Getting Started
V2.10.0-pre0-4695-g265279551f

Inhaltsverzeichnis

1 About LinuxCNC **1**
1.1 Die Software . . . 1
1.2 Das Betriebssystem . . . 2
1.3 Getting Help . . . 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

2 System Requirements **4**
2.1 Mindestanforderungen . . . 4
2.2 Kernel- und Versionsanforderungen . . . 5
2.2.1 Preempt-RT mit dem Paket *linuxcnc-uspace* . . . 5
2.2.2 RTAI mit *linuxcnc*-Paket . . . 5
2.2.3 Xenomai mit *linuxcnc-uspace* Paket . . . 5
2.2.4 RTAI mit *linuxcnc-uspace*-Paket . . . 5
2.3 Problematische Hardware . . . 6
2.3.1 Laptops . . . 6
2.3.2 Videokarten . . . 6

3 Beziehen von LinuxCNC **7**
3.1 Das Festplattenabbild (Imagedatei) herunterladen . . . 7
3.1.1 Normales Herunterladen . . . 8
3.1.2 Herunterladen mit zsync . . . 8
3.1.3 Überprüfen des Abbilds . . . 8
3.2 Das Abbild auf ein bootfähiges Gerät schreiben . . . 9
3.2.1 Raspberry Pi Image . . . 9
3.2.2 AMD-64 (x86-64, PC) Festplatten-Image mit GUI-Tools . . . 9
3.2.3 Linux Kommandozeile (engl. command line) . . . 9

3.2.4 Kommandozeile- MacOS . . . 9
3.3 LinuxCNC ausprobieren . . . 10
3.4 LinuxCNC installieren . . . 11
3.5 Updates to LinuxCNC . . . 11
3.6 Probleme bei der Installation . . . 11
3.7 Alternative Methoden für eine Installation . . . 11
3.7.1 Installation auf Debian Bookworm (mit Preempt-RT-Kernel) . . . 12
3.7.2 Installation unter Debian Bookworm (mit experimentellem RTAI-Kernel) . . . 13
3.7.3 Installieren auf Raspbian 12 . . . 14

4 LinuxCNC ausführen **15**
4.1 Aufrufen von LinuxCNC . . . 15
4.2 Configuration Launcher . . . 15
4.3 Nächste Schritte für die Konfiguration . . . 18
4.4 Simulator-Konfigurationen . . . 18
4.5 Konfigurationsressourcen . . . 18

5 Updating LinuxCNC **20**
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 Buster, Bullseye und Bookworm . . . 23
5.1.3 Ubuntu . . . 23
5.2 Aktualisieren ohne Netzwerk . . . 23
5.3 Aktualisieren von Konfigurationsdateien für 2.9 . . . 24
5.3.1 Strikterer Umgang mit austauschbaren Interpretern . . . 24
5.3.2 Canterp . . . 24
5.4 Updating Configuration Files (for 2.10.y) . . . 24

6 Glossar **25**

7 Juristischer Abschnitt **31**
7.1 Copyright-Bedingungen . . . 31
7.2 GNU Free Documentation License . . . 31

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.

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

About 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 Live-CD,
  - 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 Getting Help

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, um ins IRC zu gelangen, ist die Verwendung des eingebetteten Webclient-Clients von libera.

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 beantworten oder Ihr Problem 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*: https://pastebin.com/, https://gist.github.com/, https://0bin.net/, https://paste.debian.net/-
- *Für Bilder*: https://imagebin.org/, https://imgur.com/, https://bayimg.com/
- *Für Dateien*: https://filedropper.com/, https://filefactory.com/, https://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 indem Sie dem Link oben auf der https://linuxcnc.org/ Homepage folgen.

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 vom Benutzer gepflegte LinuxCNC-Wiki-Seite enthält eine Fülle von Informationen und Tipps zu https://wiki.linuxcnc.org/.

1.3.5 Fehlerberichte

Melden Sie Fehler an den LinuxCNC github bug tracker.

Kapitel 2

System Requirements

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 Schrittimpulse 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.
- LinuxCNC 2.8 und neuere Releases der Live CD erwarten ein 64 bit fähiges System.
- 512 MB RAM, 4 GB mit GUI, um Überraschungen zu vermeiden
- Keine Festplatte für Live CD, 8 GB oder mehr für dauerhafte Installation
- 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.
- 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 Live-CD informieren. Bei älterer Hardware kann es von Vorteil sein, eine ältere Version der Live-CD zu wählen, wenn diese verfügbar ist.

Wenn Sie nicht auf die Verteilung von direkt ausführbaren Programmen (engl. binaries) vertrauen wollen und/oder zum Quellbaum von LinuxCNC beitragen wollen, dann gibt es eine gute Chance, dass Sie einen zweiten Computer zur Ausführung der Compilation benötigen. Obwohl LinuxCNC und Ihre Entwicklungen wahrscheinlich gleichzeitig in Bezug auf Festplattenspeicher, RAM und sogar CPU-Geschwindigkeit ausgeführt werden können, wird eine Maschine, die beschäftigt ist, schlechtere Latenzzeiten haben, so dass es unwahrscheinlich ist, dass Sie Ihren LinuxCNC Quellbaum zu kompilieren und gleichzeitig Chips produzieren.

