

Arbeiten mit systemd-Zeitgebern

WAS?

Von der Ausführung eines Sicherungsskripts in regelmäßigen Abständen bis hin zum Starten eines bestimmten Prozesses, sobald der Computer gebootet wird – es gibt unzählige Aufgaben auf einem Linux-System, die zeitlich geplant werden müssen. systemd-Zeitgeber stellen einen flexiblen Mechanismus für die Planung und Verwaltung von Aufträgen und Diensten bereit.

WARUM?

In diesem Artikel erhalten Sie einen vollständigen Überblick über systemd-Zeitgeber für die Erstellung, Wartung, Tests, Fehlersuche und Migration des cron-Daemon.

AUFWAND

Das Erstellen eines Beispiels für einen systemd-Zeitgeber dauert 10 Minuten. Sie brauchen bis zu 30 Minuten, um sich mit der Funktionsweise der systemd-Zeitgeber vollständig vertraut zu machen.

ANFORDERUNGEN

Grundlegende Kenntnisse von systemd.

- root- oder sudo-Rechte. Wenn Sie die systemd-Zeitgeber als normaler Benutzer verwenden möchten, lesen Sie zuerst die Anweisungen in *Abschnitt 7, „Verwenden von Zeitgebern als normaler Benutzer“*.

Veröffentlicht: 27.11.2025

Inhalt

- 1 Das Konzept der systemd-Zeitgeber 3
 - 2 Erstellen eines Zeitgebers 3
 - 3 Verwalten von Zeitgebern 6
 - 4 Zeitgebertypen 8
 - 5 Testen von Kalendereinträgen 11
 - 6 E-Mail-Benachrichtigungen bei einem fehlerhaften Zeitgeber 13
 - 7 Verwenden von Zeitgebern als normaler Benutzer 15
 - 8 Migration von Cron zu systemd-Zeitgebern 16
 - 9 Fehlersuche und häufig gestellte Fragen 18
 - 10 Weitere Informationen 22
 - 11 Rechtliche Hinweise 23
- A Freie GNU-Dokumentationslizenz (GNU Free Documentation License) 23

1 Das Konzept der systemd-Zeitgeber

systemd-Zeitgeber-Units bieten einen Mechanismus für die Planung von Aufträgen unter Linux. Die Ausführungszeit dieser Aufträge kann sich auf die Uhrzeit und das Datum oder auf Ereignisse beziehen.

systemd-Zeitgeber-Units sind mit der Dateinamenerweiterung `.timer` gekennzeichnet. Für jede Zeitgeberdatei muss eine entsprechende Dienstdatei vorliegen, die durch die Zeitgeberdatei gesteuert wird. Mit anderen Worten: Eine Zeitgeberdatei aktiviert und verwaltet die entsprechende Dienstdatei. systemd-Zeitgeber unterstützen die folgenden Funktionen:

- Aufträge, die mit einer Zeitgeber-Unit geplant werden, können von anderen systemd-Diensten abhängig sein. Zeitgeber-Units werden wie normale systemd-Dienste behandelt und können daher mit `systemctl` verwaltet werden.
- Es stehen Echtzeit-Zeitgeber (Auslösung bei Kalenderereignissen) und monotone Zeitgeber (Auslösung, wenn eine bestimmte Zeit nach einem bestimmten Startpunkt abgelaufen ist) zur Auswahl.
- Zeiteinheiten werden im Systemjournal protokolliert, was die Überwachung und Fehler suche erleichtert.
- Zeitgeber greifen auf die zentralen systemd-Verwaltungsdienste zurück.
- Falls das System zur erwarteten Ausführungszeit ausgeschaltet ist, wird der Zeitgeber ausgeführt, sobald das System wieder läuft.

2 Erstellen eines Zeitgebers

Im folgenden Beispiel wird gezeigt, wie Sie einen Zeitgeber festlegen, der das `hel-loworld.sh`-Shell-Skript nach dem Bootvorgang auslöst und seine Ausführung alle 24 Stunden relativ zur Aktivierungszeit wiederholt. Eine zusätzliche Ausführung erfolgt montags bis freitags um 10:00 Uhr.

2.1 *Hello World*-Beispiel

1. Erstellen Sie die Datei `/etc/systemd/system/helloworld.service` mit folgendem Inhalt:

```
[Unit]
Description="Hello World script"

[Service]
ExecStart=/usr/local/bin/helloworld.sh
```

Dies ist eine `systemd`-Dienstdatei, die `systemd` mitteilt, welche Anwendung ausgeführt werden soll.

2. Erstellen Sie die Datei `/etc/systemd/system/helloworld.timer` mit folgendem Inhalt:

```
[Unit]
Description="Run helloworld.service 5min after boot and every 24 hours relative to
activation time"

[Timer]
OnBootSec=5min
OnUnitActiveSec=24h
OnCalendar=Mon..Fri *-*-* 10:00:*
Unit=helloworld.service

[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

Dies ist die Zeitgeberdatei, die die Aktivierung der zugehörigen Dienstdatei steuert.

3. Vergewissern Sie sich, dass die oben erstellten Dateien fehlerfrei sind:

```
> systemd-analyze verify /etc/systemd/system/helloworld.*
```

Wenn das Kommando keine Ausgabe zurückgibt, haben die Dateien die Überprüfung erfolgreich bestanden.

4. Starten Sie den Zeitgeber:

```
> sudo systemctl start helloworld.timer
```

Aktiviert den Zeitgeber nur für die aktuelle Sitzung.

5. Aktivieren Sie den Zeitgeber, damit er beim Booten definitiv aktiviert wird:

```
> sudo systemctl enable helloworld.timer
```

2.2 Erläuterung des Beispiels

BEISPIEL 1: DIE DIENSTDATEI

```
[Unit]
Description="Hello World script" ①

[Service]
ExecStart=/usr/local/bin/helloworld.sh ②
```

- ① Eine kurze Beschreibung, in der der Zweck der Dienstdatei erläutert wird.
- ② Die auszuführende Anwendung.

Die Abschnitte `[Unit]` und `[Service]` sind mindestens erforderlich, damit eine Dienstdatei funktioniert. `systemd`-Dienstdateien enthalten normalerweise einen Abschnitt `[Install]` mit einem oder mehreren Targets, die ein Dienst laden soll. Dieser Abschnitt ist bei Dienstdateien für Zeitgeber nicht erforderlich, da diese Informationen in der Zeitgeberdatei enthalten sind. Informationen zur erweiterten Konfiguration finden Sie unter [Managing `systemd` targets with `systemctl`](#) (<https://documentation.suse.com/smart/systems-management/html/reference-managing-systemd-targets-systemctl/reference-systemctl-managing-targets.html>) ↗.

BEISPIEL 2: DIE ZEITGEBERDATEI

```
[Unit]
Description="Run helloworld.service 5min after boot and every 24 hours relative to
activation time" ①

[Timer]
OnBootSec=5min ②
OnUnitActiveSec=24h ③
OnCalendar=Mon..Fri *-*-* 10:00:00 ④
Unit=helloworld.service ⑤

[Install]
WantedBy=multi-user.target ⑥
```

- ① Eine kurze Beschreibung, in der der Zweck der Zeitgeberdatei erläutert wird.

- ② Legt einen Zeitgeber fest, der den Dienst fünf Minuten nach dem Booten des Systems auslöst. Ausführliche Informationen finden Sie unter [Monotone Zeitgeber](#).
- ③ Legt einen Zeitgeber fest, der den Dienst 24 Stunden nach der Aktivierung des Dienstes auslöst (d. h. der Zeitgeber löst den Dienst einmal täglich aus). Ausführliche Informationen finden Sie unter [Echtzeit-Zeitgeber](#).
- ④ Legt eine Zeitgeber fest, der den Dienst zu festen Zeitpunkten auslöst (in diesem Beispiel montags bis freitags um 10:00 Uhr). Ausführliche Informationen finden Sie unter [Echtzeit-Zeitgeber](#).
- ⑤ Die auszuführende Dienstdatei.
- ⑥ Das `systemd`-Target, in dem der Zeitgeber aktiviert wird. Weitere Informationen zu `systemd`-Targets finden Sie in [Managing `systemd` targets with `systemctl`](#) (<https://documentation.suse.com/smart/systems-management/html/reference-managing-systemd-targets-systemctl/reference-systemctl-managing-targets.html>) .

3 Verwalten von Zeitgebern

Sie können Zeitgeber mit dem Kommando `systemctl` verwalten.

Starten und Stoppen von Zeitgebern

```
> sudo systemctl start TIMER.timer
> sudo systemctl restart TIMER.timer
> sudo systemctl stop TIMER.timer
```

Aktivieren und Deaktivieren von Zeitgebern

