# Installieren eines einfachen High Availability-Clusters mit drei Knoten

**WAS?**

Informationen zum Einrichten eines einfachen High Availability-Clusters mit drei Knoten mit festplattenlosem SBD und Software-Watchdog.

**WARUM?**

Dieser Cluster kann zu Testzwecken oder als anfängliche Clusterminimalkonfiguration verwendet werden, die später erweitert werden kann.

**AUFWAND**

Das Einrichten eines einfachen High Availability-Clusters dauert je nach Geschwindigkeit Ihrer Netzwerkverbindung etwa 15 Minuten.

**ZIEL**

Legen Sie schnell und einfach mit SUSE Linux Enterprise High Availability los.

Veröffentlicht: 11.12.2025

## Inhalt

1 Einsatzszenario 3

2 Installationsübersicht 3

3 Systemanforderungen 4

4 Aktivieren der High Availability-Erweiterung 6

5 Einrichtung des ersten Knotens 7

6 Hinzufügen des zweiten und dritten Knotens 11

7 Anmelden bei Hawk 13

8 Testen des Clusters 14

9 Nächste Schritte 17

10 Rechtliche Hinweise 18

A GNU Free Documentation License 18

Hochverfügbarkeit – Glossar 26

# 1 Einsatzszenario

Dieses Handbuch beschreibt die Einrichtung eines minimalen High Availability-Clusters mit den folgenden Eigenschaften:

- Drei Clusterknoten mit gegenseitigem SSH-Zugriff ohne Passwort. Für diese Einrichtung sind drei Knoten erforderlich, damit festplattenloses SBD Split Brain-Szenarien ohne Hilfe von QDevice verarbeiten kann.
- Eine virtuelle IP-Adresse nach dem Floating-IP-Prinzip, über die Clients eine Verbindung mit dem Grafikverwaltungswerkzeug Hawk herstellen können, und zwar unabhängig davon, auf welchem Knoten der Dienst ausgeführt wird.
- Festplattenloses SBD (STONITH Block Device) und ein Software-Watchdog werden als Knoten-Fencing-Mechanismus zur Vermeidung von Split Brain-Szenarien verwendet.
- Failover der Ressourcen von einem Knoten zu einem anderen, wenn der aktive Host ausfällt (*Aktiv/Passiv*-Einrichtung)

Dies ist eine einfache Clustereinrichtung mit minimalen externen Anforderungen. Sie können diesen Cluster zu Testzwecken oder als einfache Clusterkonfiguration verwenden, die später für eine Produktionsumgebung erweitert werden kann.

# 2 Installationsübersicht

Um den unter *Abschnitt 1, „Einsatzszenario“* beschriebenen High Availability-Cluster zu installieren, müssen Sie die folgenden Aufgaben ausführen:

1. Lesen Sie *Abschnitt 3, „Systemanforderungen“*, um sicherzustellen, dass Sie alles haben, was Sie benötigen.
2. Installieren Sie SUSE Linux Enterprise High Availability auf den Clusterknoten gemäß *Abschnitt 4, „Aktivieren der High Availability-Erweiterung“*.
3. Initialisieren Sie den Cluster auf dem ersten Knoten gemäß *Abschnitt 5, „Einrichtung des ersten Knotens“*.
4. In *Abschnitt 6, „Hinzufügen des zweiten und dritten Knotens“* fügen Sie Ihrem Cluster weitere Knoten hinzu.

5. In *Abschnitt 7, „Anmelden bei Hawk“* melden Sie sich bei der Hawk-Weboberfläche an, um den Cluster zu überwachen.

6. In *Abschnitt 8, „Testen des Clusters“* führen Sie grundlegende Tests durch, um sicherzustellen, dass der Cluster wie erwartet funktioniert.

7. Lesen Sie *Abschnitt 9, „Nächste Schritte“*, um Ratschläge zur Erweiterung des Clusters für eine Produktionsumgebung zu erhalten.

# 3 Systemanforderungen

In diesem Abschnitt werden die Systemanforderungen für eine Minimaleinrichtung von SUSE Linux Enterprise High Availability beschrieben.

## 3.1 Hardwareanforderungen

**Server**

Drei Server, die als Clusterknoten fungieren.

Bei den Servern kann es sich um Bare Metal-Server oder um virtuelle Rechner handeln. Sie müssen nicht unbedingt mit identischer Hardware (Arbeitsspeicher, Festplattenspeicher usw.) ausgestattet sein, die gleiche Architektur wird jedoch vorausgesetzt. Plattformübergreifende Cluster werden nicht unterstützt.

Weitere Informationen zur Serverhardware finden Sie in Abschnitt *System Requirements* unter https://www.suse.com/download/sle-ha/.

**Netzwerkschnittstellenkarten (NICs)**

Mindestens zwei NICs pro Clusterknoten. Damit können Sie zwei oder mehr Kommunikationskanäle für den Cluster konfigurieren. Verwenden Sie dazu eine der folgenden Methoden:

- Kombinieren Sie die NICs zu einem Netzwerk-Bonding (bevorzugt). In diesem Fall müssen Sie das Bond-Gerät auf jedem Knoten einrichten, bevor Sie den Cluster initialisieren.

- Erstellen Sie einen zweiten Kommunikationskanal in Corosync. Dies kann durch das Clustereinrichtungsskript konfiguriert werden. In diesem Fall müssen sich die beiden NICs in unterschiedlichen Teilnetzen befinden.

#### STONITH (Knoten-Fencing)

Damit sie unterstützt werden, *müssen* alle SUSE Linux Enterprise High Availability-Cluster über mindestens ein Knoten-Fencing-Gerät (STONITH) verfügen, um Split Brain-Szenarien zu vermeiden. Dazu kann entweder ein physisches Gerät (ein Netzschalter) oder SBD (STONITH Block Device) in Kombination mit einem Watchdog verwendet werden. SBD kann entweder mit gemeinsam genutztem Speicher oder im festplattenlosen Modus verwendet werden.

Die in diesem Handbuch beschriebene Minimaleinrichtung verwendet einen Software-Watchdog und festplattenloses SBD, sodass keine zusätzliche Hardware erforderlich ist. Ersetzen Sie den Software-Watchdog durch einen Hardware-Watchdog, bevor Sie diesen Cluster in einer Produktionsumgebung verwenden.

## 3.2 Software-Anforderungen

#### Betriebssystem

Auf allen Knoten muss SUSE Linux Enterprise Server installiert und registriert sein.

#### High Availability-Erweiterung

Für die SUSE Linux Enterprise High Availability-Erweiterung ist ein zusätzlicher Registrierungscode erforderlich.