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-uspace”.

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 ”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.

2.2.1 Preempt-RT mit dem Paket *linuxcnc-uspace*

Preempt-RT ist das jüngste der Echtzeitsysteme und ist auch die Version, die einem Mainline-Kernel am nächsten kommt. Preempt-RT-Kernel sind als vorkompilierte Pakete in den Haupt-Repositorien verfügbar. Mit dem Suchbegriff ”PREEMPT_RT” werden sie gefunden, und man kann sie wie jedes andere Paket herunterladen und installieren. Preempt-RT bietet im Allgemeinen die beste Treiberunterstützung und ist die einzige Option für Systeme, die Mesa-Ethernet Hardware-Treiberkarten verwenden. Im Allgemeinen hat preempt-rt die schlechteste Latenzzeit der verfügbaren Systeme, aber es gibt Ausnahmen.

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-uspace* 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-uspace*-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

Beziehen von LinuxCNC

Dieser Abschnitt beschreibt den empfohlenen Weg zum Herunterladen und zur Neuinstallation von LinuxCNC. Für die Abenteuerlustigen gibt es auch alternative Installationsmethoden . Wenn Sie eine bestehende Installation haben, die Sie aktualisieren möchten, gehen Sie stattdessen zum Abschnitt LinuxCNC aktualisieren.

Anmerkung
Um Maschinen zu bedienen, benötigt LinuxCNC 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 Kerneln arbeiten. Siehe die nachfolgende Tabelle für Details. Für Code-Tests und Simulationen ist es jedoch möglich, die `linuxcnc-uspace`-Anwendung auf einem regulären Kernel der Distribution zu betreiben.

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 (Imagedatei) herunterladen

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

3.1.1 Normales Herunterladen

Software for LinuxCNC to download is presented on the project's Downloads page. Most users will aim for the disk image for Intel/AMD PCs, the URL will resemble https://www.linuxcnc.org/iso/linuxcnc_2.9.4-amd64.hybrid.iso.

Für den Raspberry Pi werden mehrere Bilder bereitgestellt, um Unterschieden zwischen RPi4 und RPi5 gerecht zu werden.

Anmerkung
Verwenden Sie nicht die regelmäßige Raspbian-Distribution für LinuxCNC, die Sie möglicherweise zusammen mit Ihrem RPi Starter-Kit erhalten haben - das wird nicht den Echtzeit-Kernel nutzen und Sie können nicht von Raspbian auf Debians Kernel migrieren.

3.1.2 Herunterladen mit zsync

zsync ist eine Download-Anwendung, die unterbrochene Downloads 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 Abbildes mit der Methode Normales Herunterladen haben.

zsync unter Linux

1. Installieren Sie zsync mit Synaptic oder indem Sie Folgendes in einem Terminal-Programm ausführen

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

2. Führen Sie dann diesen Befehl aus, um das ISO-Abbild auf Ihren Computer herunterzuladen

```
zsync https://www.linuxcnc.org/iso/linuxcnc_2.9.4-amd64.hybrid.iso
```

zsync unter Windows Es gibt eine Windows-Portierung von zsync. Sie funktioniert als Konsolenanwendung und kann von https://www.assembla.com/spaces/zsync-windows/documents heruntergeladen werden.

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 Abbildes, um die Integrität sicherzustellen.

```
md5sum linuxcnc-2.9.4-amd64.iso
```

oder

```
sha256sum linuxcnc-2.9.4-amd64.iso
```

1. Vergleichen Sie dann mit diesen Prüfsummen

```
amd64 (PC)
md5sum: 1815aceaac0e7861747aa34d61846e79
sha256sum: 08b3f59233e47c91cf1c9a85c41df48542c97b134efefa7446d3060c9a3e644b
arm64 (Pi)
md5sum: 4547e8a72433efb033f0a5cf166a5cd2
sha256sum: ff3ba9b8dfb93baf1e2232746655f8521a606bc0fab91bffc04ba74cc3be6bf0
```

Überprüfen der md5 Prüfsumme unter 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 Das Abbild auf ein bootfähiges Gerät schreiben

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

3.2.1 Raspberry Pi Image

Das Raspberry Pi-Image ist ein komplettes SD-Karten-Image und sollte mit der Raspberry Pi Imager App auf eine SD-Karte geschrieben werden.

3.2.2 AMD-64 (x86-64, PC) Festplatten-Image mit GUI-Tools

Downloaden und installieren Sie Balena Etcher (Linux, Windows, Mac) und schreiben Sie das heruntergeladene Bild auf ein USB-Laufwerk.

Wenn Ihr Bild nicht bootet, versuchen Sie bitte auch Rufus. Es sieht komplizierter aus, scheint aber mit verschiedenen BIOSen kompatibel zu sein.