```
> sudo systemctl enable TIMER.timer
> sudo systemctl disable TIMER.timer
```

Anzeigen des Inhalts der Zeitgeberdatei

```
> sudo systemctl cat TIMER.timer
```

Prüfen eines bestimmten Zeitgebers

```
> sudo systemctl status TIMER.timer
```

BEISPIEL 3: ZEITGEBERSTATUS

```
> sudo systemctl status helloworld.timer
```

```
● helloworld.timer - "Run helloworld.service 5min after boot and every 24 hours
relative to activation time" ①
Loaded: loaded (/etc/systemd/system/helloworld.timer; disabled; vendor preset:
disabled) ②
Active: active (waiting) since Tue 2022-10-26 18:35:41 CEST; 6s ago ③
Trigger: Wed 2022-10-27 18:35:41 CEST; 23h left ④
Triggers: ● helloworld.service ⑤
⑥
Oct 26 18:35:41 neo systemd[1]: Started "Run helloworld.service 5min after boot and
every 24 hours relative to activation time". ⑦
```

- ① Der Dateiname und die Beschreibung des Zeitgebers.
- ② Listet auf, ob ein Zeitgeber erfolgreich analysiert wurde und im Speicher gehalten wird (geladen), zeigt den vollständigen Pfad zur Zeitgeberdatei an und gibt an, ob der Zeitgeber beim Booten gestartet wird (aktiviert) oder nicht (deaktiviert). Der erste Wert zeigt die aktuelle Systemkonfiguration, der zweite Wert die Voreinstellung des Herstellers.
- ③ Gibt an, ob der Zeitgeber aktiv ist (darauf wartet, Ereignisse auszulösen) oder inaktiv ist. Wenn er aktiv ist, wird auch die Zeit angezeigt, die seit der letzten Aktivierung vergangen ist (in diesem Beispiel 6 Sekunden).
- ④ Datum und Uhrzeit der nächsten Auslösung des Zeitgebers.
- ⑤ Name der Dienstdatei, die der Zeitgeber auslöst.
- ⑥ Optionale Zeile, die auf die Dokumentation verweist (z. B. auf man-Seiten). Falls nicht verfügbar, wird eine leere Zeile angezeigt (wie in diesem Beispiel).
- ⑦ Letzter Journaleintrag, der durch den Zeitgeber erstellt wurde.

Mit **systemctl list-timers** rufen Sie eine Liste aller auf dem System verfügbaren Zeitgeber ab. Folgende Optionen sind verfügbar:

Alle aktiven Zeitgeber auflisten:

```
> sudo systemctl list-timers
```

Alle Zeitgeber auflisten, auch inaktive Zeitgeber:

```
> sudo systemctl list-timers --all
```

Alle Zeitgeber auflisten, die mit einem Schema übereinstimmen:

```
> sudo systemctl list-timers PATTERN
> sudo systemctl list-timers --all PATTERN
```

PATTERN muss ein Name oder ein Shell-Globbing-Ausdruck sein. Die Operatoren *, ? und [] können verwendet werden. Weitere Informationen zu Globbing-Schemas finden Sie in man 7 glob.

Zeitgeber auflisten, die einen bestimmten Status aufweisen:

```
> sudo systemctl list-timers --state=STATE
```

STATE kann folgende Werte annehmen: active, failed, load, sub. Ausführliche Informationen finden Sie unter man systemctl.

BEISPIEL 4: AUFLISTEN VON ZEITGEBERN

Die Ausführung von systemctl list-timers gibt eine ähnliche Tabelle wie hier dargestellt zurück. In diesem Beispiel werden alle aktiven Zeitgeber aufgelistet, die dem Schema snapper* entsprechen:

```
> sudo systemctl list-timers snapper*
NEXT ①           LEFT ②           LAST ③           PASSED ④
UNIT ⑤           ACTIVATES ⑥

-----
Tue 2022-10-26 19:00:00 CEST 39min left Tue 2022-10-26 18:00:29 CEST 19min ago
  snapper-timeline.timer snapper-timeline.service
Wed 2022-10-27 08:33:04 CEST 14h    left Tue 2022-10-26 08:33:04 CEST 9h ago
  snapper-cleanup.timer snapper-cleanup.service
```

- ① Der Zeitpunkt, zu dem der Zeitgeber das nächste Mal ausgeführt wird.
- ② Die verbleibende Zeit bis zur nächsten Ausführung des Zeitgebers.
- ③ Der Zeitpunkt, zu dem der Zeitgeber das letzte Mal ausgeführt wurde.
- ④ Der Zeitraum, der seit der letzten Ausführung des Zeitgebers vergangen ist.
- ⑤ Der Name der Zeitgeber-Unit.
- ⑥ Der Name des Dienstes, den der Zeitgeber aktiviert.

4 Zeitgebertypen

systemd unterstützt zwei Arten von Zeitgebern: Echtzeit (basierend auf dem Kalender) und Monoton (basierend auf Ereignissen). Zeitgeber sind normalerweise dauerhaft, doch mit systemd können auch vorübergehende Zeitgeber eingerichtet werden, die nur für die aktuelle Sitzung gelten.

Echtzeit-Zeitgeber

Echtzeit-Zeitgeber werden durch Kalenderereignisse ausgelöst. Sie werden mit der Option OnCalendar definiert.

Sie können festlegen, wann ein Ereignis auf der Grundlage von Datum und Uhrzeit ausgelöst werden soll. Verwenden Sie die folgende Vorlage:

```
OnCalendar=DayOfWeek ❶ Year-Month-Day ❷ Hour:Minute:Second ❸
```

- ❶ Wochentag. Mögliche Werte sind Sun, Mon, Tue, Wed, Thu, Fri, Sat. Lassen Sie diese Option aus, wenn der Wochentag ignoriert werden soll.
- ❷ Datum Geben Sie Monat und Tag mit zwei Ziffern an, das Jahr mit vier Ziffern. Jeder Wert kann durch das Platzhalterzeichen * ersetzt werden, damit jede Instanz gefunden wird.
- ❸ Uhrzeit Geben Sie jeden Wert mit je zwei Stellen an. Jeder Wert kann durch das Platzhalterzeichen * ersetzt werden, damit jede Instanz gefunden wird.

Gilt für alle Werte: Mit zwei Punkten definieren Sie einen fortlaufenden Bereich (Mon..Fri). Eine Liste mit separaten Werten (Mon,Wed,Fri) trennen Sie jeweils durch Kommas voneinander.

BEISPIEL 5: BEISPIELE FÜR ECHTZEIT-ZEITGEBER

- 18:00 Uhr jeden Freitag:

```
OnCalendar=Fri *-*-* 18:00:00
```

- 5:00 Uhr täglich:

```
OnCalendar=Mon..Sun *-*-* 5:00:00
```

- Sonntags und dienstags um 1:00 Uhr und 3:00 Uhr nachts:

```
OnCalendar=Tue,Sun *-*-* 01,03:00:00
```

- Einzelnes Datum:

```
OnCalendar=Mo..Sun 2023-09-23 00:00:01
```

- Sollen Auslöser zu verschiedenen Zeitpunkten angegeben werden, können Sie mehrere OnCalendar-Einträge in einer einzelnen Zeitgeberdatei erstellen:

```
OnCalendar=Mon..Fri *-*-* 10:00
```

```
OnCalendar=Sat,Sun *-*-* 22:00
```

Eine vollständige Liste der verfügbaren Funktionen und Optionen finden Sie unter [**man 7**](#) **systemd.time**. Dort erhalten Sie zusätzliche Informationen zu den folgenden Themen:

- Kürzen der Syntax und Verwendung von Abkürzungen
- Wiederholungen festlegen
- Bestimmte Tage in einem Monat finden (letzter Tag im Monat, letzter Sonntag usw.)
- Zeitzonen anwenden

Monotone Zeitgeber

Monotone Zeitgeber werden ausgelöst, sobald eine bestimmte Zeitspanne nach einem bestimmten Ereignis abgelaufen ist, z. B. nach dem Booten des Systems oder nach der Aktivierung einer System-Unit. Die Werte werden als Zeiteinheiten definiert (Minuten, Stunden, Tage, Monate, Jahre usw.). Die folgenden Einheiten werden unterstützt: `usec`, `msec`, `seconds`, `minutes`, `hours`, `days`, `weeks`, `months`, `years`. Für die Definition von monotonen Zeitgebern stehen mehrere Optionen zur Auswahl:

- OnActiveSec: Zeit nach der Unit-Aktivierung

```
OnActiveSec=50minutes
```

- OnBootSec: Zeit nach dem Booten des Systems

```
OnBootSec=10hours
```

- OnStartupSec: Zeit nach dem Starten des Dienstmanagers. Bei Systemdiensten ist dies nahezu mit OnActiveSec identisch. Verwenden Sie diese Option für Benutzerdienste, bei denen der Dienstmanager beim Anmelden des Benutzers gestartet wird.