Diese Erweiterung kann während der SLES-Installation aktiviert werden. Sie können sie später auf einem ausgeführten System aktivieren. In diesem Handbuch wird erläutert, wie Sie die Erweiterung auf einem ausgeführten System aktivieren und registrieren.

## 3.3 Netzwerkanforderungen

#### Zeitsynchronisierung

Alle Systeme müssen mit einem NTP-Server außerhalb des Clusters synchronisiert werden. SUSE Linux Enterprise Server verwendet `chrony` für NTP. Wenn Sie den Cluster initialisieren, werden Sie gewarnt, falls `chrony` nicht ausgeführt wird.

Selbst wenn die Knoten synchronisiert sind, können Protokolldateien und Clusterberichte schwer zu analysieren sein, falls für die Knoten unterschiedliche Zeitzonen konfiguriert wurden.

**Hostname und IP-Adresse**

Alle Clusterknoten müssen in der Lage sein, sich anhand des Namens gegenseitig zu finden. Verwenden Sie die folgenden Methoden für eine zuverlässige Namensauflösung:

- Verwenden Sie statische IP-Adressen.
- Listen Sie alle Knoten in der Datei `/etc/hosts` mit ihrer IP-Adresse, ihrem FQDN und ihrem kurzen Hostnamen auf.

Es wird nur die primäre IP-Adresse auf jeder NIC unterstützt.

**SSH**

Alle Clusterknoten müssen in der Lage sein, über SSH aufeinander zuzugreifen. Bestimmte Clustervorgänge erfordern auch eine SSH-Authentifizierung ohne Passwort. Bei der Initialisierung des Clusters prüft das Einrichtungsskript, ob SSH-Schlüssel vorhanden sind, und generiert sie, falls sie nicht vorhanden sind.

### Wichtig: `root`-SSH-Zugriff in SUSE Linux Enterprise 16

In SUSE Linux Enterprise 16 ist die `root`-SSH-Anmeldung mit Passwort standardmäßig deaktiviert.

Erstellen Sie auf jedem Knoten entweder einen Benutzer mit **`sudo`**-Rechten oder richten Sie eine SSH-Authentifizierung ohne Passwort für den `root`-Benutzer ein, bevor Sie den Cluster initialisieren.

Wenn Sie den Cluster mit einem **`sudo`**-Benutzer initialisieren, erfordern bestimmte `crmsh`-Befehle auch ein **`sudo`**-Recht ohne Passwort.

# 4 Aktivieren der High Availability-Erweiterung

In diesem Verfahren wird erläutert, wie Sie SUSE Linux Enterprise High Availability auf einem vorhandenen SUSE Linux Enterprise Server installieren. Sie können dieses Verfahren überspringen, wenn Sie die High Availability-Erweiterung und die Pakete bereits während der SLES-Installation mit Agama installiert haben.

ANFORDERUNGEN

- SUSE Linux Enterprise Server ist installiert und beim SUSE Customer Center registriert.
- Sie verfügen über einen zusätzlichen Registrierungscode für SUSE Linux Enterprise High Availability.

Führen Sie dieses Verfahren auf allen Rechnern aus, die Sie als Clusterknoten verwenden möchten:

1. Melden Sie sich entweder als `root`-Benutzer oder als Benutzer mit **`sudo`**-Rechten an.
2. Überprüfen Sie, ob die High Availability-Erweiterung bereits aktiviert ist:

   ```
   > sudo SUSEConnect --list-extensions
   ```

3. Überprüfen Sie, ob die High Availability-Pakete bereits installiert sind:

   ```
   > zypper search ha_sles
   ```

4. Aktivieren der SUSE Linux Enterprise High Availability-Erweiterung:

   ```
   > sudo SUSEConnect -p sle-ha/16.0/x86_64 -r HA_REGCODE
   ```

5. Installieren der High Availability-Pakete:

   ```
   > sudo zypper install -t pattern ha_sles
   ```

# 5 Einrichtung des ersten Knotens

SUSE Linux Enterprise High Availability enthält Einrichtungsskripte, die die Installation eines Clusters vereinfachen. Um den Cluster auf dem ersten Knoten einzurichten, verwenden Sie das Skript **`crm cluster init`**.

## 5.1 Übersicht über das **`crm cluster init`**-Skript

Der Befehl **`crm cluster init`** startet ein Skript, das die grundlegenden Parameter definiert, die für die Clusterkommunikation erforderlich sind, was zu einem ausgeführten Cluster mit einem Knoten führt.

Das Skript prüft und konfiguriert die folgenden Komponenten:

**NTP**

Prüft, ob `chrony` zum Starten beim Booten konfiguriert ist. Wenn das nicht der Fall ist, wird eine Meldung angezeigt.

**SSH**

Erkennt SSH-Schlüssel für die Anmeldung ohne Passwort zwischen Clusterknoten.

**Firewall**

Öffnet die Ports in der Firewall, die für die Clusterkommunikation benötigt werden.

**Csync2**

Konfiguriert Csync2 für die Replikation der Konfigurationsdateien auf allen Knoten in einem Cluster.

**Corosync**

Konfiguriert das Clusterkommunikationssystem.

**SBD/Watchdog**

Prüft, ob ein Watchdog vorhanden ist, und fragt, ob SBD als Knoten-Fencing-Mechanismus konfiguriert werden soll.

**Clusterverwaltung mit Hawk**

Aktiviert den Hawk-Dienst und zeigt die URL für die Hawk-Weboberfläche an.

**Virtual Floating IP**

Fragt, ob eine virtuelle IP-Adresse für die Hawk-Weboberfläche konfiguriert werden soll.

**QDevice/QNetd**

Fragt, ob QDevice und QNetd zur Teilnahme an Quorum-Entscheidungen konfiguriert werden sollen. Dies wird für Cluster mit einer geraden Anzahl von Knoten und insbesondere für Cluster mit zwei Knoten empfohlen.

## Anmerkung: Pacemaker-Standardeinstellungen

Die vom **`crm cluster init`**-Skript festgelegten Optionen sind möglicherweise nicht mit den Standardeinstellungen von Pacemaker identisch. In `/var/log/crmsh/crmsh.log` können Sie überprüfen, welche Einstellungen das Skript geändert hat. Sämtliche Optionen, die während des Bootstrap-Prozesses festgelegt wurden, können später mit `crmsh` geändert werden.

### Anmerkung: Clusterkonfiguration für verschiedene Plattformen

Das **`crm cluster init`**-Skript erkennt die Systemumgebung (z. B. Microsoft Azure) und passt bestimmte Clustereinstellungen basierend auf dem Profil für diese Umgebung an. Weitere Informationen finden Sie in der Datei `/etc/crm/profiles.yml`.