3.2.3 Linux Kommandozeile (engl. command line)

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_2.9.4-amd64.hybrid.iso of=/dev/sde
   ```

3.2.4 Kommandozeile- MacOS

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=linuxcnc_2.9.4-amd64.hybrid.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. Downloaden und installieren Sie Infra Recorder, ein kostenloses und quelloffenes Programm zum Brennen von Images (slang für Festplattenabbilder), herunter und installieren Sie es: https://infrarecord
.
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 *Actions* Menü, dann *Burn image*.

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 LinuxCNC ausprobieren

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-Schrittimpulsen geeignet ist, führen Sie den Latenztest wie folgt aus: here.

Zum Zeitpunkt des Schreibens des 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 Live-CD zu installieren, wählen Sie beim Booten ”Install (Graphical)”.

3.5 Updates to 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 zu einer neuen Version, 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 Methoden für eine Installation

4Der einfachste und bevorzugte Weg, LinuxCNC zu installieren, ist die Verwendung des Live/Install Image wie oben beschrieben. Diese Methode ist so einfach und zuverlässig wie wir sie machen können und eignet sich für Anfänger und erfahrene Benutzer gleichermaßen. Jedoch wird in der Regel diese

alle vorhandenen Betriebssysteme auf Ihrer Festplatte überschreiben. Wenn Sie Dateien auf Ihrem Ziel-PC haben, die Sie noch behalten möchten, so wählen eine der in diesem Abschnitt beschriebenen Methoden.

Zusätzlich, für erfahrene Benutzer, die mit der Debian-Systemadministration vertraut sind (Finden von Installations-Images, Manipulieren von apt-Quellen, Ändern von Kernel-Flavors usw.), werden neue Installationen 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 Bookworm	amd64 & armhf	preempt-rt	linuxcnc-uspace	Maschinensteuerung und -simulation
Debian Bookworm	amd64	RTAI	linuxcnc	Maschinensteuerung (engl. machine control)
Debian Bullseye	amd64	preempt-rt	linuxcnc-uspace	Maschinensteuerung und -simulation
Debian Buster	amd64 & armhf	preempt-rt	linuxcnc-uspace	Maschinensteuerung und -simulation
Debian Buster	amd64	RTAI	linuxcnc	Maschinensteuerung (engl. machine control)
Jede (engl. any)	Jede (engl. any)	LinuxCNC direkt nach der Installation	linuxcnc-uspace	NUR Simulation

Anmerkung
LinuxCNC v2.9 ist nicht lauffähig auf Debian 9 und früheren Debian Versionen.

Preempt-RT-Kernel Die Preempt-rt-Kernel sind für Debian aus dem regulären debian.org-Archiv 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 Bookworm: `deb https://linuxcnc.org bookworm base`
- Debian Bullseye: `deb https://linuxcnc.org bullseye base`
- Debian Buster: `deb https://linuxcnc.org buster base`

LinuxCNC und der RTAI kernel sind jetzt nur für 64-bit Betriebssysteme verfügbar, aber es gibt nur sehr wenige überlebende Systeme, die nicht mit einem 64-Bit-Betriebssystem arbeiten können.

3.7.1 Installation auf Debian Bookworm (mit Preempt-RT-Kernel)

1. Installieren Sie Debian Bookworm (Debian 12), Version amd64. Sie können das Installationsprogramm hier herunterladen: https://www.debian.org/distrib/
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. Dann wählen Sie ”Installation” oder ”Graphische Installation”.

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

3. 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
```

Anmerkung
Es ist möglich, eine Version von LinuxCNC direkt von Debian herunterzuladen, aber dies wird eine alte Pre-Release-Version installieren und wird zu diesem Zeitpunkt nicht empfohlen.

4. Installieren Sie den Preempt-RT kernel and Module

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

5. Starten Sie neu und wählen Sie den Linux 6.1.0-10-rt-amd64 Kernel. Die genaue Kernel-Version kann abweichen, suchen Sie nach dem Suffix ”-rt”. Dies könnte im Untermenü ”Erweiterte Optionen für Debian Bookworm” in Grub versteckt sein. Wenn Sie sich anmelden, stellen Sie sicher, dass *PREEMPT RT* mit dem folgenden Befehl gemeldet wird.

```
uname -v
```

6. Öffnen Sie Menü Anwendungen > System > Synaptic Package Manager, suchen Sie nach *linux-image*, klicken 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.

7. Fügen Sie den LinuxCNC Archive Signing Key zu Ihrem apt keyring hinzu, indem Sie [das LinuxCNC Installationsskript] herunterladen(https://www.linuxcnc.org/linuxcnc-install.sh). Sie müssen das Skript ausführbar machen, um es auszuführen:

```
chmod +x linuxcnc-install.sh
```

Dann können Sie den Installer ausführen:

```
sudo ./linuxcnc-install.sh
```

3.7.2 Installation unter Debian Bookworm (mit experimentellem RTAI-Kernel)

1. Dieser Kernel und die LinuxCNC-Version können auf der Live DVD-Installation installiert werden, oder alternativ auf einer neuen Installation von Debian Bookworm 64-bit, wie oben beschrieben.

2. Sie können die unterzeichnenden Schlüssel- und Repository-Informationen des LinuxCNC-Archivs hinzufügen, indem Sie das Installationsskript wie oben beschrieben herunterladen und ausführen. Wenn ein RTAI-Kernel erkannt wird, wird es vor der Installation von Paketen stoppen.