```
OnStartupSec=5minutes 20seconds
```

- OnUnitActiveSec: Zeit nach der letzten Aktivierung des entsprechenden Dienstes

```
OnUnitActiveSec=10seconds
```

- OnUnitInactiveSec: Zeit nach der letzten Deaktivierung des entsprechenden Dienstes

```
OnUnitInactiveSec=2hours 15minutes 18 seconds
```

Vorübergehende Zeitgeber

Vorübergehende Zeitgeber sind temporäre Zeitgeber, die nur für die aktuelle Sitzung gelten. Bei diesem Zeitgeber können Sie entweder eine vorhandene Dienstdatei verwenden oder ein Programm direkt starten. Vorübergehende Zeitgeber werden mit [systemd-run](#) aufgerufen.

Im folgenden Beispiel wird die Unit [helloworld.service](#) alle zwei Stunden ausgeführt:

```
> sudo systemd-run --on-active="2hours" --unit="helloworld.service"
```

Für die direkte Ausführung eines Kommandos gilt die folgende Syntax. In diesem Beispiel wird das Skript [/usr/local/bin/helloworld.sh](#) direkt aufgerufen:

```
> sudo systemd-run --on-active="2hours" /usr/local/bin/helloworld.sh
```

Wenn Parameter für das Kommando angegeben werden, trennen Sie sie jeweils mit einem Leerzeichen voneinander:

```
> sudo systemd-run --on-active="2hours" /usr/local/bin/helloworld.sh --language=pt_BR
```

Vorübergehende Zeitgeber können monotone Zeitgeber oder Echtzeit-Zeitgeber sein. Die folgenden Schalter werden unterstützt und funktionieren wie in [Monotone Zeitgeber](#) beschrieben:

- [--on-active](#)
- [--on-startup](#)
- [--on-unit-active](#)
- [--on-unit-inactive](#)
- [--on-calendar](#)

Weitere Informationen hierzu finden Sie im [man 1 systemd-run](#).

5 Testen von Kalendereinträgen

[systemd](#) bietet ein Tool zum Testen und Erstellen von Kalendereinträgen für Zeitgeber in Echtzeit: [systemd-analyze calendar](#). Dieses Werkzeug akzeptiert dasselbe Argument wie der Eintrag [OnCalendar](#), der für die Einrichtung von Echtzeit-Zeitgebern erforderlich ist.

Sie können mehrere Argumente angeben, jeweils mit einem Leerzeichen voneinander getrennt. Wenn der zu testende Begriff korrekt ist, zeigt Ihnen die Ausgabe, wann der Zeitgeber als nächstes ausgelöst wird (in Ortszeit und UTC). Es zeigt auch die Zeichenkette in Normalized form an, und es wird empfohlen, diese Zeichenkette in der Zeitgeber-Datei zu verwenden. Die folgenden Beispiele dienen zur Verdeutlichung:

```
> systemd-analyze calendar "Tue,Sun *-*-* 01,03:00:00"
Normalized form: Tue,Sun *-*-* 01,03:00:00
Next elapse: Sun 2021-10-31 01:00:00 CEST
(in UTC): Sat 2021-10-30 23:00:00 UTC
From now: 3 days left

> systemd-analyze calendar "Mon..Fri *-*-* 10:00" "Sat,Sun *-*-* 22:00"
Original form: Mon..Fri *-*-* 10:00
Normalized form: Mon..Fri *-*-* 10:00:00
Next elapse: Thu 2021-10-28 10:00:00 CEST
(in UTC): Thu 2021-10-28 08:00:00 UTC
From now: 19h left

Original form: Sat,Sun *-*-* 22:00
Normalized form: Sat,Sun *-*-* 22:00:00
Next elapse: Sat 2021-10-30 22:00:00 CEST
(in UTC): Sat 2021-10-30 20:00:00 UTC
From now: 3 days left
```

Bei wiederholenden Zeitgebern listen Sie die Auslösezeiten mit dem Schalter --iterations N auf und testen Sie dann, ob diese Einträge wie erwartet funktionieren. Das Argument N gibt die Anzahl der zu testenden Iterationen an. Die folgende Beispiel-Zeichenkette wird alle acht Stunden (beginnend um 00:00:00 Uhr) an Sonntagen ausgelöst:

```
> systemd-analyze calendar --iterations 5 "Sun *-*-* 0/08:00:00"
Original form: Sun *-*-* 0/08:00:00
Normalized form: Sun *-*-* 00/8:00:00
Next elapse: Sun 2021-10-31 00:00:00 CEST
(in UTC): Sat 2021-10-30 22:00:00 UTC
From now: 3 days left
Iter. #2: Sun 2021-10-31 08:00:00 CET
(in UTC): Sun 2021-10-31 07:00:00 UTC
From now: 3 days left
Iter. #3: Sun 2021-10-31 16:00:00 CET
(in UTC): Sun 2021-10-31 15:00:00 UTC
From now: 4 days left
Iter. #4: Sun 2021-11-07 00:00:00 CET
(in UTC): Sat 2021-11-06 23:00:00 UTC
From now: 1 week 3 days left
```

```
Iter. #5: Sun 2021-11-07 08:00:00 CET
(in UTC): Sun 2021-11-07 07:00:00 UTC
From now: 1 week 3 days left
```

6 E-Mail-Benachrichtigungen bei einem fehlerhaften Zeitgeber

systemd bietet keine vergleichbare Funktion wie MAILTO in Cron. Im Folgenden wird eine Behelfslösung beschrieben, mit der E-Mail-Benachrichtigungen aktiviert werden, wenn ein Zeitgeber fehlerhaft ist.

Das Verfahren besteht aus den folgenden Schritten:

1. Erstellen Sie ein Skript, mit dem eine E-Mail gesendet wird.
2. Erstellen Sie eine systemd-Dienstdatei, mit der das E-Mail-Skript ausgeführt wird.
3. Testen Sie die E-Mail-Dienstdatei.
4. Rufen Sie vom Dienst aus, der den Zeitgeber steuert, die erstellte E-Mail-Dienstdatei über OnFailure auf.

Im folgenden Beispiel wird das Kommando `mailx` aus dem Paket `mailx` verwendet. Dazu muss der Postfix-E-Mail-Server installiert und korrekt konfiguriert sein.

1. Erstellen Sie das Skript `/usr/local/bin/send_systemd_email`.
 - a. Das Skript benötigt zwei Parameter: `$1`, die E-Mail-Adresse und `$2`, der Name der Dienstdatei, für die die Fehlermeldung eingegangen ist. Beide Parameter werden von der Unit-Datei bereitgestellt, die das Mail-Skript ausführt.

```
#!/bin/sh
systemctl status --full "$2" | mailx -S sendwait\
-s "Service failure for $2" -r root@$HOSTNAME $1
```

- b. Das Skript muss ausführbar sein:

```
> sudo chmod 755 /usr/local/bin/send_systemd_email
```

2. Erstellen Sie die Datei `/etc/systemd/system/send_email_to_USER@.service`.

```
[Unit]
Description=Send systemd status information by email for %i to USER

[Service]
Type=oneshot
ExecStart=/usr/local/bin/send_systemd_email EMAIL_ADDRESS %i
User=root
Group=systemd-journal
```

Ersetzen Sie `USER` und `EMAIL_ADDRESS` in der Datei durch die Anmelddaten und die E-Mail-Adresse des Benutzers, der die E-Mail erhalten soll. `%i` ist der Name des fehlerhaften Dienstes (wird über den Parameter `%n` an den E-Mail-Dienst übergeben).

3. Überprüfen Sie die Dienstdatei und beheben Sie die gemeldeten Probleme:

```
> systemctl-analyze verify /etc/systemd/system/send_email_to_USER@.service
```

Wenn das Kommando keine Ausgabe zurückgibt, hat die Datei die Überprüfung erfolgreich bestanden.

4. Soll das gesamte Verfahren geprüft werden, starten Sie den Dienst mit der `dbus`-Instanz zum Testen. (Sie können jeden anderen Dienst verwenden, der aktuell ausgeführt wird. Dieses Beispiel greift auf `dbus` zurück, da dieser Dienst definitiv auf jeder Installation ausgeführt wird.)