## 5.2 Initialisieren des Clusters auf dem ersten Knoten

Um den Cluster auf dem ersten Knoten einzurichten, verwenden Sie das **`crm cluster init`**-Skript. Das Skript fordert Sie zur Eingabe grundlegender Informationen zum Cluster auf und konfiguriert die erforderlichen Einstellungen und Dienste. Führen Sie für weitere Informationen den Befehl **`crm cluster init --help`** aus.

ANFORDERUNGEN

- SUSE Linux Enterprise High Availability ist installiert und auf dem aktuellen Stand.
- Alle Knoten verfügen über mindestens zwei Netzwerkschnittstellen oder einen Netzwerk-Bond mit statischen IP-Adressen, die in der Datei `/etc/hosts` zusammen mit dem FQDN und dem kurzen Hostnamen des jeweiligen Knotens aufgeführt sind.

Führen Sie dieses Verfahren nur auf einem Knoten aus:

1. Melden Sie sich beim ersten Knoten entweder als `root`-Benutzer oder als Benutzer mit **`sudo`**-Rechten an.
2. Starten Sie das **`crm cluster init`**-Skript:

   ```
   > sudo crm cluster init
   ```

   Das Skript prüft, ob `chrony` ausgeführt wird, öffnet die erforderlichen Firewall-Ports, konfiguriert Csync2 und sucht nach SSH-Schlüsseln. Wenn keine SSH-Schlüssel vorhanden sind, generiert das Skript sie.
3. Konfigurieren Sie Corosync für die Clusterkommunikation:

   a. Geben Sie eine IP-Adresse für den ersten Kommunikationskanal ein (`ring0`). Standardmäßig schlägt das Skript die Adresse der ersten verfügbaren Netzwerkschnittstelle vor. Dabei kann es sich um eine einzelne Schnittstelle oder um ein Bond-Gerät handeln. Akzeptieren Sie diese Adresse oder geben Sie eine andere ein.

b. Wenn das Skript mehrere Netzwerkschnittstellen erkennt, fragt es, ob Sie einen zweiten Kommunikationskanal konfigurieren möchten (`ring1`). Wenn Sie den ersten Kanal mit einem Bond-Gerät konfiguriert haben, können Sie mit `n` ablehnen. Wenn Sie einen zweiten Kanal konfigurieren müssen, bestätigen Sie mit `y` und geben Sie die IP-Adresse einer anderen Netzwerkschnittstelle ein. Die beiden Schnittstellen müssen sich in unterschiedlichen Teilnetzen befinden.

Das Skript konfiguriert die Standard-Firewall-Ports für die Corosync-Kommunikation.

4. Wählen Sie aus, ob Sie SBD als Knoten-Fencing-Mechanismus einrichten möchten:

   a. Bestätigen Sie mit `y`, dass Sie SBD verwenden möchten.

   b. Wenn Sie nach einem Pfad zu einem Blockgerät gefragt werden, geben Sie `none` ein, um festplattenloses SBD zu konfigurieren.

   Das Skript konfiguriert SBD, einschließlich der entsprechenden Zeitüberschreitungseinstellungen. Im Gegensatz zu plattenbasiertem SBD benötigt festplattenloses SBD keine STONITH-Clusterressource.
   Wenn kein Hardware-Watchdog verfügbar ist, konfiguriert das Skript den Software-Watchdog `softdog`.

5. Konfigurieren Sie eine virtuelle IP-Adresse für die Clusterverwaltung mit der Hawk-Weboberfläche:

   a. Bestätigen Sie mit `y`, dass Sie eine virtuelle IP-Adresse konfigurieren möchten.

   b. Geben Sie eine nicht verwendete IP-Adresse ein, die als Verwaltungs-IP für Hawk verwendet werden soll.

   Sie können auch eine Verbindung mit der virtuellen IP-Adresse herstellen, statt sich an einem einzelnen Clusterknoten bei Hawk anzumelden.

6. Wählen Sie aus, ob QDevice und QNetd konfiguriert werden soll:
   Lehnen Sie die in diesem Dokument beschriebene Minimaleinrichtung mit `n` ab.

Das Skript startet den Clusterdienst, um den Cluster online zu schalten und Hawk zu aktivieren. Die URL, die für Hawk verwendet werden muss, wird auf dem Bildschirm angezeigt. Sie können den Status des Clusters auch mit dem Befehl **`crm status`** überprüfen.

### Wichtig: Sicheres Passwort für `hacluster`

Das **`crm cluster init`**-Skript erstellt einen Standard-Clusterbenutzer und ein Standardpasswort. Ersetzen Sie das Standardpasswort möglichst schnell durch ein sicheres Passwort:

```
> sudo passwd hacluster
```

# 6 Hinzufügen des zweiten und dritten Knotens

Fügen Sie dem Cluster mit dem **`crm cluster join`**-Skript weitere Knoten hinzu. Das Skript benötigt lediglich Zugriff auf einen vorhandenen Clusterknoten. Es führt die grundlegende Einrichtung auf dem aktuellen Rechner automatisch durch. Führen Sie für weitere Informationen den Befehl **`crm cluster join --help`** aus.

ANFORDERUNGEN

- SUSE Linux Enterprise High Availability ist installiert und auf dem aktuellen Stand.
- Ein bestehender Cluster wird bereits auf mindestens einem Knoten ausgeführt.
- Alle Knoten verfügen über mindestens zwei Netzwerkschnittstellen oder einen Netzwerk-Bond mit statischen IP-Adressen, die in der Datei `/etc/hosts` zusammen mit dem FQDN und dem kurzen Hostnamen des jeweiligen Knotens aufgeführt sind.
- *Wenn Sie sich als* **`sudo`**-*Benutzer anmelden:* Auf allen Knoten muss derselbe Benutzer vorhanden sein. Dieser Benutzer muss über das **`sudo`**-Recht ohne Passwort verfügen.
- *Wenn Sie sich als* `root`-*Benutzer anmelden:* Die SSH-Authentifizierung ohne Passwort muss auf allen Knoten konfiguriert werden.

Führen Sie dieses Verfahren für jeden weiteren Knoten aus:

1. Melden Sie sich bei diesem Knoten als derselbe Benutzer an, mit dem Sie den ersten Knoten eingerichtet haben.

2. Starten Sie das **`crm cluster join`**-Skript:

   - Wenn Sie den ersten Knoten als `root`-Benutzer einrichten, können Sie das Skript ohne zusätzliche Parameter starten:

     ```
     # crm cluster join
     ```

   - Wenn Sie den ersten Knoten als **`sudo`**-Benutzer einrichten, geben Sie für diesen Benutzer die Option `-c` an:

     ```
     > sudo crm cluster join -c USER@NODE1
     ```

   Das Skript prüft, ob `chrony` ausgeführt wird, öffnet die erforderlichen Firewall-Ports und konfiguriert Csync2.