3. Aktualisieren Sie die Paketliste von linuxcnc.org

```
sudo apt-get update
```

4. Installieren Sie den neuen Echtzeit-Kernel, RTAI und die RTAI-Version von LinuxCNC.

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

Starten Sie den Rechner neu und stellen Sie sicher, dass das System mit dem neuen Kernel 5.4.258-rtai bootet.

3.7.3 Installieren auf Raspbian 12

Tuen Sie das nicht. Die Latenzen sind zu schlecht mit dem Standard-Kernel und der PREEMPT_RT (die RT ist wichtig) Kernel von Debian bootet nicht auf der Pi (Stand: 1/2024). Bitte beachten Sie die online zur Verfügung gestellten .iso Images auf der regulären LinuCNC download Seite. Sie können sie selbst gemäß den unter online verfügbaren Skripten erstellen.

Kapitel 4

LinuxCNC ausführen

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 Configuration Launcher

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

- *craftsman* - Touch Screen GUI (nicht mehr weiterentwickelt????)
- *gmoccapy* - Touchscreen-GUI
- *gscreen* - Touchscreen-GUI
- *pyvcp_demo* - Python Virtual Control Panel
- *qtaxis* - Touchscreen-GUI, AXIS-Lookalike
- *qtdragon* - Touchscreen GUI
- *qtdragon_hd* - Touchscreen-GUI, detailierte Auflösung (engl. high definition)
- *qtplasmac* - Touchscreen-GUI, für Plasma-Tische
- *qttouchy* - Touchscreen-GUI
- *tklinuxcnc* - Tastatur- und Maus-GUI (wird nicht mehr gepflegt)
- *touchy* - Touchscreen-GUI
- *woodpecker* - 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
- scortbot erIII
- sherline
- smithy
- tormach

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

Die *Apps-Elemente* (engl. app items) sind typischerweise entweder:

1. utilities (engl. für Hilfsprogramme), für die linuxcnc nicht gestartet werden muss
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-histogram-1 - Histogramm für einzelnen Servo-Thread
     - latency-histogram - Histogram
     - latency-test - Standard-Test zur Bestimmung der Latenz
     - latency-plot - Streifendiagramm
   - 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.

