar zu halten. Für Werke in Formaten, die kein Titelblatt als solches haben, bedeutet "Titelblatt" den Text in der Nähe des auffälligsten Erscheinens des Werktitels, der dem Beginn des Textes vorausgeht.

## 2. WORTWÖRTLICHES KOPIEREN

Sie dürfen das Dokument in jedem beliebigen Medium kopieren und verbreiten, sei es kommerziell oder nicht kommerziell, vorausgesetzt, dass diese Lizenz, die Urheberrechtsvermerke und der Lizenzvermerk, der besagt, dass diese Lizenz für das Dokument gilt, in allen Kopien wiedergegeben werden, und dass Sie keine weiteren Bedingungen zu denen dieser Lizenz hinzufügen. Sie dürfen keine technischen Maßnahmen anwenden, um das Lesen oder weitere Kopieren der von Ihnen erstellten oder verbreiteten Kopien zu behindern oder zu kontrollieren. Sie dürfen jedoch eine Vergütung im Austausch für Kopien annehmen. Wenn Sie eine ausreichend große Anzahl von Kopien verbreiten, müssen Sie auch die Bedingungen in Abschnitt 3 einhalten.

Sie können auch Kopien unter den oben genannten Bedingungen ausleihen und öffentlich ausstellen.

### 3. MASSENHAFTES KOPIEREN

Wenn Sie mehr als 100 gedruckte Exemplare des Dokuments veröffentlichen und der Lizenzhinweis des Dokuments Umschlagtexte verlangt, müssen Sie die Exemplare in Umschläge einlegen, die deutlich und lesbar alle diese Umschlagtexte enthalten: Vorderseitentexte auf dem vorderen Umschlag und Rückseitentexte auf dem hinteren Umschlag. Auf beiden Umschlägen müssen Sie außerdem deutlich und leserlich als Verleger dieser Exemplare ausgewiesen sein. Der vordere Umschlag muss den vollständigen Titel enthalten, wobei alle Wörter des Titels gleichmäßig hervorgehoben und sichtbar sein müssen. Sie können die Umschläge zusätzlich mit anderem Material versehen. Kopien mit Änderungen, die sich auf die Umschläge beschränken, können als wortgetreue Kopien behandelt werden, solange der Titel des Dokuments erhalten bleibt und diese Bedingungen erfüllt sind.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a publicly-accessible computer-network location containing a complete Transparent copy of the Document, free of added material, which the general network-using public has access to download anonymously at no charge using public-standard network protocols. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

### 4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Verwenden Sie auf der Titelseite (und auf den Umschlägen, falls vorhanden) einen Titel, der sich von dem des Dokuments und von denen früherer Versionen unterscheidet (die, falls es welche gab, im Abschnitt "Historie" des Dokuments aufgeführt sein sollten). Sie können denselben Titel wie eine frühere Version verwenden, wenn der ursprüngliche Herausgeber dieser Version seine Zustimmung gibt.
- B. Führen Sie auf der Titelseite als Autoren eine oder mehrere Personen oder Organisationen auf, die für die Urheberschaft der Änderungen in der geänderten Version verantwortlich sind, zusammen mit mindestens fünf der Hauptautoren des Dokuments (alle seine Hauptautoren, wenn es weniger als fünf hat).
- C. Geben Sie auf der Titelseite den Namen des Herausgebers der geänderten Version als Herausgeber an.
- D. Behalten Sie alle Urheberrechtsvermerke des Dokuments bei.
- E. Fügen Sie einen angemessenen Urheberrechtsvermerk für Ihre Änderungen neben den anderen Urheberrechtsvermerken ein.
- F. Fügen Sie unmittelbar nach den Urheberrechtsvermerken einen Lizenzhinweis ein, welcher der Öffentlichkeit die Erlaubnis gibt, die modifizierte Version unter den Bedingungen dieser Lizenz zu benutzen, und zwar in der Form, die im Anhang unten gezeigt wird.
- G. Behalten Sie in diesem Lizenzhinweis die vollständigen Listen der unveränderlichen Abschnitte und der erforderlichen Umschlagtexte bei, die im Lizenzhinweis des Dokuments angegeben sind.
- H. Fügen Sie eine unveränderte Kopie dieser Lizenz bei.
- I. Behalten Sie den Abschnitt mit dem Titel "Geschichte" und seinen Titel bei und fügen Sie ihm einen Punkt hinzu, der mindestens den Titel, das Jahr, die neuen Autoren und den Herausgeber der modifizierten Version angibt, wie auf der Titelseite angegeben. Wenn es keinen Abschnitt mit dem Titel "Geschichte" in dem Dokument gibt, erstellen Sie einen, der den Titel, das Jahr, die Autoren und den Herausgeber des Dokuments angibt, wie auf der Titelseite angegeben, und fügen Sie dann einen Punkt hinzu, der die geänderte Version beschreibt, wie im vorherigen Satz angegeben.
- J. Bewahren Sie den im Dokument angegebenen Netzwerkstandort, falls vorhanden,