3. Wenn Sie für den ersten Knoten noch nicht die Option `-c` angegeben haben, werden Sie zur Eingabe der IP-Adresse oder des Hostnamens aufgefordert.

4. Wenn Sie die SSH-Authentifizierung ohne Passwort zwischen den Knoten nicht bereits konfiguriert haben, werden Sie aufgefordert, die Passwörter für jeden der vorhandenen Knoten einzugeben.

5. Konfigurieren Sie Corosync für die Clusterkommunikation:

   a. Das Skript schlägt eine IP-Adresse für `ring0` vor. Diese IP-Adresse muss sich in demselben Teilnetz befinden wie die IP-Adresse, die für `ring0` auf dem ersten Knoten verwendet wird. Ist dies nicht der Fall, geben Sie die richtige IP-Adresse ein.

   b. Wenn für den Cluster zwei Corosync-Kommunikationskanäle konfiguriert wurden, fordert das Skript Sie zur Eingabe einer IP-Adresse für `ring1` auf. Diese IP-Adresse muss sich in demselben Teilnetz befinden wie die IP-Adresse, die für `ring1` auf dem ersten Knoten verwendet wird.

Das Skript kopiert die Clusterkonfiguration des ersten Knotens, passt die Zeitüberschreitungseinstellungen an, damit der neue Knoten berücksichtigt wird, und schaltet den neuen Knoten online.

Sie können den Status des Clusters mit dem Befehl **`crm status`** überprüfen.

### Wichtig: Sicheres Passwort für `hacluster`

Das **`crm cluster join`**-Skript erstellt einen Standard-Clusterbenutzer und ein Standardpasswort. Ersetzen Sie das Standardpasswort auf jedem Knoten möglichst schnell durch ein sicheres Passwort:

```
> sudo passwd hacluster
```

# 7 Anmelden bei Hawk

Mit Hawk können Sie einen High Availability-Cluster über einen grafischen Webbrowser überwachen und verwalten. Sie können auch eine virtuelle IP-Adresse konfigurieren, über die Clients eine Verbindung mit Hawk herstellen können, und zwar unabhängig davon, auf welchem Knoten es ausgeführt wird.

ANFORDERUNGEN

- Der Client-Rechner muss eine Verbindung mit den Clusterknoten herstellen können.
- Der Client-Rechner muss über einen grafischen Webbrowser mit aktiviertem JavaScript und aktivierten Cookies verfügen.

Sie können dieses Verfahren auf jedem Rechner ausführen, der eine Verbindung mit den Clusterknoten herstellen kann:

1. Starten Sie einen Webbrowser und geben Sie folgende URL ein:

   ```
   https://HAWKSERVER:7630/
   ```

   Ersetzen Sie *`HAWKSERVER`* durch die IP-Adresse oder den Hostnamen eines Clusterknotens oder die virtuelle Hawk-IP-Adresse, wenn eine solche konfiguriert wurde.

### Anmerkung: Warnmeldung bezüglich des Zertifikats

Wenn bei Ihrem ersten Zugriff auf die URL eine Warnmeldung hinsichtlich des Zertifikats angezeigt wird, wird ein eigensigniertes Zertifikat verwendet. Bitten Sie den Clusteroperator um die Details des Zertifikats, damit Sie es überprüfen können. Falls Sie dennoch fortfahren möchten, können Sie im Browser eine Ausnahme hinzufügen und die Warnmeldung auf diese Weise umgehen.

2. Geben Sie auf dem Hawk-Anmeldebildschirm den *Benutzernamen* und das *Passwort* des `hacluster`-Benutzers ein.
3. Klicken Sie auf *Anmelden*. Die Hawk-Weboberfläche zeigt standardmäßig den Bildschirm *Status* an:

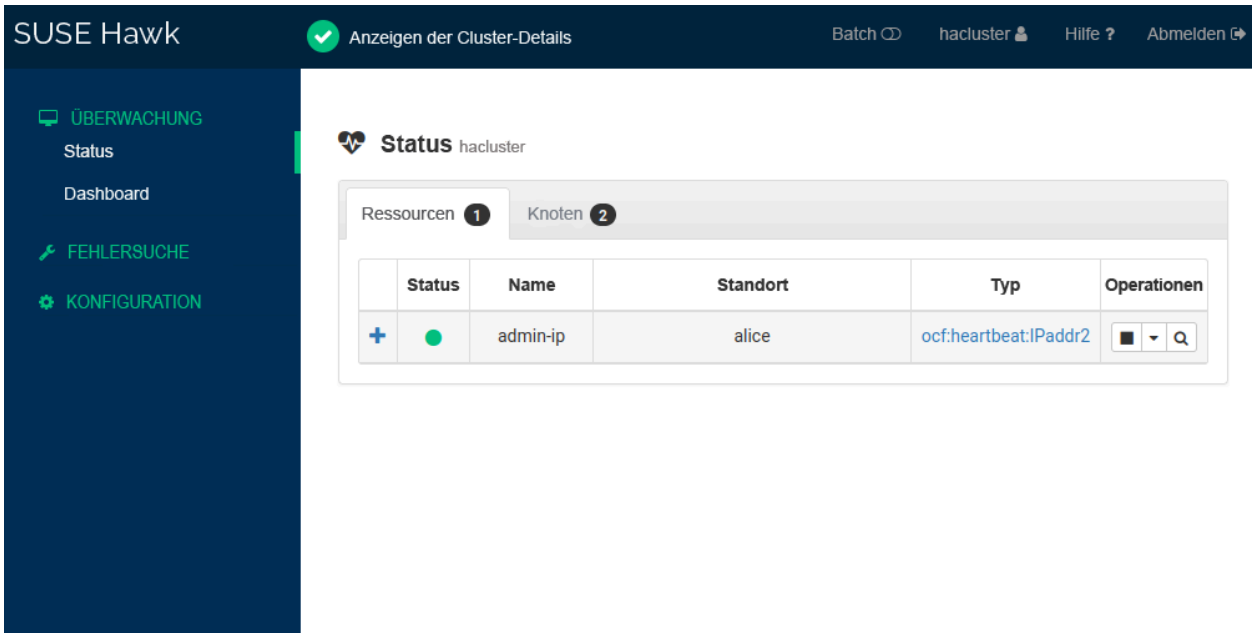


ABBILDUNG 1: DER HAWK-BILDSCHIRM „STATUS“

# 8 Testen des Clusters

Mit den folgenden Tests können Sie grundlegende Probleme bei der Einrichtung des Clusters feststellen. Realistische Tests beinhaltet jedoch spezifische Anwendungsfälle und Szenarien. Bevor Sie den Cluster in einer Produktionsumgebung einsetzen, müssen Sie ihn anhand Ihrer Anwendungsfälle gründlich testen.