```
> sudo systemctl start send_email_to_USER@dbus.service
```

Bei Erfolg erhält `EMAIL_ADDRESS` eine E-Mail mit dem Betreff `Service failure for dbus` und `dbus`-Statusmeldungen im Haupttext. (Dies ist nur ein Test; es liegt kein Problem mit dem `dbus`-Dienst vor. Sie können die E-Mail beruhigt löschen, da keine Maßnahmen erforderlich sind.)

Wenn die Test-E-Mail erfolgreich gesendet wurde, integrieren Sie sie in die Dienstdatei.

5. Soll dem Dienst eine E-Mail-Benachrichtigung hinzugefügt werden, tragen Sie die Option `OnFailure` in Abschnitt `Unit` der Dienstdatei ein, für die Sie im Fehlerfall eine Benachrichtigung erhalten möchten:

```
[Unit]
Description="Hello World script"
OnFailure 1=send_email_to_USER 2@%n 3 .service
```

```
[Service]
ExecStart=/usr/local/bin/helloworld.sh
```

- ① Die Option `OnFailure` verwendet den Dienst als Argument.
- ② Ersetzen Sie den Teil mit dem Namen der Unit-Dienstdatei durch den Anmeldenamen.
- ③ Gibt den Namen des Dienstes an (in diesem Beispiel `helloworld`). Dieser Name ist in der E-Mail-Dienstdatei als `%i` verfügbar.

Sie haben die Fehlerbenachrichtigung für `systemd`-Dienste erfolgreich eingerichtet.



Tipp: Senden von E-Mail-Benachrichtigungen an mehrere Benutzer

In der E-Mail-Dienstdatei ist die E-Mail-Adresse des Empfängers hartcodiert. Wenn Sie die Benachrichtigungs-E-Mails an einen anderen Benutzer senden möchten, kopieren Sie die E-Mail-Dienst-Datei und ersetzen Sie die Anmeldedaten des Benutzers im Dateinamen und die E-Mail-Adresse in der Kopie.

Wenn eine Fehlerbenachrichtigung an mehrere Empfänger gleichzeitig gesendet werden soll, fügen Sie die entsprechenden Dienstdateien zur Dienstdatei hinzu (durch Leerzeichen voneinander getrennt):

```
OnFailure=send_email_to_tux@%n.service send_email_to_wilber@%n.service
```

7 Verwenden von Zeitgebern als normaler Benutzer

`systemd`-Zeitgeber können auch von normalen Benutzern verwendet werden. So können Sie wiederkehrende Aufträge leichter automatisieren, z. B. die Erstellung von Sicherungskopien, die Bildbearbeitung oder das Verschieben von Daten in die Cloud.

Es gelten die gleichen Verfahren und Aufgaben wie bei systemweiten Zeitgebern. Es gelten jedoch die folgenden Unterschiede:

- Zeitgeber- und Dienstdateien müssen in `~/.config/systemd/user/` abgelegt werden.
- Alle `systemctl`- und `journalctl`-Kommandos müssen mit dem Schalter `--user` ausgeführt werden. Bei `systemd-analyze` ist diese Option *nicht* erforderlich.

Als normaler Benutzer müssen Sie den Pfad zu den Unit-Dateien angeben, wie in den Beispielen unten dargestellt. Sollte ein systemweiter Zeitgeber mit demselben Namen vorhanden sein, würde ansonsten nur dieser Zeitgeber ausgeführt oder aufgelistet.

```
> systemctl --user start ~/.config/systemd/user/helloworld.timer
> systemctl --user enable ~/.config/systemd/user/helloworld.timer
> systemctl --user list-timers
> journalctl --user -u helloworld.*
> systemd-analyze verify ~/.config/systemd/user/helloworld.timer
```



! Wichtig: Benutzer-Zeitgeber werden nur in einer aktiven Sitzung ausgeführt

Wie andere systemd-Dienste, die als normaler Benutzer gestartet werden, werden Benutzer-Zeitgeber nur dann ausgeführt, wenn der Benutzer angemeldet ist. Um stattdessen die Zeitgeber der Benutzer beim Booten zu starten und nach der Abmeldung weiterlaufen zu lassen, aktivieren Sie die *Verweildauer* für jeden betroffenen Benutzer:

```
sudo loginctl enable-linger USER
```

Weitere Informationen hierzu finden Sie im [man 1 loginctl](#).



! Wichtig: Umgebungsvariablen werden nicht geerbt

Die systemd-Benutzerinstanz erbt keine Umgebungsvariablen, die von Skripten wie ~/.profile oder ~/.bashrc festgelegt werden. Zum Prüfen der systemd-Umgebung führen Sie systemctl --user show-environment aus.

Sollen alle noch fehlenden Variablen in die systemd-Umgebung importiert werden, fügen Sie das folgende Kommando am Ende der Datei ~/.bashrc ein:

```
systemctl --user import-environment VARIABLE1 VARIABLE2
```

8 Migration von Cron zu systemd-Zeitgebern

Alle Cron-Aufträge können zu systemd-Zeitgebern migriert werden. Eine Anleitung und ein Beispiel finden Sie hier.

1. Erstellen Sie eine Dienstdatei, die das Skript ausführt. Ausführliche Informationen finden Sie unter [Beispiel 1, „Die Dienstdatei“](#).
2. Erstellen Sie eine Zeitgeberdatei, die die Dienstdatei ausführt. Allgemeine Anweisungen finden Sie unter [Beispiel 2, „Die Zeitgeberdatei“](#).
 - a. Konvertieren Sie die Kalendereinträge. Die Zeit wird im cron-Daemon und in systemd unterschiedlich angegeben. Ziehen Sie die Schemas unten als Vorlage für die Konvertierung heran:

```
Cron:           Minute Hour Day Month DayOfWeek
systemd: OnCalendar=DayOfWeek Year-Month-Day Hour:Minute:Second
```

Testen Sie den konvertierten Kalendereintrag anhand der Anweisungen in [Abschnitt 5, „Testen von Kalendereinträgen“](#).

- a. Konvertieren Sie die Cron-Kurznamen (@NICK):

```
Cron      : systemd timer
----- :
@reboot   : OnBootSec=1s
@yearly   : OnCalendar=*-01-01 00:00:00
@annually : OnCalendar=*-01-01 00:00:00
@monthly  : OnCalendar=*-*-01 00:00:00
@weekly   : OnCalendar=Sun *-*-* 00:00:00
@daily    : OnCalendar=*-*-00:00:00
@hourly   : OnCalendar=*-*-00:00:00
```

- c. Konvertieren Sie die Variablenzuweisungen. Die systemd-Variablenzuweisung muss in Abschnitt [Service] eingetragen werden. Hiermit ist es nicht möglich, MAILTO zu konvertieren; beachten Sie dazu den nächsten Schritt.

```
cron: VARIABLE=VALUE
systemd: Environment="VARIABLE=VALUE"
```

- d. Richten Sie E-Mail-Benachrichtigungen ein, die die MAILTO-Funktion von Cron ersetzen sollen. Beachten Sie dazu die Anweisungen in [Abschnitt 6, „E-Mail-Benachrichtigungen bei einem fehlerhaften Zeitgeber“](#).

BEISPIEL 6: MIGRATION VON CRON ZU systemd-ZEITGEBERN

Hier sind die crontab-Einträge, die das Skript helloworld.sh 5 Minuten nach dem Booten und jeden Montag bis Freitag um 10 Uhr aufrufen:

```
@reboot sleep 300 && /usr/local/bin/helloworld.sh
0 10 * * * 1-5 /usr/local/bin/helloworld.sh
```

Die systemd-Dienstdatei (helloworld.service), die das Skript aufruft, sieht wie folgt aus:

```
[Unit]
Description="Hello World script"
[Service]
ExecStart=/usr/local/bin/helloworld.sh
```

Die Zeitgeberdatei (helloworld.timer) sieht wie folgt aus:

```
[Unit]
Description="Run helloworld.service 5min after boot and at 10am every Mon-Fri"
[Timer]
OnBootSec=5min
OnCalendar=Mon..Fri *-*-* 10:00:*
Unit=helloworld.service
[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

9 Fehlersuche und häufig gestellte Fragen

Erfahren Sie, wie Sie Fehler in systemd-Zeitgebern, die fehlgeschlagen sind, suchen und beheben. Außerdem erhalten Sie Antworten auf häufig gestellte Fragen zu systemd-Zeitgebern.

9.1 Fehlervermeidung

Damit keine Fehler bei systemd-Zeitgebern auftreten, beachten Sie in jedem Fall diese bewährten Verfahren:

- Prüfen Sie, ob die im Dienst mit ExecStart angegebene ausführbare Datei ordnungsgemäß läuft.
- Überprüfen Sie die Syntax der Dienst- und Zeitgeberdateien, indem Sie systemd-analyze verify FILE ausführen.
- Prüfen Sie die Ausführungszeiten der Kalendereinträge mit systemd-analyze calendar CALENDAR_ENTRY.