für den öffentlichen Zugang zu einer transparenten Kopie des Dokuments auf, und ebenso die im Dokument angegebenen Netzwerkstandorte für frühere Versionen, auf denen es basierte. Diese können im Abschnitt "Historie" abgelegt werden. Sie können eine Netzwerkadresse für ein Werk weglassen, das mindestens vier Jahre vor dem Dokument selbst veröffentlicht wurde, oder wenn der ursprüngliche Herausgeber der Version, auf die es sich bezieht, die Erlaubnis gibt. K. In jedem Abschnitt, der mit "Danksagungen" oder "Widmungen" betitelt ist, bewahren Sie den Titel des Abschnitts, und bewahren Sie in dem Abschnitt den gesamten Inhalt und Ton der Danksagungen und/oder Widmungen, die darin enthalten sind. L. Bewahren Sie alle unveränderlichen Abschnitte des Dokuments, unverändert in ihrem Text und in ihren Titeln. Abschnittsnummern oder das Äquivalent werden nicht als Teil der Abschnittstitel betrachtet. M. Streichen Sie jeden Abschnitt mit der Überschrift "Vermerke". Ein solcher Abschnitt darf nicht in die geänderte Fassung aufgenommen werden. N. Vorhandene Abschnitte dürfen nicht in "Vermerke" umbenannt werden oder im Titel mit einem unveränderlichen Abschnitt kollidieren.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

## 5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections entitled "History" in the various original documents, forming one section entitled "History"; likewise combine any sections entitled "Acknowledgements", and any sections entitled "Dedications". You must delete all sections entitled "Endorsements."

## 6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

## 7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, does not as a whole count as a Modified Version of the Document, provided no compilation copyright is claimed for the compilation. Such a compilation is called an "aggregate", and this License does not apply to the other self-contained works thus compiled with the Document, on account of their being thus compiled, if they are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one quarter of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that surround only the Document within the aggregate. Otherwise they must appear on covers around the whole aggregate.

## 8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License provided that you also include the original English version of this License. In case of a disagreement between the translation and the original English version of this License, the original English version will prevail.

## 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

**ADDENDUM:** How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME. Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

If you have no Invariant Sections, write "with no Invariant Sections" instead of saying which ones are invariant. If you have no Front-Cover Texts, write "no Front-Cover Texts" instead of "Front-Cover Texts being LIST"; likewise for Back-Cover Texts.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.

# Kapitel 8

## Index

- Achse), [45](#)
- Acme-Schraube, [45](#)
- Aktualisieren von LinuxCNC, [20](#)
- Anzeigeeinheiten, [46](#)
- Ausführen von LinuxCNC, [16](#)
- CNC), [46](#)
- comp), [46](#)
- DRO, [46](#)
- Echtzeit), [49](#)
- EDM, [46](#)
- Eilgang), [49](#)
- Eilgang-Geschwindigkeit, [49](#)
- Einheiten), [50](#)
- EMC, [47](#)
- EMCIO, [47](#)
- EMCMOT, [47](#)
- Encoder, [47](#)
- G-Code, [47](#)
- Ganzzahl mit Vorzeichen, [50](#)
- Ganzzahl ohne Vorzeichen, [50](#)
- Gelenkkoordinaten, [48](#)
- GUI, [45](#), [47](#)
- HAL, [48](#)
- Hilfe erhalten, [2](#)
- Home, [48](#)
- INI, [48](#)
- Installation:Alternative Methoden, [11](#)
- Installation:Probleme, [11](#)
- Instanz, [48](#)
- Joggen, [48](#)
- Kinematik, [48](#)
- Konfigurationsstarter, [16](#)
- Koordinatenmessmaschine, [46](#)
- Kugelmutter, [46](#)
- Kugelumlaufspindel, [46](#)
- Leitspindel, [48](#)
- LinuxCNC erhalten, [7](#)
- LinuxCNC:Alternative Installationsmethoden, [11](#)
- LinuxCNC:Installationsprobleme, [11](#)
- loop, [50](#)
- Maschineneinheiten, [48](#)
- MDI, [48](#)
- NIST), [48](#)
- NML, [49](#)
- Offsets, [49](#)
- Programmeinheiten, [49](#)
- Referenzpunkt), [48](#)
- RS274NGC, [49](#)
- RTAI, [49](#)
- RTAPI, [49](#)
- RTLINUX, [49](#)
- Rückkopplung, [47](#)
- Schrittmotor, [50](#)
- Servomotor, [50](#)
- Spindel, [50](#)
- Systemvoraussetzungen, [4](#)
- TASK, [50](#)
- Tk, [50](#)
- Traverse Bewegung, [50](#)
- Umkehrspiel, [45](#)
- Umkehrspiel-Kompensation, [45](#)
- Updates für LinuxCNC, [11](#)
- Versatz, [49](#)
- Vorschub, [47](#)
- Vorschub-Override, [47](#)
- Vorschubgeschwindigkeit, [47](#)
- Weltkoordinaten, [50](#)
- Werkstück Programm, [49](#)
- Über LinuxCNC, [1](#)