## 8.1 Testen des Ressourcen-Failovers

Überprüfen Sie, ob der Cluster Ressourcen auf einen anderen Knoten verschiebt, wenn der aktuelle Knoten auf `standby` festgelegt ist. Dieses Verfahren verwendet Beispielknoten mit den Namen `alice` und `bob` sowie eine virtuelle IP-Ressource mit dem Namen `admin-ip` und der Beispiel-IP-Adresse `192.168.1.10`.

1. Öffnen Sie zwei Terminals.
2. Pingen Sie auf dem ersten Terminal die virtuelle IP-Adresse an:

```
> ping 192.168.1.10
```

3. Melden Sie sich auf dem zweiten Terminal bei einem der Clusterknoten an.
4. Überprüfen Sie, auf welchem Knoten die virtuelle IP-Adresse ausgeführt wird:

```
> sudo crm status
[..]
Node List:
  * Online: [ alice bob ]

Full List of Resources:
  * admin-ip  (ocf:heartbeat:IPaddr2):    Started alice
```

5. Versetzen Sie `alice` in den Standby-Modus:

```
> sudo crm node standby alice
```

6. Überprüfen Sie den Clusterstatus erneut. Die Ressource `admin-ip` sollte zu `bob` migriert sein:

```
> sudo crm status
[...]
Node List:
  * Node alice: standby
  * Online: [ bob ]

Full List of Resources:
  * admin-ip  (ocf:heartbeat:IPaddr2):    Started bob
```

7. Auf dem ersten Terminal sollte während der Migration ein ununterbrochener Fluss an Ping-Signalen an die virtuelle IP-Adresse zu beobachten sein. Dies zeigt, dass die Clustereinrichtung und die Floating-IP-Adresse ordnungsgemäß funktionieren.

8. Brechen Sie den Befehl **ping** mit Strg – C ab.
9. Schalten Sie auf dem zweiten Terminal alice wieder online:

```
> sudo crm node online alice
```

## 8.2 Testen von Clusterausfällen

Der Befehl **crm cluster crash_test** simuliert Clusterausfälle und meldet die Ergebnisse.

Das Kommando unterstützt folgende Prüfungen:

`--split-brain-iptables`
: Simuliert ein Split Brain-Szenario, indem es den Corosync-Port blockiert, und überprüft, ob ein Knoten wie erwartet umgrenzt werden kann. Sie müssen `iptables` installieren, bevor Sie diesen Test ausführen können.

`--kill-sbd`/`--kill-corosync`/ `--kill-pacemakerd`
: Beendet die Daemons für SBD, Corosync oder Pacemaker. Nachdem Sie einen dieser Tests ausgeführt haben, finden Sie einen Bericht im Verzeichnis `/var/lib/crmsh/crash_test/`. Der Bericht enthält eine Testfallbeschreibung, eine Vorgangsprotokollierung und eine Erläuterung möglicher Ergebnisse.

`--fence-node NODE`
: Umgrenzt einen spezifischen Knoten, der von der Kommandozeile aus weitergeleitet wurde.

Führen Sie für weitere Informationen den Befehl **crm cluster crash_test --help** aus.

Im folgenden Beispiel werden Knoten mit den Namen `alice` und `bob` verwendet und das Fencing von `bob` wird getestet. Um den Änderungsstatus für `bob` während des Tests zu beobachten, können Sie sich bei Hawk anmelden und zu *Status* › *Knoten* navigieren.

BEISPIEL 1: TESTEN DES CLUSTERS: KNOTEN-FENCING

```
> sudo crm status
[...]
Node List:
  * Online: [ alice bob ]

Active Resources:
  * admin-ip     (ocf:heartbeat:IPaddr2):    Started alice
```

```
> sudo crm cluster crash_test --fence-node bob

==============================================
Testcase:          Fence node bob
Fence action:      reboot
Fence timeout:     95

!!! WARNING WARNING WARNING !!!
THIS CASE MAY LEAD TO NODE BE FENCED.
TYPE Yes TO CONTINUE, OTHER INPUTS WILL CANCEL THIS CASE [Yes/No](No): Yes
INFO: Trying to fence node "bob"
INFO: Waiting 71s for node "bob" reboot...
INFO: Node "bob" will be fenced by "alice"!
INFO: Node "bob" was successfully fenced by "alice"
```

# 9 Nächste Schritte

Dieses Handbuch beschreibt einen einfachen High Availability-Cluster, der zu Testzwecken verwendet werden kann. Um diesen Cluster für die Verwendung in Produktionsumgebungen zu erweitern, werden weitere Schritte empfohlen:

**Hinzufügen weiterer Knoten**

Fügen Sie dem Cluster mit dem **`crm cluster join`**-Skript weitere Knoten hinzu.

**Aktivieren eines Hardware-Watchdog**

Ersetzen Sie `softdog` durch einen Hardware-Watchdog, bevor Sie den Cluster in einer Produktionsumgebung verwenden.

**Hinzufügen weiterer STONITH-Geräte**

Für kritische Workloads werden dringend zwei oder drei STONITH-Geräte empfohlen, wobei entweder physische STONITH-Geräte oder festplattenbasiertes SBD verwendet werden.

**Konfigurieren von QDevice**

QDevice und QNetd sind an Quorum-Entscheidungen beteiligt. Mithilfe des Vermittlers QNetd bietet QDevice eine konfigurierbare Anzahl an Stimmen. Dadurch können Cluster mehr Knotenausfälle verkraften, als es die Standard-Quorum-Regeln zulassen. Wir empfehlen die Bereitstellung von QDevice und QNetd in Clustern mit einer geraden Anzahl von Knoten und insbesondere in Clustern mit zwei Knoten.

# 10 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 in 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 GNU Free Documentation License

Copyright (C) 2000, 2001, 2002 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA. Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

### 0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or non-commercially. Secondarily, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

## 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input

to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

## 2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or non-commercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

## 3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

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 computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. 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. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.

B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.

C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.

D. Preserve all the copyright notices of the Document.

E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.

F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.

G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.

H. Include an unaltered copy of this License.

I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.