9.2 Ereignis wird nicht ausgelöst

Wenn Sie einen Zeitgeber aktivieren, der nichtkritische Fehler enthält, ignoriert systemd diese Fehler stillschweigend. Beispiel:

BEISPIEL 7: AUSSCHNITT AUS EINER systemd-ZEITGEBER DATEI MIT EINEM NICHTFATALEN FEHLER

```
[Timer]
OnBootSec=5min
OnCalendar=Mon..Fri 10:00
Unit=helloworld.service
```

Zeile 3 enthält einen Syntaxfehler (OnCalendar anstelle von OnCalendar). Da der Abschnitt [Timer] einen zweiten Zeitgeber-Eintrag (OnBoot) enthält, ist der Fehler nicht kritisch und wird stillschweigend ignoriert. Infolgedessen wird der Auslöser für montags bis freitags nicht ausgeführt. Die einzige Möglichkeit, den Fehler zu erkennen, ist das Kommando systemd-analyze verify:

```
# systemd-analyze verify /etc/systemd/system/helloworld.timer
/etc/systemd/system/helloworld.timer:7: Unknown key name 'OnCalendar' in section
'Timer', ignoring.
```

9.3 Prüfen des Systemjournals auf Fehler

Wie bei jedem systemd-Dienst werden Ereignisse und Aktionen, die von Zeitgebern ausgelöst werden, im Systemjournal protokolliert. Wenn ein Auslöser sich nicht wie erwartet verhält, prüfen Sie die Protokollmeldungen mit journalctl. Wenn Sie das Journal nach relevanten

Informationen filtern möchten, verwenden Sie den `-u`-Schalter, um die `systemd`-Zeitgeber und Dienstdateien anzugeben. Mit dieser Option können Sie die Protokolleinträge für den Zeitgeber und die entsprechende Dienstdatei anzeigen:

```
sudo journalctl -u helloworld.timer -u helloworld.service
```

oder kürzer (soweit möglich):

```
sudo journalctl -u helloworld.*
```

journalctl ist ein Tool, das viele Optionen und Filter unterstützt. Detaillierte Informationen hierzu finden Sie unter [man 1 journalctl](#). Die folgenden Optionen eignen sich für die Fehlerbehebung bei Zeitgebern:

- `-b`: Zeigt nur Einträge für den aktuellen Bootvorgang.
- `-S today`: Zeigt nur Einträge vom heutigen Tag.
- `-x`: Zeigt Hilfetexte zusätzlich zum Protokolleintrag.
- `-f`: Beginnt mit den neuesten Einträgen und druckt das Protokoll fortlaufend aus, wenn neue Einträge hinzugefügt werden. Damit lassen sich Auslöser prüfen, die in kurzen Zeitabständen erfolgen. Beenden Sie den Vorgang mit `Strg + C`.

9.4 `systemd`-Zeitgeber: Versäumte Ausführungen nachholen

Wenn ein `systemd`-Zeitgeber während der erwarteten Ausführungszeit inaktiv war (wurde oder wenn das System zu dieser Zeit ausgeschaltet war), können versäumte Ereignisse optional sofort ausgelöst werden, sobald der Zeitgeber wieder aktiviert wird. Fügen Sie hierzu die Konfigurationsoption `Persistent=true` in den Abschnitt `[Timer]` ein:

```
[Timer]
OnCalendar=Mon..Fri 10:00
Persistent=true
Unit=helloworld.service
```

9.5 Migration von Cron zu systemd-Zeitgebern

Alle Cron-Aufträge können zu systemd-Zeitgebern migriert werden. Hier finden Sie allgemeine Anweisungen für die Migration eines Cron-Auftrags:

1. Erstellen Sie eine Dienstdatei, die das Skript ausführt. Ausführliche Informationen finden Sie unter [Beispiel 1, „Die Dienstdatei“](#).
2. Erstellen Sie eine Zeitgeberdatei, die die Dienstdatei ausführt. Allgemeine Anweisungen finden Sie unter [Beispiel 2, „Die Zeitgeberdatei“](#).
 - a. Konvertieren Sie die Kalendereinträge. Die Zeit wird im cron-Daemon und in systemd unterschiedlich angegeben. Ziehen Sie die Schemas unten als Vorlage für die Konvertierung heran:

Cron:	Minute Hour Day Month DayOfWeek
systemd:	OnCalendar=DayOfWeek Year-Month-Day Hour:Minute:Second

Testen Sie den konvertierten Kalendereintrag anhand der Anweisungen in [Abschnitt 5, „Testen von Kalendereinträgen“](#).

- b. Konvertieren Sie die Cron-Kurznamen (@NICK):

Cron	:	systemd timer
-----	:	-----
@reboot	:	OnBootSec=1s
@yearly	:	OnCalendar=*-01-01 00:00:00
@annually	:	OnCalendar=*-01-01 00:00:00
@monthly	:	OnCalendar=*-*-01 00:00:00
@weekly	:	OnCalendar=Sun *-*-* 00:00:00
@daily	:	OnCalendar=*--*-* 00:00:00
@hourly	:	OnCalendar=*--*-* *:00:00

- c. Konvertieren Sie die Variablenzuweisungen. Die systemd-Variablenzuweisung muss in Abschnitt [Service] eingetragen werden. Hiermit ist es nicht möglich, MAILTO zu konvertieren; beachten Sie dazu den nächsten Schritt.

cron:	VARIABLE=VALUE
systemd:	Environment="VARIABLE=VALUE"

- d. Richten Sie E-Mail-Benachrichtigungen ein, die die MAILTO-Funktion von Cron ersetzen sollen. Beachten Sie dazu die Anweisungen in [Abschnitt 6, „E-Mail-Benachrichtigungen bei einem fehlerhaften Zeitgeber“](#).

BEISPIEL 8: MIGRATION VON CRON ZU systemd-ZEITGEBERN

Hier sind die crontab-Einträge, die das Skript helloworld.sh 5 Minuten nach dem Booten und jeden Montag bis Freitag um 10 Uhr aufrufen:

```
@reboot sleep 300 && /usr/local/bin/helloworld.sh
0 10 * * * 1-5 /usr/local/bin/helloworld.sh
```

Die systemd-Dienstdatei (helloworld.service), die das Skript aufruft, sieht wie folgt aus:

```
[Unit]
Description="Hello World script"
[Service]
ExecStart=/usr/local/bin/helloworld.sh
```