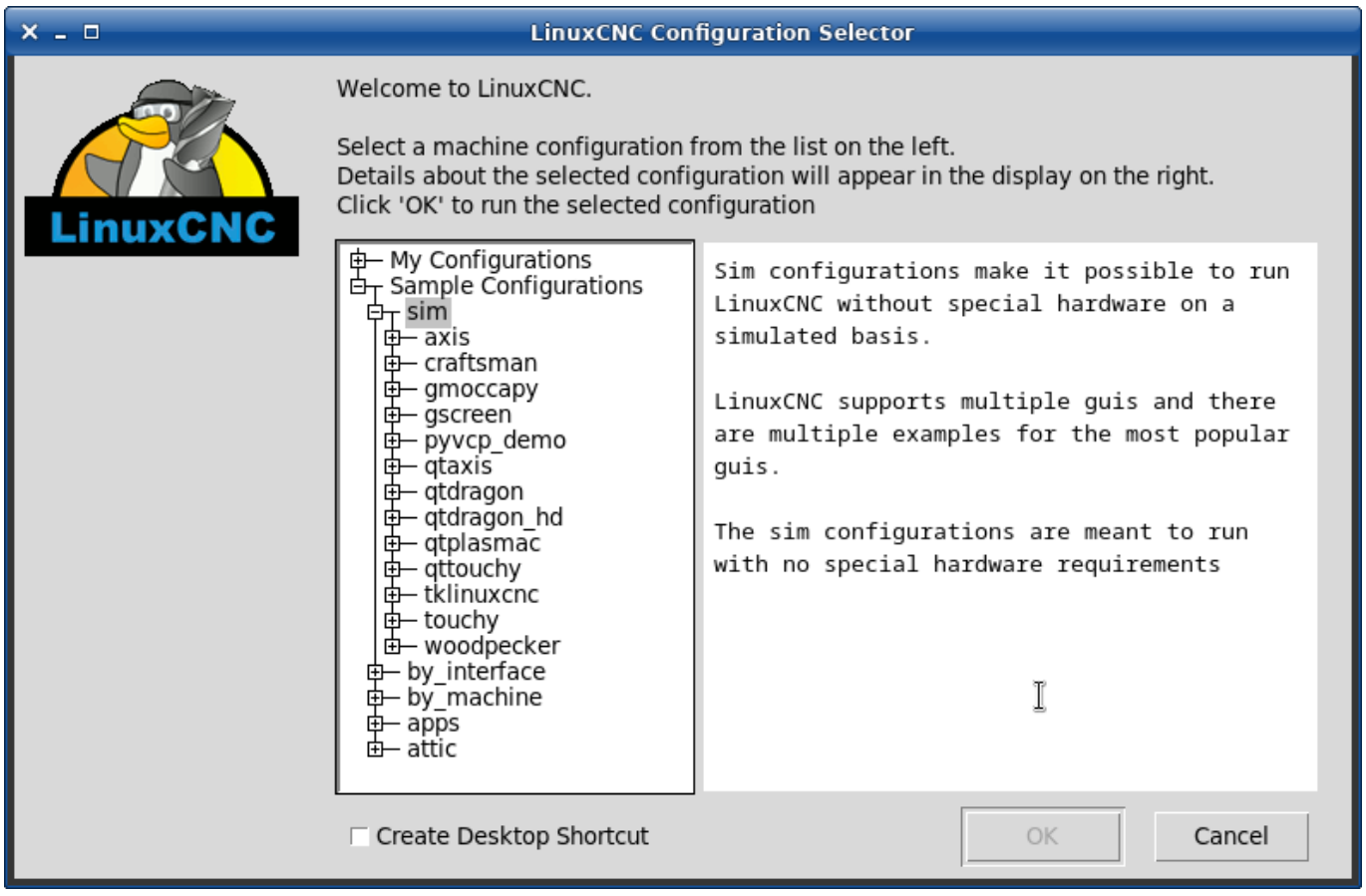

Abbildung 4.1: LinuxCNC-Konfigurationsauswahl

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 (iniflename.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

Updating LinuxCNC

Die Aktualisierung von LinuxCNC auf eine neue Nebenversion (d.h. auf eine neue Version in der gleichen stabilen Serie, z.B. von 2.9.1 auf 2.9.2) 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 2.8.x auf eine Version 2.9.y aktualisieren. Es wird davon ausgegangen, dass Sie eine bestehende 2.8 Installation haben, die Sie aktualisieren möchten.

Um LinuxCNC von einer Version älter als 2.8 zu aktualisieren, müssen Sie zuerst upgrade your old install to 2.8, 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 Betriebsystems 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 2.8 auf 2.9 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 2.9 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:       Buster
```

Sie sollten auf Debian Buster, Bullseye oder Bookworm oder Ubuntu 20.04 ”Focal Fossa” oder neuer nutzen. LinuxCNC 2.9.x wird auf älteren Distributionen als diese nicht laufen.

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

```
uname -r
6.1.0-10-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. RTAI Pakete sind derzeit für Bookworm und Buster verfügbar.

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 Package Manager`.
    * 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:

Tabelle 5.1: Eine tabuläre Übersicht über Varianten des Betriebssystems und die entsprechende Konfiguration des Projektarchivs. Die Konfiguration kann in der GUI des Paketmanagers oder in der Datei /etc/apt/sources.list spezifiziert werden.

Betriebssystem / Echtzeitversion	**Repository**
Debian Buster - preempt	`deb https://linuxcnc.org buster base 2.9-uspace`
Debian Buster - RTAI	`deb https://linuxcnc.org buster base 2.9-rt`
Debian Bullseye - preempt	`deb https://linuxcnc.org bullseye base 2.9-uspace`
Debian Bookworm - preempt	`deb https://linuxcnc.org bookworm base 2.9-uspace`
Debian Bookworm - RTAI	`deb https://linuxcnc.org bookworm base 2.9-rt`