J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.

K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.

L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.

M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.

N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.

O. Preserve any Warranty Disclaimers.

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, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

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, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which 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 half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket 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, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

## 9. TERMINATION

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

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See 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

```
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”.
```

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the “with…Texts.” line with this:

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

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

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.

# Hochverfügbarkeit – Glossar

**aktiv/aktiv, aktiv/passiv**

Wie die Ressourcen auf den Knoten ausgeführt werden. „Aktiv/Passiv“ bedeutet, dass die Ressourcen nur auf dem aktiven Knoten ausgeführt werden, aber auf den passiven Knoten verschoben werden können, wenn der aktive Knoten ausfällt. „Aktiv/Aktiv“ bedeutet, dass alle Knoten gleichzeitig aktiv sind und Ressourcen auf jedem Knoten des Clusters ausgeführt werden (und dorthin verschoben werden) können.

### Auslastung

Teilt dem CRM mit, welche Kapazität eine bestimmte *Ressource* von einem Knoten benötigt.

### Bestehender Cluster

Der Begriff *Bestehender Cluster* bezieht sich auf jeden Cluster, der aus mindestens einem Knoten besteht. Ein bestehender Cluster verfügt über eine grundlegende *Corosync*-Konfiguration, die die Kommunikationskanäle definiert, jedoch noch nicht unbedingt über eine Ressourcenkonfiguration.

### Cluster

Ein *Hochverfügbarkeits*-Cluster ist eine Gruppe von Servern (physisch oder virtuell), die in erster Linie dazu dient, die höchstmögliche Verfügbarkeit von Daten und Anwendungsdiensten sicherzustellen. Er ist nicht zu verwechseln mit einem *Hochleistungs*-Cluster, der die Anwendungslast teilt, um schnellere Ergebnisse zu erzielen.

### Cluster-Informationsdatenbank (CIB, Cluster Information Base):

Eine XML-Darstellung der gesamten Clusterkonfiguration und des Clusterstatus (Clusteroptionen, -knoten, -ressourcen, -einschränkungen und die Beziehungen zueinander). Der CIB-Manager (`pacemaker-based`) sorgt dafür, dass die CIB im gesamten Cluster synchron bleibt, und verarbeitet Änderungsanfragen.

### Cluster-Logical Volume Manager (Cluster-LVM)

Der Begriff *Cluster-LVM* gibt an, dass der LVM in einer Clusterumgebung verwendet wird. Dies erfordert Konfigurationsanpassungen zum Schutz der LVM-Metadaten in einem gemeinsam genutzten Speicher.

### Cluster-Ressourcenmanager (CRM)

Die Verwaltungseinheit, die für die Koordinierung aller nicht lokalen Interaktionen in einem High Availability-Cluster zuständig ist. SUSE Linux Enterprise High Availability verwendet *Pacemaker* als CRM. Es interagiert mit verschiedenen Komponenten: lokalen Executors auf ihrem eigenen Knoten und auf den anderen Knoten, nicht lokalen CRMs, administrativen Befehlen, der Fencing-Funktion und der Mitgliedschaftsschicht.

### Clusterpartition

Eine Clusterpartition entsteht, wenn die Kommunikation zwischen einem oder mehreren Knoten und dem Rest des Clusters ausfällt. Die Knoten werden in Partitionen aufgeteilt, sind aber weiterhin aktiv. Sie können nur mit Knoten in derselben Partition kommunizieren und erkennen die anderen Knoten nicht. Dies wird als *Split Brain*-Szenario bezeichnet.

### Clusterstapel

Die Gesamtheit der Softwaretechnologien und -komponenten, aus denen ein Cluster besteht.

### Corosync

Corosync bietet zuverlässige Messaging-, Mitgliedschafts- und Quorum-Informationen zum Cluster. Dies wird von der Corosync Cluster Engine, einem Gruppenkommunikationssystem, übernommen.

### `crmsh` (CRM-Shell)

Das Befehlszeilen-Dienstprogramm `crmsh` verwaltet den Cluster, die Knoten und die Ressourcen.

### Csync2

Ein Synchronisierungswerkzeug zur Replikation von Konfigurationsdateien auf allen Knoten im Cluster.

### Designierter Koordinator (DC, Designated Coordinator)

Der Daemon `pacemaker-controld` ist der Cluster-Controller, der alle Aktionen koordiniert. Dieser Daemon verfügt über eine Instanz auf jedem Clusterknoten, aber nur eine Instanz wird als designierter Koordinator gewählt. Der designierte Koordinator wird gewählt, wenn die Clusterdienste starten oder wenn der aktuelle designierte Koordinator ausfällt oder den Cluster verlässt. Der designierte Koordinator entscheidet, ob eine clusterweite Änderung vorgenommen werden muss, z. B. das Fencing eines Knotens oder das Verschieben von Ressourcen.

### Disaster

Eine unerwartete Unterbrechung der kritischen Infrastruktur, die durch Natur, Menschen, Hardwarefehler oder Softwarefehler verursacht wird.

### Distributed Lock Manager (DLM)

Distributed Lock Manager (DLM) koordiniert die Zugriffe auf gemeinsam genutzte Ressourcen in einem Cluster, z. B. durch die Verwaltung von Dateisperren in geclusterten Dateisystemen, um die Leistung und Verfügbarkeit zu verbessern.

### DRBD

DRBD® ist ein Blockgerät zum Erstellen von High Availability-Clustern. Es repliziert Daten auf einem primären Gerät auf sekundäre Geräte in einer Art und Weise, mit der sichergestellt wird, dass alle Kopien der Daten identisch bleiben.

### Failover

Tritt auf, wenn eine Ressource oder ein Knoten auf einem Rechner ausfällt und die betroffenen Ressourcen auf einen anderen Knoten verschoben werden.

### Failover-Domäne

Eine benannte Teilmenge von Clusterknoten, die zur Ausführung einer Ressource berechtigt sind, wenn ein Knoten ausfällt.

### Fehlerbehebung

Der Prozess, durch den eine Funktion nach einem Notfall wieder auf den normalen, stabilen Zustand zurückgesetzt wird.

### Fehlerbehebungsplan

Eine Strategie zur Wiederherstellung nach einem Notfall mit möglichst geringen Auswirkungen auf die IT-Infrastruktur.