Die Zeitgeberdatei (helloworld.timer) sieht wie folgt aus:

```
[Unit]
Description="Run helloworld.service 5min after boot and at 10am every Mon-Fri"
[Timer]
OnBootSec=5min
OnCalendar=Mon..Fri *-*-* 10:00:*
Unit=helloworld.service
[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

10 Weitere Informationen

- Eine umfassende Referenz zu systemd-Zeitgebern mit erweiterten Konfigurationsoptionen (z. B. Verzögerungen oder die Verarbeitung von Änderungen der Uhrzeit oder der Zeitzone) finden Sie unter man 5 systemd.timer.
- Basic systemd concepts (<https://documentation.suse.com/smart/systems-management/html/concept-systemd/concept-systemd.html>) ↗
- Starting and stopping systemd services (<https://documentation.suse.com/smart/systems-management/html/reference-systemctl-start-stop-services/reference-systemctl-start-stop-services.html>) ↗
- Enabling and disabling systemd services (<https://documentation.suse.com/smart/systems-management/html/reference-systemctl-enable-disable-services/reference-systemctl-enable-disable-services.html>) ↗

- Debugging failed systemd services (<https://documentation.suse.com/smart/systems-management/html/task-debug-failed-systemd-services/index.html>) ↗
- Sending termination signals to systemd services (<https://documentation.suse.com/smart/systems-management/html/task-send-termination-signals-systemd/task-send-termination-signals-systemd.html>) ↗

11 Rechtliche Hinweise

Copyright © 2006–2025 SUSE LLC und Mitwirkende. Alle Rechte vorbehalten.

Es wird die Genehmigung erteilt, dieses Dokument unter den Bedingungen der GNU Free Documentation License, Version 1.2 oder (optional) Version 1.3 zu vervielfältigen, zu verbreiten und/oder zu verändern; die unveränderlichen Abschnitte hierbei sind der Urheberrechtshinweis und die Lizenzbedingungen. Eine Kopie dieser Lizenz (Version 1.2) finden Sie in Abschnitt „GNU Free Documentation License“.

Die SUSE Marken finden Sie im <https://www.suse.com/company/legal/> ↗. Alle anderen Marken von Drittanbietern sind Besitz ihrer jeweiligen Eigentümer. Markensymbole (®, ™ usw.) kennzeichnen Marken von SUSE und ihren Tochtergesellschaften. Sternchen (*) kennzeichnen Marken von Drittanbietern.

Alle Informationen in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt zusammengestellt. Auch hierdurch kann jedoch keine hundertprozentige Richtigkeit gewährleistet werden. Weder SUSE LLC noch ihre Tochtergesellschaften noch die Autoren noch die Übersetzer können für mögliche Fehler und deren Folgen haftbar gemacht werden.

A Freie GNU-Dokumentationslizenz (GNU Free Documentation License)

Copyright (C) 2000, 2001, 2002 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA. Es ist jedermann gestattet, diese Lizenzurkunde zu vervielfältigen und unveränderte Kopien zu verbreiten; Änderungen sind jedoch nicht erlaubt.

0. VORWORT

Der Zweck dieser Lizenz ist es, eine Dokumentation (Handbuch etc.) zu ermöglichen, die funktional, hilfreich und frei ist, damit jede Person sie sowohl kommerziell als auch nicht kommerziell kopieren, weiterverteilen und ändern darf. Weiterhin sichert diese Lizenz einem Autor oder Verleger die Möglichkeit, Anerkennung für seine Arbeit zu erhalten, ohne für Änderungen durch andere verantwortlich gemacht zu werden.

Diese Lizenz ist eine Art von „copyleft“, was bedeutet, dass von diesem Dokument abgeleitete Werke ihrerseits in derselben Weise frei sein müssen. Dies vervollständigt die „Allgemeine öffentliche GNU-Lizenz“ (GNU General Public License), die eine „copyleft“-Lizenz ist und für freie Software entworfen wurde.

Wir haben diese Lizenz entwickelt, um sie für Handbücher für freie Software zu verwenden, da freie Software auch eine freie Dokumentation benötigt. Zu einem freien Programm gehören auch freie Handbücher, die dieselben Freiheiten wie die Software bieten. Diese Lizenz ist aber nicht auf Softwarehandbücher beschränkt; vielmehr kann sie für jede Art von Textwerk verwendet werden, unabhängig davon, was das Thema ist oder ob es als gedrucktes Buch veröffentlicht wurde. Wir empfehlen diese Lizenz prinzipiell für Werke, die als Anleitung oder Referenz dienen sollen.

1. ANWENDBARKEIT UND DEFINITIONEN

Diese Lizenz findet Anwendung auf jedes Handbuch oder andere Werk, unabhängig von dem Medium, auf dem es erscheint, das einen vom Rechteinhaber eingefügten Hinweis enthält, der besagt, dass das Werk unter den Bedingungen dieser Lizenz verbreitet werden darf. Ein solcher Hinweis gewährt eine weltweit gültige, tantiemenfreie und zeitlich unbefristete Lizenz, die es gestattet, das Werk unter den hier festgelegten Bedingungen zu nutzen. Der Begriff „Dokument“ wird im Folgenden für alle solche Handbücher und Werke verwendet. Jede Person kann Lizenznehmer sein und wird im Folgenden mit Sie angesprochen. Sie akzeptieren diese Lizenz, wenn Sie ein Dokument derart kopieren, verändern oder verteilen, dass Sie gemäß den Gesetzen zum Copyright die Erlaubnis benötigen.

Eine „modifizierte Version“ des Dokuments steht für jedes Werk, welches das Dokument als Ganzes oder in Teilen enthält, sowohl unverändert als auch mit Änderungen kopiert und/oder in andere Sprachen übersetzt.

Ein „zweitrangiger Abschnitt“ ist ein benannter Anhang oder eine Einleitung des Dokuments, der bzw. die sich ausschließlich mit dem Verhältnis des Autors oder Verlegers des Dokuments zu dem eigentlichen Thema des Dokuments (oder damit zusammenhängenden Dingen) beschäftigt

und der bzw. die nichts enthält, was direkt zu dem eigentlichen Thema gehört. (Wenn das Dokument beispielsweise ein Buch über Mathematik ist, dann darf ein zweitrangiger Abschnitt nichts über Mathematik enthalten). Dies kann eine historische Beziehung zu dem Thema oder damit zusammenhängender Dinge oder von gesetzlicher, gesellschaftlicher, philosophischer, ethischer oder politischer Art sein, die das Thema betreffen.

Die „unveränderlichen Abschnitte“ sind benannte zweitrangige Abschnitte, deren Titel als unveränderlicher Abschnitt in dem Lizenzhinweis, der das Dokument unter diese Lizenz stellt, aufgeführt sind. Wenn ein Abschnitt nicht in die oben stehende Definition eines zweitrangigen Abschnitts passt, dann ist es nicht erlaubt, diesen Bereich als unveränderlichen Bereich zu kennzeichnen. Das Dokument kann auch keine unveränderlichen Bereiche enthalten. Wenn das Dokument keine unveränderlichen Bereiche angibt, sind keine solchen darin enthalten.

„Umschlagtexte“ sind bestimmte, kurze Textstücke, die als vorderer Umschlagtext oder als hinterer Umschlagtext in der Notiz benannt werden, die besagt, dass das Dokument unter dieser Lizenz freigegeben ist. Ein vorderer Umschlagtext kann bis zu 5 Worte enthalten, ein hinterer Umschlagtext bis zu 25 Worte.

Eine transparente Kopie des Dokuments bezeichnet eine maschinenlesbare Kopie, dargestellt in einem Format, dessen Spezifikationen allgemein verfügbar sind und das geeignet ist, das Dokument auf einfache Weise mit einem allgemeinen Texteditor oder (für Bilder, die aus Pixeln bestehen) mit einem allgemeinen Bildbearbeitungsprogramm oder (für Zeichnungen) mit einem häufig verfügbaren Zeichenprogramm zu überarbeiten und es als Eingabe für Textformatierer zu verwenden oder als Eingabe für automatische Konvertierungsprogramme, die eine Reihe von unterschiedlichen Formaten erzeugen, die ihrerseits als Eingabe für Textformatierer verwendet werden können. Eine Kopie in ein anderes transparentes Dateiformat, dessen Auszeichnung oder Fehlen der Auszeichnung derart beschaffen sind, nachfolgende Modifikationen durch die Leser zu verhindern oder zu erschweren, ist nicht transparent. Ein Bildformat ist nicht transparent, wenn es für eine wesentliche Menge von Text verwendet wird. Eine Kopie, die nicht „transparent“ ist, wird als „opak“ bezeichnet.

Beispiele verwendbarer Formate für transparente Kopien schließen einfachen ASCII-Text ohne Auszeichnungen, Texinfo-EingabefORMAT, LaTeX-EingabefORMAT, SGML oder XML, sofern die verwendete DTD öffentlich verfügbar ist, sowie standardkonformes, einfaches HTML, Postscript oder PDF, die für Veränderungen durch Menschen entworfen sind, ein. Beispiele für transparente Bildformate sind u. a. PNG, XCF und JPG. Opake Formate sind unter anderem solche proprietären Formate, die nur von proprietären Textverarbeitungsprogrammen gelesen und bear-

beitet werden können, SGML oder XML, deren DTD und/oder Verarbeitungswerkzeuge nicht allgemein verfügbar sind, und maschinengeneriertes HTML, PostScript oder PDF, das von manchen Textverarbeitungsprogrammen nur zu Ausgabezwecken erzeugt wird.