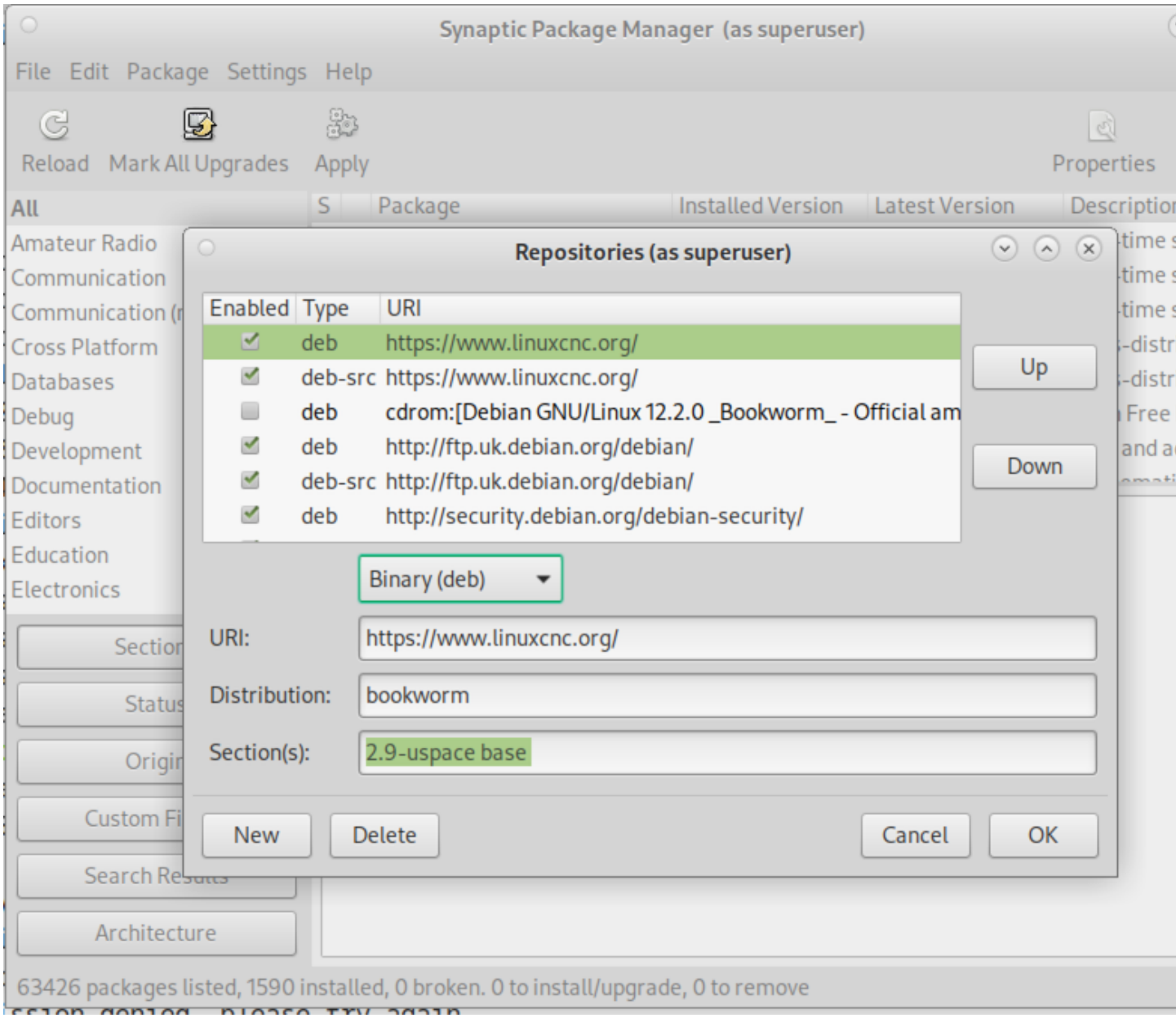

Abbildung 5.1: Abbildung mit einem Screenshot der Repository Einstellung für den Synaptic Paket Manager.

- 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 Buster, Bullseye und Bookworm

Debian verwendet 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-uspace“ 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

- 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 https://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:       bullseye
```

Wählen Sie das Betriebssystem aus der Liste und dann die gewünschte Hauptversion wie 2.9-rt für RTAI oder 2.9-rtpreempt oder 2.9-uspace 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-uspace_2.9.2_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_2.9.2.deb*, dann öffnen Sie ein Terminal und installieren es mit dem Paketmanager mit diesem Befehl:

```
sudo dpkg -i linuxcnc_2.9.2.deb
```

5.3 Aktualisieren von Konfigurationsdateien für 2.9

5.3.1 Strikterer Umgang mit austauschbaren Interpretern

Wenn Sie nur normalen G-Code ausführen und nicht wissen, was ein austauschbarer Interpreter ist, wirkt sich dieser Abschnitt nicht auf Sie aus.

Ein selten genutztes Merkmal von LinuxCNC ist die Unterstützung für steckbare Interpreter, die durch die undokumentierte `[TASK]INTERPRETER` INI-Einstellung gesteuert werden.

Versionen von LinuxCNC vor 2.9.0 behandelten eine falsche *[TASK]INTERPRETER*-Einstellung, indem sie automatisch auf die Verwendung des Standard-G-Code-Interpreters zurückgriffen.

Seit 2.9.0 führt ein falscher *[TASK]INTERPRETER*-Wert dazu, dass LinuxCNC den Start verweigert. Beheben Sie diese Bedingung, indem Sie die Einstellung *[TASK]INTERPRETER* aus Ihrer INI-Datei löschen, so dass LinuxCNC den Standard-G-Code-Interpreter verwendet.

5.3.2 Canterp

Wenn Sie nur normalen G-Code ausführen und den austauschbaren Interpreter ”canterp” nicht verwenden, hat dieser Abschnitt keine Auswirkungen auf Sie.

Für den extrem unwahrscheinlichen Fall, dass Sie `canterp` verwenden, sollten Sie wissen, dass das Modul von `/usr/lib/libcanterp.so` nach `/usr/lib/linuxcnc/canterp.so` verschoben wurde und die Einstellung `[TASK]INTERPRETER` entsprechend von `libcanterp.so` nach `canterp.so` geändert werden muss.

5.4 Updating Configuration Files (for 2.10.y)

Touchy: the Touchy MACRO entries should now be placed in a [MACROS] section of the INI rather than in the [TOUCHY] section. This is part of a process of commonising the INI setting between GUIs.

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
: A type of lead-screw that uses an Acme thread form. Acme threads have somewhat lower friction and wear than simple triangular threads, but ball-screws are lower yet. Most manual machine tools use acme lead-screws.

Achse
: One of the computer controlled movable parts of the machine. For a typical vertical mill, the table is the X axis, the saddle is the Y axis, and the quill or knee is the Z axis. Angular axes like rotary tables are referred to as A, B, and C. Additional linear axes relative to the tool are called U, V, and W respectively.

AXIS(GUI)
: One of the Graphical User Interfaces available to users of LinuxCNC. It features the modern use of menus and mouse buttons while automating and hiding some of the more traditional LinuxCNC controls. It is the only open-source interface that displays the entire tool path as soon as a file is opened.

GMOCCAPY (GUI)
: A Graphical User Interfaces available to users of LinuxCNC. It features the use and feel of an industrial control and can be used with touch screen, mouse and keyboard. It support embedded tabs and hal driven user messages, it offers a lot of hal beens to be controlled with hardware. GMOCCAPY is highly customizable.

Umkehrspiel
: The amount of ”play” or lost motion that occurs when direction is reversed in a lead screw. or other mechanical motion driving system. It can result from nuts that are loose on leadscrews, slippage in belts, cable slack, ”wind-up” in rotary couplings, and other places where the mechanical system is not ”tight”. Backlash will result in inaccurate motion, or in the case of motion caused by external forces (think cutting tool pulling on the work piece) the result can be broken cutting tools. This can happen because of the sudden increase in chip load on the cutter as the work piece is pulled across the backlash distance by the cutting tool.

Umkehrspiel-Kompensation
: Any technique that attempts to reduce the effect of backlash without actually removing it from the mechanical system. This is typically done in software in the controller. This can correct the final resting place of the part in motion but fails to solve problems related to direction changes while in motion (think circular interpolation) and motion that is caused when external forces (think cutting tool pulling on the work piece) are the source of the motion.

Kugelumlaufspindel
A type of lead-screw that uses small hardened steel balls between the nut and screw to reduce friction. Ball-screws have very low friction and backlash, but are usually quite expensive.

Kugelmutter
A special nut designed for use with a ball-screw. It contains an internal passage to re-circulate the balls from one end of the screw to the other.

CNC
Computer Numerical Control. The general term used to refer to computer control of machinery. Instead of a human operator turning cranks to move a cutting tool, CNC uses a computer and motors to move the tool, based on a part program.

Halcompile
A tool used to build, compile and install LinuxCNC HAL components.

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
A Coordinate Measuring Machine is used to make many accurate measurements on parts. These machines can be used to create CAD data for parts where no drawings can be found, when a hand-made prototype needs to be digitized for moldmaking, or to check the accuracy of machined or molded parts.

Anzeigeeinheiten
The linear and angular units used for onscreen display.

DRO
A Digital Read Out is a system of position-measuring devices attached to the slides of a machine tool, which are connected to a numeric display showing the current location of the tool with respect to some reference position. DROs are very popular on hand-operated machine tools because they measure the true tool position without backlash, even if the machine has very loose Acme screws. Some DROs use linear quadrature encoders to pick up position information from the machine, and some use methods similar to a resolver which keeps rolling over.

EDM
EDM is a method of removing metal in hard or difficult to machine or tough metals, or where rotating tools would not be able to produce the desired shape in a cost-effective manner. An excellent example is rectangular punch dies, where sharp internal corners are desired. Milling operations can not give sharp internal corners with finite diameter tools. A *wire* EDM machine can make internal corners with a radius only slightly larger than the wire's radius. A *sinker* EDM can make internal corners with a radius only slightly larger than the radius on the corner of the sinking electrode.

EMC
The Enhanced Machine Controller. Initially a NIST project. Renamed to LinuxCNC in 2012.

EMCIO
The module within LinuxCNC that handles general purpose I/O, unrelated to the actual motion of the axes.

EMCMOT
The module within LinuxCNC that handles the actual motion of the cutting tool. It runs as a real-time program and directly controls the motors.

Encoder
A device to measure position. Usually a mechanical-optical device, which outputs a quadrature signal. The signal can be counted by special hardware, or directly by the parport with LinuxCNC.

Vorschub
Relatively slow, controlled motion of the tool used when making a cut.

Vorschubgeschwindigkeit
The speed at which a cutting motion occurs. In auto or MDI mode, feed rate is commanded using an F word. F10 would mean ten machine units per minute.

Rückmeldung
A method (e.g., quadrature encoder signals) by which LinuxCNC receives information about the position of motors.

Vorschubgeschwindigkeit-Anpassung (engl. override)
A manual, operator controlled change in the rate at which the tool moves while cutting. Often used to allow the operator to adjust for tools that are a little dull, or anything else that requires the feed rate to be ”tweaked”.

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

G-Code
The generic term used to refer to the most common part programming language. There are several dialects of G-code, LinuxCNC uses RS274/NGC.