### Fencing

Verhindert den Zugriff auf eine gemeinsam genutzte Ressource durch isolierte oder ausgefallene Clustermitglieder. Es gibt zwei Arten von Fencing: Fencing auf *Ressourcenebene* und Fencing auf *Knotenebene*. Beim Fencing auf Ressourcenebene wird der exklusive Zugriff auf eine Ressource sichergestellt. Beim Fencing auf Knotenebene wird verhindert, dass ein ausgefallener Knoten auf gemeinsam genutzte Ressourcen zugreift und dass Ressourcen auf einem Knoten mit unsicherem Status ausgeführt werden. Dies geschieht in der Regel durch Zurücksetzen oder Ausschalten des Knotens.

### GFS2

Global File System 2 (GFS2) ist ein gemeinsam genutztes Festplattendateisystem für Linux-Computer-Cluster. GFS2 ermöglicht allen Knoten den direkten und gleichzeitigen Zugriff auf denselben gemeinsam genutzten Blockspeicher. GFS2 hat keinen getrennten Betriebsmodus und keine Client- oder Serverrollen. Alle Knoten in einem GFS2-Cluster fungieren als Peers. GFS2 unterstützt bis zu 32 Clusterknoten. Für die Verwendung von GFS2 in einem Cluster muss die Hardware den Zugriff auf den gemeinsam genutzten Speicher zulassen und es ist ein Lock Manager erforderlich, um den Zugriff auf den Speicher zu steuern.

### Gleichzeitigkeitsverletzung

Eine Ressource, die eigentlich nur auf einem Knoten des Clusters ausgeführt werden sollte, wird auf mehreren Knoten ausgeführt.

### Gruppe

Ressourcengruppen enthalten mehrere Ressourcen, die sich an einem gemeinsamen Ort befinden, nacheinander gestartet und in umgekehrter Reihenfolge angehalten werden müssen.

### Hawk (HA-Webkonsole)

Eine benutzerfreundliche webbasierte Oberfläche zum Überwachen und Verwalten eines High Availability-Clusters von Linux- oder Nicht-Linux-Rechnern aus. Auf Hawk kann von jedem Rechner aus, der eine Verbindung mit den Clusterknoten herstellen kann, über einen grafischen Webbrowser zugegriffen werden.

### Heuristik

*QDevice* unterstützt die Verwendung einer Reihe von Befehlen (*Heuristiken*), die lokal beim Start von Clusterdiensten, bei einer Änderung der Clustermitgliedschaft, bei einer erfolgreichen Verbindung mit dem *QNetd*-Server oder optional zu regelmäßigen Zeiten ausgeführt werden. Das Ergebnis wird in Berechnungen verwendet, um zu bestimmen, welche Partition über *Quorum* verfügen sollte.

### Hochstufbarer Klon

Hochstufbare Klone sind eine besondere Art von *Klon*-Ressourcen, die hochgestuft werden können. Aktive Instanzen dieser Ressourcen werden in zwei Status unterteilt: hochgestuft und nicht hochgestuft (auch bekannt als „aktiv und passiv“ oder „primär und sekundär“).

### Klon

Ein *Klon* ist eine identische Kopie eines vorhandenen Knotens, um die Bereitstellung mehrerer Knoten zu vereinfachen.

Im Kontext einer Cluster-*Ressource* ist ein Klon eine Ressource, die auf mehreren Knoten aktiv sein kann. Jede Ressource kann geklont werden, wenn ihr Ressourcenagent dies unterstützt.

### knet (Kronosnet)

Eine Netzabstraktionsschicht, die Redundanz, Sicherheit, Fehlertoleranz und schnelles Failover bei Netzverbindungen unterstützt. In SUSE Linux Enterprise High Availability 16 ist *knet* das Standard-Transportprotokoll für die *Corosync*-Kommunikationskanäle.

### Knoten

Jeder Server (physisch oder virtuell), der Mitglied eines Clusters ist.

### Koexistenzeinschränkung

Eine Art *Ressourcenbeschränkung*, die angibt, welche Ressourcen auf einem Knoten zusammen ausgeführt werden können und welche nicht.

### Lokaler Cluster

Ein einzelner Cluster an einem Standort (z. B. alle Knoten befinden sich in einem Rechenzentrum). Die Netzwerklatenz ist minimal. Auf den Speicher wird in der Regel von allen Knoten synchron zugegriffen.

### Lokaler Executor

Der lokale Executor befindet sich zwischen *Pacemaker* und den Ressourcen auf jedem Knoten. Über den Daemon `pacemaker-execd` kann Pacemaker Ressourcen starten, anhalten und überwachen.

### Meta-Attribute (Ressourcenoptionen)

Parameter, die dem *Cluster-Ressourcenmanager (CRM)* mitteilen, wie eine bestimmte *Ressource* zu behandeln ist. Sie können zum Beispiel die Priorität oder die Zielrolle einer Ressource definieren.

### Metro-Cluster

Ein einzelner Cluster, der sich über mehrere Gebäude oder Rechenzentren erstrecken kann, wobei alle Standorte über Fibre Channel verbunden sind. Die Netzwerklatenz ist in der Regel gering. Der Speicher wird häufig durch Spiegelung oder synchrone Reproduktion reproduziert.

### Netzwerkgeräte-Bonding (bevorzugt)

Beim Netzwerkgeräte-Bonding werden zwei oder mehr Netzwerkschnittstellen in einem einzigen Bond-Gerät kombiniert, um die Bandbreite zu erhöhen und/oder Redundanz bereitzustellen. Bei Verwendung von *Corosync* wird das Bond-Gerät nicht von der Clustersoftware verwaltet. Daher muss das Bond-Gerät auf jedem Clusterknoten konfiguriert werden, der möglicherweise darauf zugreifen muss.

### Pacemaker

Pacemaker ist der *Cluster-Ressourcenmanager (CRM)* in SUSE Linux Enterprise High Availability, also das „Gehirn“, das auf Ereignisse im Cluster reagiert. Ereignisse können Knoten sein, die dem Cluster beitreten oder ihn verlassen, der Ausfall von Ressourcen oder geplante Aktivitäten wie Wartungen. Der Daemon `pacemakerd` startet und überwacht alle anderen zugehörigen Daemons.

### Parameter (Instanzattribute)

Die Parameter bestimmen, welche Instanz eines Diensts die *Ressource* steuert.

### Primitiv

Eine primitive Ressource ist der einfachste Typ einer Clusterressource.

### QDevice

QDevice und *QNetd* beteiligen sich an *Quorum*-Entscheidungen. Der Daemon `corosync-qdevice` wird auf jedem Clusterknoten ausgeführt und kommuniziert mit QNetd, um eine konfigurierbare Anzahl an Stimmen bereitzustellen, sodass ein Cluster mehr Knotenausfälle bewältigen kann, als die Standard-Quorum-Regeln erlauben.