Mit „Titelseite“ werden bei einem gedruckten Buch die eigentliche Titelseite sowie die direkt darauf folgenden Seiten bezeichnet, die all das in lesbarer Form enthalten, was gemäß dieser Lizenz auf der Titelseite erscheinen muss. Für Werke, die in Formaten vorliegen, die keine Titelseiten haben, gilt als „Titelseite“ der Text, der direkt nach der auffälligsten Darstellung des Titels des Werks folgt, aber noch vor dem Inhalt des Werks steht.

Ein Abschnitt mit dem „Titel XYZ“ bezeichnet einen benannten Unterbereich des Dokuments, dessen Titel entweder genau XYZ ist oder der XYZ in Anführungszeichen enthält und nach einem Text folgt, der XYZ in eine andere Sprache übersetzt. (Hier steht XYZ für einen speziellen Abschnittsnamen, der im Folgenden erwähnt wird, wie „Danksagung“, „Widmung“, „Anmerkung“ oder „Historie“.) Den „Titel eines Abschnitts beibehalten“ bedeutet, dass beim Modifizieren des Dokuments dieser Abschnitt mit dem „Titel XYZ“ bleibt, wie es in dieser Definition festgelegt ist.

Das Dokument kann direkt hinter der Notiz, die besagt, dass das Dokument unter dieser Lizenz freigegeben ist, Garantieausschlüsse enthalten. Durch die Bezugnahme auf diese Haftungsausschlüsse werden selbige als in dieser Lizenz eingeschlossen angesehen, jedoch nur bezüglich des Ausschlusses von Garantien: Jede weitere etwaige Implizierung bzw. Interpretation dieser Haftungsausschlüsse ist ungültig und hat keinen Einfluss auf diese Lizenz.

2. UNVERÄNDERTE KOPIEN

Sie dürfen das Dokument auf jedem Medium sowohl kommerziell als auch nicht kommerziell kopieren und verbreiten, vorausgesetzt, dass diese Lizenz, die Copyright-Hinweise sowie der Lizenzhinweis, der besagt, dass diese Lizenz auf das Dokument anzuwenden ist, in allen Kopien reproduziert wird und dass keine weiteren Bedingungen jeglicher Art zu denen dieser Lizenz hinzugefügt werden. Sie dürfen in den Kopien, die Sie erstellen oder verbreiten, keinerlei technische Maßnahmen treffen, um das Lesen oder das weitere Kopieren zu erschweren oder zu kontrollieren. Dennoch dürfen Sie Gegenleistungen für Kopien akzeptieren. Wenn Sie eine ausreichend große Menge von Kopien verteilen, müssen Sie zusätzlich die Bestimmungen von Ziffer 3 beachten.

Sie können außerdem unter denselben Bedingungen, die oben angeführt sind, Kopien verleihen und Sie können Kopien auch öffentlich bewerben.

3. KOPIEN IN MENGEN

Wenn Sie gedruckte Kopien des Dokuments (oder Kopien auf Medien, die üblicherweise gedruckte Umschläge haben), in einer Stückzahl von mehr als 100 veröffentlichen und der Lizenzhinweis des Dokuments Umschlagtexte verlangt, müssen die Kopien in Hüllen verpackt sein, die alle diese Umschlagtexte klar und lesbar enthalten: Frontseitentexte vorne, Rückseitentexte hinten. Beide Umschläge müssen Sie außerdem klar und lesbar als den Herausgeber dieser Kopien benennen. Der vordere Umschlag muss den gesamten Titel darstellen, mit allen Worten gleich auffällig und sichtbar. Sie können weiteres Material den Umschlägen hinzufügen. Das Kopieren mit Änderungen, die auf Umschläge begrenzt sind, können, solange der Titel des Dokuments erhalten bleibt, ansonsten als unveränderte Kopien behandelt werden.

Wenn der vorgeschriebene Text für einen der Umschläge zu umfangreich ist, um lesbar zu bleiben, sollten Sie den ersten der aufgelisteten Texte auf den aktuellen Umschlag nehmen (so viel wie vernünftigerweise möglich ist) und den Rest auf direkt angrenzende Seiten.

Wenn Sie mehr als 100 opake Kopien veröffentlichen oder verbreiten, müssen Sie entweder eine maschinenlesbare, transparente Kopie jeder opaken Kopie beilegen oder mit bzw. in jeder opaken Kopie eine Computer-Netzwerk-Adresse angeben, von wo die allgemeine, netzwerkbenutzende Öffentlichkeit Zugriff zum Download einer kompletten transparenten Kopie über öffentliche Standardnetzwerkprotokolle hat. Wenn Sie sich für die letztere Möglichkeit entscheiden, müssen Sie mit Beginn der Verbreitung der opaken Kopien in Stückzahlen zumutbare und vernünftige Schritte unternehmen, um sicherzustellen, dass die transparenten Kopien mindestens ein Jahr nach der Auslieferung der letzten opaken Kopie (direkt oder über einen Agenten oder Händler) dieser Ausgabe an die Öffentlichkeit an der genannten Adresse verfügbar bleiben.

Es wird gebeten, aber nicht gefordert, dass Sie ausreichend lange vor der Auslieferung einer größeren Menge von Kopien Kontakt mit den Autoren des Dokuments aufnehmen, um diesen die Möglichkeit zu geben, Ihnen eine aktualisierte Version des Dokuments zukommen zu lassen.

4. ÄNDERUNGEN

Unter den obigen Bedingungen unter Ziffer 2 und 3 können Sie modifizierte Versionen kopieren und verbreiten, vorausgesetzt, dass Sie die modifizierte Version unter exakt dieser Lizenz herausgeben, wobei die modifizierte Version die Rolle des Dokuments einnimmt, und dadurch die weitere Modifikation und Verbreitung an jeden lizenziieren, der eine Kopie davon besitzt. Zusätzlich müssen Sie die folgenden Dinge in der modifizierten Version beachten:

- A. Benutzen Sie auf der Titelseite (und auf Umschlägen, sofern vorhanden) einen Titel, der sich von dem Titel des Dokuments und von früheren Versionen unterscheidet. (Die früheren Versionen sollten, wenn es welche gibt, in Abschnitt Historie aufgelistet werden.) Sie können denselben Titel wie den einer Vorgängerversion verwenden, wenn der ursprüngliche Herausgeber damit einverstanden ist.
- B. Geben Sie auf der Titelseite eine oder mehrere Personen oder Einheiten, die als Autoren auftreten können, als für die Modifikationen verantwortliche Autoren der modifizierten Version, zusammen mit mindestens fünf der ursprünglichen Autoren der Ursprungsversion, an (alle vorherige Autoren, wenn es weniger als fünf sind), es sei denn, diese befreien Sie von dieser Notwendigkeit.
- C. Geben Sie auf der Titelseite den Namen des Herausgebers als Herausgeber an.
- D. Erhalten Sie alle Copyright-Vermerke des Dokuments.
- E. Setzen Sie einen passenden Copyright-Vermerk für Ihre Modifikationen direkt hinter die anderen Copyright-Vermerke.
- F. Schließen Sie direkt hinter den Copyright-Vermerken einen Lizenzhinweis ein, der die öffentliche Erlaubnis erteilt, die modifizierte Version unter den Bedingungen dieser Lizenz zu benutzen, wie es im Anhang weiter unten beschrieben ist.
- G. Behalten Sie im Copyright-Vermerk die komplette Liste der unveränderlichen Abschnitte und obligatorischen Umschlagtexte bei, die in dem Lizenzvermerk des Dokuments aufgeführt sind.
- H. Schließen Sie eine unveränderte Kopie dieser Lizenz mit ein.
- I. Behalten Sie den Abschnitt „Historie“ bei. Behalten Sie den Titel bei und fügen Sie einen Punkt hinzu, der mindestens den Titel, das Jahr, die neuen Autoren und den Herausgeber, wie sie auf der Titelseite aufgeführt sind, enthält. Sollte es keinen Abschnitt „Historie“

geben, dann erstellen Sie einen, der Titel, Jahr, Autor und Herausgeber des Dokuments, wie auf der Titelseite angegeben, enthält, und fügen Sie einen Punkt hinzu, der die modifizierte Version, wie oben dargestellt, beschreibt.

- J. Erhalten Sie die Netzwerkadresse, die angegeben wurde, um Zugang zu einer transparenten Kopie zu gewähren, sowie entsprechend angegebene Adressen früherer Versionen, auf denen das Dokument aufbaute. Diese Angaben können in den Abschnitt „Historie“ verschoben werden. Sie können die Netzwerkadresse weglassen, wenn sie sich auf ein Werk bezieht, das mindestens 4 Jahre vor dem Dokument selbst veröffentlicht wurde, oder wenn der ursprüngliche Herausgeber der Version, auf die sich die Adresse bezieht, seine Erlaubnis erteilt.
- K. Behalten Sie für alle Abschnitte, die mit „Danksagung“ oder „Widmung“ überschrieben sind, den Titel sowie die Substanz und den Ton aller vom Geber gemachten Danksagungen und/oder Widmungen in diesem Abschnitt bei.
- L. Erhalten Sie alle unveränderlichen Abschnitte unverändert, sowohl im Titel als auch im Text. Abschnittsnummern oder dergleichen gelten hierbei nicht als Teil des Titels.
- M. Löschen Sie alle Abschnitte, die mit „Anmerkungen“ überschrieben sind. Ein solcher Abschnitt sollte nicht in der modifizierten Version enthalten sein.
- N. Benennen Sie keinen Abschnitt in „Anmerkungen“ um oder in einen Namen, der in Konflikt mit einem „Unveränderlichen Abschnitt“ gerät.
- O. Erhalten Sie alle Garantieausschlüsse.