GUI
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 Abstraction Layer. At the highest level, it is simply a way to allow a number of building blocks to be loaded and interconnected to assemble a complex system. Many of the building blocks are drivers for hardware devices. However, HAL can do more than just configure hardware drivers.

Pos1
A specific location in the machine’s work envelope that is used to make sure the computer and the actual machine both agree on the tool position.

INI-Datei
A text file that contains most of the information that configures LinuxCNC for a particular machine.

Instanz
One can have an instance of a class or a particular object. The instance is the actual object created at runtime. In programmer jargon, the ”Lassie” object is an instance of the ”Dog” class.

Gelenk-Koordinaten
These specify the angles between the individual joints of the machine. See also Kinematics

Jog (manuelle Bewegung)
Manually moving an axis of a machine. Jogging either moves the axis a fixed amount for each key-press, or moves the axis at a constant speed as long as you hold down the key. In manual mode, jog speed can be set from the graphical interface.

Kernel-Space
Code, der innerhalb des Kernels läuft, im Gegensatz zu Code, der im Userspace läuft. Einige Echtzeitsysteme (wie RTAI) führen Echtzeitcode im Kernel und Nicht-Echtzeitcode im Userspace aus, während andere Echtzeitsysteme (wie Preempt-RT) sowohl Echtzeit- als auch Nicht-Echtzeitcode im Userspace ausführen.

Kinematik
The position relationship between world coordinates and joint coordinates of a machine. There are two types of kinematics. Forward kinematics is used to calculate world coordinates from joint coordinates. Inverse kinematics is used for exactly the opposite purpose. Note that kinematics does not take into account, the forces, moments etc. on the machine. It is for positioning only.

Leitspindel
An screw that is rotated by a motor to move a table or other part of a machine. Lead-screws are usually either ball-screws or acme screws, although conventional triangular threaded screws may be used where accuracy and long life are not as important as low cost.

Maschineneinheiten
The linear and angular units used for machine configuration. These units are specified and used in the INI file. HAL pins and parameters are also generally in machine units.

MDI
Manual Data Input. This is a mode of operation where the controller executes single lines of G-code as they are typed by the operator.

NIST
National Institute of Standards and Technology. An agency of the Department of Commerce in the United States.

NML
Neutral Message Language provides a mechanism for handling multiple types of messages in the same buffer as well as simplifying the interface for encoding and decoding buffers in neutral format and the configuration mechanism.

Versätze
An arbitrary amount, added to the value of something to make it equal to some desired value. For example, G-code programs are often written around some convenient point, such as X0, Y0. Fixture offsets can be used to shift the actual execution point of that G-code program to properly fit the true location of the vice and jaws. Tool offsets can be used to shift the ”uncorrected” length of a tool to equal that tool’s actual length.

Werkstück Programm
A description of a part, in a language that the controller can understand. For LinuxCNC, that language is RS-274/NGC, commonly known as G-code.

Programm-Einheiten
The linear and angular units used in a part program. The linear program units do not have to be the same as the linear machine units. See G20 and G21 for more information. The angular program units are always measured in degrees.

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

Schnell
Fast, possibly less precise motion of the tool, commonly used to move between cuts. If the tool meets the workpiece or the fixturing during a rapid, it is probably a bad thing!

Schnellauf-Geschwindigkeit
The speed at which a rapid motion occurs. In auto or MDI mode, rapid rate is usually the maximum speed of the machine. It is often desirable to limit the rapid rate when testing a G-code program for the first time.

Echtzeit
Software that is intended to meet very strict timing deadlines. On Linux, in order to meet these requirements it is necessary to install a realtime kernel such as RTAI or Preempt-RT, and build the LinuxCNC software to run in the special real-time environment. Realtime software can run in the kernel or in userspace, depending on the facilities offered by the system.

RTAI
Real Time Application Interface, see https://www.rtai.org/, the real-time extensions for Linux that LinuxCNC can use to achieve real-time performance.

RTLINUX
See https://en.wikipedia.org/wiki/RTLinux, an older real-time extension for Linux that LinuxCNC used to use to achieve real-time performance. Obsolete, replaced by RTAI.

RTAPI
A portable interface to real-time operating systems including RTAI and POSIX pthreads with realtime extensions.

RS-274/NGC
The formal name for the language used by LinuxCNC part programs.

Servomotor
Generally, any motor that is used with error-sensing feedback to correct the position of an actuator. Also, a motor which is specially-designed to provide improved performance in such applications.

Servo Loop
A control loop used to control position or velocity of an motor equipped with a feedback device.

Ganze Zahl mit Vorzeichen
A whole number that can have a positive or negative sign. In HAL it is usually a s32, but could be also a s64.

Spindel
The part of a machine tool that spins to do the cutting. On a mill or drill, the spindle holds the cutting tool. On a lathe, the spindle holds the workpiece.

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
A type of motor that turns in fixed steps. By counting steps, it is possible to determine how far the motor has turned. If the load exceeds the torque capability of the motor, it will skip one or more steps, causing position errors.

TASK (engl. für Aufgabe, auch Name des entsprechenden LinuxCNC Moduls)
The module within LinuxCNC that coordinates the overall execution and interprets the part program.

Tcl/Tk
A scripting language and graphical widget toolkit with which several of LinuxCNCs GUIs and selection wizards were written.

Traverse Bewegung
A move in a straight line from the start point to the end point.

Einheiten
See ”Machine Units”, ”Display Units”, or ”Program Units”.

Ganzzahl ohne Vorzeichen
A whole number that has no sign. In HAL it is usually a u32 but could be also a u64.

Weltkoordinaten
This is the absolute frame of reference. It gives coordinates in terms of a fixed reference frame that is attached to some point (generally the base) of the machine tool.

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. PREAMBLE

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. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

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 ”Covertexte” 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. VERBATIM COPYING

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. COPYING IN QUANTITY

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

Die Free Software Foundation kann von Zeit zu Zeit neue, überarbeitete Versionen der GNU Free Documentation License veröffentlichen. Solche neuen Versionen werden im Geiste der gegenwärtigen Version ähnlich sein, können sich aber im Detail unterscheiden, um neue Probleme oder Anliegen zu behandeln. Siehe https://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.