### QNetd

QNetd ist ein *Vermittler*, der außerhalb des Clusters ausgeführt wird. Der Daemon `corosync-qnetd` stellt dem Daemon `corosync-qdevice` auf jedem Knoten eine Stimme bereit, damit dieser sich an Quorum-Entscheidungen beteiligen kann.

### Quorum

Eine *Clusterpartition* ist als Quorum (*quorumfähig*) definiert, wenn sie über die Mehrheit der Knoten (oder „Stimmen“) verfügt. Das Quorum steht genau für eine Partition. Dies ist Teil des Algorithmus, um zu verhindern, dass mehrere nicht verbundene Partitionen oder Knoten („Split Brain“) fortgesetzt werden und Daten- sowie Dienstbeschädigungen verursachen. Das Quorum ist eine Voraussetzung für das Fencing, das wiederum sicherstellt, dass das Quorum eindeutig ist.

### ReaR (Relax and Recover)

Ein Administrator-Werkzeugsatz zum Erstellen von *Fehlerbehebung*-Images.

### Reihenfolgeneinschränkung

Eine Art *Ressourcenbeschränkung*, die die Reihenfolge der Aktionen definiert.

### Ressource

Jede Art von Dienst oder Anwendung, die *Pacemaker* bekannt ist, z. B. eine IP-Adresse, ein Dateisystem oder eine Datenbank. Der Begriff *Ressource* wird auch für *DRBD* verwendet, wo er eine Gruppe aus Blockgeräten bezeichnet, die eine gemeinsame Verbindung für die Reproduktion nutzen.

### Ressourcenagent (RA)

Ein Skript, das als Proxy für die Verwaltung einer *Ressource* fungiert (z. B. zum Starten, Anhalten oder Überwachen einer Ressource). SUSE Linux Enterprise High Availability unterstützt verschiedene Arten von Ressourcenagenten.

### Ressourcenbeschränkung

Ressourcenbeschränkungen geben an, auf welchen Clusterknotenressourcen ausgeführt werden können, in welcher Reihenfolge Ressourcen geladen werden und von welchen anderen Ressourcen eine bestimmte Ressource abhängig ist.

Weitere Informationen finden Sie unter *Koexistenzeinschränkung*, *Standorteinschränkung* und *Reihenfolgeneinschränkung*.

### Ressourcensatz

Als alternatives Format zum Definieren von Standort-, Koexistenz- oder Reihenfolgeneinschränkungen können Sie *Ressourcensätze* verwenden, in denen primitive Ressourcen in einem Satz gruppiert sind. Beim Erstellen einer Einschränkung können Sie mehrere Ressourcen angeben, für die die Einschränkung gelten soll.

### Ressourcenvorlage

Um die Erstellung vieler Ressourcen mit ähnlichen Konfigurationen zu erleichtern, können Sie eine Ressourcenvorlage definieren. Nach dem Definieren kann in primitiven Ressourcen oder in bestimmten Arten von Einschränkungen auf sie verweisen werden. Wenn in einer primitiven Ressourcen auf eine Vorlage verwiesen wird, erbt die primitive Ressource alle in der Vorlage definierten Vorgänge, Instanzattribute (Parameter), Meta-Attribute und Nutzungsattribute.

### SBD (STONITH Block Device)

SBD bietet einen *Fencing*-Mechanismus für Knoten durch den Austausch von Nachrichten über einen gemeinsam genutzten Blockspeicher. Alternativ kann es auch im festplattenlosen Modus verwendet werden. In jedem Fall ist auf jedem Knoten ein Hardware- oder Software-*Watchdog* erforderlich, um sicherzustellen, dass problembehaftete Knoten wirklich angehalten werden.

### Scheduler

Der Scheduler ist als `pacemaker-schedulerd` implementiert. Wenn ein Clusterwechsel erforderlich ist, berechnet `pacemaker-schedulerd` den erwarteten nächsten Status des Clusters und bestimmt, welche Aktionen geplant werden müssen, um den nächsten Status zu erreichen.

### Split Brain

Ein Szenario, bei dem die Clusterknoten in zwei oder mehr Gruppen aufgeteilt sind, die sich gegenseitig nicht erkennen (entweder durch einen Software- oder Hardwarefehler). *STONITH* verhindert ein Split Brain-Szenario, das den gesamten Cluster beeinträchtigt. Dies ist auch als Szenario mit *partitioniertem Cluster* bekannt.

Der Begriff *Split Brain* wird auch in *DRBD* verwendet, bedeutet aber, dass die Knoten unterschiedliche Daten enthalten.

### SPOF (Single Point of Failure)

Eine beliebige Komponente eines Clusters, die bei einem Ausfall den Ausfall des gesamten Clusters auslöst.

### Standort

Im Kontext eines gesamten Clusters kann sich der *Standort* auf den physischen Standort der Knoten beziehen (z. B. könnten sich alle Knoten im selben Rechenzentrum befinden). Im Kontext einer *Standorteinschränkung* bezieht sich der *Standort* auf die Knoten, auf denen eine Ressource ausgeführt werden kann oder nicht.

### Standorteinschränkung

Eine Art *Ressourcenbeschränkung*, die die Knoten definiert, auf denen eine Ressource ausgeführt werden kann oder nicht.

### STONITH

Ein Akronym für *Shoot the other Node in the Head* (Schieß dem anderen Knoten in den Kopf). Es bezieht sich auf den *Fencing*-Mechanismus, der einen problembehafteten Knoten abschaltet, um zu verhindern, dass er Probleme in einem Cluster verursacht. In einem *Pacemaker*-Cluster wird STONITH vom Fencing-Subsystem `pacemaker-fenced` verwaltet.

### Umschaltung

Die geplante Verschiebung von Ressourcen auf andere Knoten in einem Cluster. Siehe auch *Failover*.

### Vermittler

Ein *Vermittler* ist ein Rechner, der außerhalb des Clusters ausgeführt wird und eine zusätzliche Instanz für Clusterberechnungen bereitstellt. Zum Beispiel bietet *QNetd* eine Stimme an, damit sich *QDevice* an *Quorum*-Entscheidungen beteiligen kann.

### Watchdog

Für *SBD (STONITH Block Device)* ist ein Watchdog erforderlich, um sicherzustellen, dass problembehaftete Knoten wirklich angehalten werden. SBD „füttert“ den Watchdog, indem es regelmäßig einen Dienstimpuls an ihn schreibt. Wenn SBD den Watchdog nicht mehr „füttert“, erzwingt die Hardware einen Neustart des Systems. Dies schützt vor Fehlern des SBD-Prozesses selbst, z. B. wenn er bei einem E/A-Fehler hängen bleibt.