Wenn die modifizierte Version neue Titeleien oder Anhänge enthält, die als zweitrangig qualifiziert sind und kein Material einschließen, das aus dem Dokument kopiert wurde, können Sie diese nach eigenem Ermessen in ihrer Gesamtheit oder teilweise als unveränderlich bestimmen. Fügen Sie dazu ihre Titel zur Liste der unveränderlichen Abschnitte im Lizenzhinweis der geänderten Version hinzu. Diese Titel müssen sich von allen anderen Titeln unterscheiden.

Sie können einen Abschnitt Anmerkungen anfügen, sofern dieser nichts als Bemerkungen verschiedener Stellen zu der modifizierten Version enthält, beispielsweise Publikumsreaktionen oder eine Mitteilung, dass der Text von einer Organisation als maßgebliche Definition eines Standards geprüft wurde.

Sie können einen Teil mit bis zu fünf Worten als vorderen Umschlagtext und einen mit bis zu 25 Worten als hinteren Umschlagtext an das Ende der Liste mit den Umschlagtexten der modifizierten Version hinzufügen. Nur je ein Teil für den vorderen Umschlagtext und den hinteren

ren Umschlagtext können von jeder Einheit hinzugefügt (oder durch entsprechende Anordnung erstellt) werden. Wenn das Dokument bereits einen Umschlagtext für denselben Umschlag enthält, der von Ihnen oder der Einheit, in deren Namen Sie tätig sind, bereits früher eingefügt wurde, dürfen Sie keinen neuen hinzufügen. Sie können aber den alten ersetzen, wenn Sie die ausdrückliche Genehmigung des Herausgebers haben, der den früheren Text eingefügt hat.

Der/die Autor(en) und Herausgeber des Dokuments geben durch diese Lizenz weder implizit noch explizit die Erlaubnis, ihren Namen für Werbung in den Anmerkungen der modifizierten Version zu benutzen.

5. KOMBINIEREN VON DOKUMENTEN

Sie können mehrere Dokumente, die unter dieser Lizenz freigegeben sind, gemäß den Bedingungen unter Ziffer 4 für modifizierte Versionen miteinander kombinieren, vorausgesetzt, dass in der Kombination alle unveränderlichen Abschnitte aller Originaldokumente enthalten sind und dass Sie diese alle in der Liste der unveränderlichen Abschnitte der Lizenzanmerkung des kombinierten Dokuments aufführen sowie alle Garantieausschlüsse erhalten.

Das kombinierte Werk braucht nur eine Kopie dieser Lizenz zu enthalten und mehrere identische unveränderliche Abschnitte können durch eine einzelne Kopie ersetzt werden. Wenn es mehrere unveränderliche Abschnitte mit unterschiedlichem Inhalt, aber gleichem Namen gibt, machen Sie den Namen eindeutig, indem Sie am Ende des Titels, in Anführungszeichen, den Namen des Originalautors oder Herausgebers, falls bekannt, oder anderenfalls eine eindeutige Nummer anhängen. Machen Sie dasselbe mit den Titeln der Abschnitte in der Liste der unveränderlichen Abschnitte im Lizenzhinweis des kombinierten Werks.

In der Kombination müssen Sie alle Abschnitte mit dem Titel „Historie“ in den unterschiedlichen Dokumenten zu einem einzelnen Abschnitt „Historie“ zusammenführen; entsprechend verfahren Sie mit den Abschnitten „Danksagung“ und „Widmung“. Sie müssen alle Abschnitte mit dem Titel „Anmerkungen“ löschen.

6. SAMMLUNGEN VON DOKUMENTEN

Sie können eine Sammlung von Dokumenten erstellen, bestehend aus diesem Dokument und weiteren, unter dieser Lizenz stehenden Dokumenten, wobei Sie die einzelnen Kopien dieser Lizenz in den verschiedenen Dokumenten durch eine einzelne Kopie, die in der Sammlung enthalten ist, ersetzen, vorausgesetzt, Sie befolgen in allen andern Punkten, für jedes der Dokumente, die Regeln für unveränderte Kopien.

Sie können ein einzelnes Dokument aus einer solchen Sammlung herausziehen und einzeln unter dieser Lizenz verbreiten, vorausgesetzt, Sie fügen eine Kopie dieser Lizenz in das extrahierte Dokument ein und befolgen ansonsten die Bedingungen dieser Lizenz für unveränderte Kopien.

7. ZUSAMMENFASSUNG MIT UNABHÄNGIGEN WERKEN

Eine Zusammenstellung des Werks, oder von Ableitungen davon, mit anderen, separaten und unabhängigen Dokumenten oder Werken in oder auf demselben Band eines Speicher- oder Verbreitungsmediums wird dann eine „Sammlung“ genannt, wenn die Copyrights der Zusammenstellung nicht dazu verwendet werden, die Rechte der Benutzer, die für die einzelnen Werke gewährt werden, stärker zu beschränken, als dies durch die Lizenzen der einzelnen Werke geschieht. Wenn das Werk in einer Aggregation vorhanden ist, so gilt diese Lizenz nicht für die anderen Werke dieser Aggregation, die keine Ableitung des Dokuments sind.

Wenn die Bestimmungen für die „Umschlagtexte“ aus Ziffer 3 Anwendung finden, und wenn das Dokument weniger als die Hälfte der gesamten Sammlung ausmacht, dann können die Umschlagtexte auf Seiten gesetzt werden, die das Dokument innerhalb der Sammlung umschließen, oder auf das elektronische Äquivalent eines Umschlags, wenn das Dokument in elektronischer Form vorliegt. Andernfalls müssen sie auf gedruckten Umschlägen erscheinen, die das gesamte Werk umschließen.

8. ÜBERSETZUNG

Die Übersetzung wird als eine Art von Modifikation betrachtet, so dass Sie Übersetzungen des Dokuments unter den Bedingungen von Abschnitt 4 verbreiten dürfen. Das Ersetzen von unveränderlichen Abschnitten durch Übersetzungen erfordert eine besondere Genehmigung der Urheberrechtsinhaber. Sie können jedoch Übersetzungen einiger oder aller unveränderlichen Abschnitte zusätzlich zu den Originalversionen dieser unveränderlichen Abschnitte einfügen. Sie können eine Übersetzung dieser Lizenz und aller Lizenzhinweise im Dokument sowie aller Garantieausschlüsse hinzufügen, vorausgesetzt, dass Sie ebenso die originale englische Version dieser Lizenz und aller Hinweise und Ausschlüsse beifügen. Sollten die Übersetzung und die Originalversion dieser Lizenz oder eines Hinweises oder Ausschlusses voneinander abweichen, so hat die Originalversion Vorrang.

Wenn ein Abschnitt des Dokuments mit „Danksagung“, „Widmung“ oder „Historie“ überschrieben ist, so ist durch die Anforderung (Ziffer 4), den Titel dieses Abschnitts beizubehalten, die Änderung des aktuellen Titels erforderlich.

9. KÜNDIGUNG

Sie dürfen dieses Dokument nicht kopieren, verändern, unterlizenzieren oder verteilen, mit der Ausnahme, dass Sie es ausdrücklich unter dieser Lizenz tun. Jedweder andere Versuch zu kopieren, zu modifizieren, weiterzulizenzieren oder -zuverbreiten, ist unzulässig und führt automatisch zum Entzug der durch diese Lizenz gewährten Rechte. Für Personen, die Kopien oder Rechte von Ihnen gemäß den Bestimmungen dieser Lizenz erhalten haben, wird die Lizenz jedoch nicht beendet, solange sie alle Bestimmungen einhalten.

10. SPÄTERE ÜBERARBEITUNGEN DIESER LIZENZ

Die Free Software Foundation kann von Zeit zu Zeit neue, überarbeitete Versionen der Freien GNU-Dokumentationslizenz (GNU Free Documentation License) veröffentlichen. Solche neuen Versionen ähneln in den Grundzügen der aktuellen Version, können sich jedoch in Details bezüglich neuer Probleme davon unterscheiden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in <https://www.gnu.org/copyleft/>.

Jede Version dieser Lizenz erhält eine eigene Versionsnummer. Wenn im Dokument angegeben wird, dass es dieser Lizenz in einer bestimmten Versionsnummer oder jeder späteren Version unterliegt, so haben Sie die Wahl, entweder den Bestimmungen der genannten Version zu folgen oder denen jeder beliebigen späteren Version, die von der Free Software Foundation veröffentlicht wurde. Wenn das Dokument keine Versionsnummer angibt, können Sie eine beliebige Version wählen, die je von der Free Software Foundation veröffentlicht wurde (jedoch keine Entwürfe).

ANHANG: Wie Sie diese Lizenz für Ihre Dokumente verwenden können

```
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 1.2  
or any later version published by the Free Software Foundation;  
with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.  
A copy of the license is included in the section entitled "GNU  
Free Documentation License".
```

Wenn Sie unveränderliche Abschnitte, vordere und hintere Umschlagtexte haben, ersetzen Sie die Zeile: „Es gibt keine..... Umschlagtext“ durch die folgende:

```
with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the  
Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.
```

Wenn Sie unveränderliche Abschnitte, aber keine Umschlagtexte oder irgendeine andere Kombination der drei Bereiche haben, mischen Sie die verschiedenen Alternativen, dass sie zu Ihren Anforderungen passen.

Wenn Ihr Dokument nicht triviale Codebeispiele enthält, empfehlen wir, diese Beispiele parallel unter einer freien Softwarelizenz Ihrer Wahl, beispielsweise der Allgemeinen öffentlichen GNU-Lizenz (GNU General Public License), zu lizenziieren, um ihren Gebrauch in freier Software zu erlauben.