

---

## Digitale Sprache - Vernetzung

Dieser Artikel beschreibt die Grundlagen der Vernetzung digitaler Systeme.

Er setzt allgemeines Verständnis der [Adressierung bei digitaler Sprache](#) voraus.

### Inhaltsverzeichnis

|  |   |
|--|---|
| 1 Grundidee der Repeatervernetzung ..... | 2 |
| 1.1 Volle Vermaschung .....              | 2 |
| 1.2 Zentralisierte Lösung .....          | 2 |
| 1.3 Vernetzte Server .....               | 2 |
| 1.4 Reale Lösungen .....                 | 3 |
| 2 Mehr als nur ein Verbund .....         | 3 |

## Grundidee der Repeatervernetzung

Jeder Repeater deckt nur ein bestimmtes Gebiet ab, möchte man dieses Gebiet erweitern oder unterschiedliche Gebiete erreichen, so ist eine Zusammenschaltung zwischen den Repeatern notwendig.

### Volle Vermaschung

Die einfachste Form der Zusammenschaltung ist die direkte Zusammenschaltung der Repeater. Doch erfordert dies eine Verbindung von jedem Repeater zu jedem Repeater. Das ist in digitaler Form grundsätzlich möglich, doch wird die Wartung schnell kompliziert, etwa wenn ein zusätzlicher Repeater hinzukommt. In diesem Fall muss der zusätzliche Repeater bei allen bisherigen Repeatern eingetragen werden. Aber auch die Steuerung wird schnell kompliziert, etwa, wenn an zwei Repeatern gleichzeitig empfangen wird - wie wird sichergestellt, dass alle Repeater im Verbund idente Aussendungen machen? Ein weiteres praktisches Problem: Der jeweils empfangende Repeater muss seine Sprachdaten an alle vermaschten Repeater senden, bei vielen beteiligten Repeatern entstehen dabei hohe Bandbreiten. Diese müssen bei jedem Repeater bereitgestellt werden.

### Zentralisierte Lösung

Alternativ dazu bietet es sich an, einen Server zu definieren mit dem alle Repeater verbunden sind. Auf allen Repeatern braucht lediglich ein Server eingetragen werden, der Server hat Überblick über die Situation auf allen Repeatern, stellt damit einheitliche Aussendungen sicher und eine Erweiterung bedarf nur der Konfiguration am neuen Repeater und einer zusätzlichen Eintragung am Server. Doch auch diese Lösung hat nicht nur Vorteile. Während bei einer vollen Vermaschung der Ausfall eines einzelnen Repeaters nur diesen betrifft, so hat ein Ausfall des Servers den Ausfall der gesamten Vernetzung zur Folge. Für hohe Betriebssicherheit ist damit Redundanz notwendig.

Mitunter kann auch diese Lösung ein Bandbreitenproblem bekommen, und zwar dann, wenn viele Repeater vernetzt werden. Zum Bandbreitenproblem kommt noch ein Latenzproblem. Auch wenn die Gesprächspartner benachbarte Repeater nutzen, wenn der Server in einem anderen Kontinent steht, dann verursacht die Übertragung zum Server merkliche Verzögerungen von mehreren 100ms.

### Vernetzte Server

Wenn kein Server nicht optimal ist, ein Server auch nicht, könnte eine Vernetzung von mehreren Server eine Lösung sein? Ja, aber. Durch mehrere regionale Server, welche ggf. auch gegenseitig redundant sind, kann sowohl die Latenz, wie auch die Bandbreite pro Server reduziert werden, wie auch die Ausfallssicherheit verbessert werden. Doch es entstehen auch Probleme welche schon bei der vollen Vermaschung auftraten. Wie wird sichergestellt, dass einheitlich gesendet

---

wird? Ist eine volle Vermaschung zwischen den Server möglich oder wäre es besser eine Routing mit Hierarchien oder mit Routingprotokollen zu konfigurieren. Letztlich entsteht ein komplexes System das nun wiederum aufgrund der Komplexität Probleme bereiten kann. Aber die Vernetzung von Servern hat einen anderen strategischen Vorteil: Nicht alle Beteiligten müssen sich auf genau eine Lösung einigen, es reicht aus, wenn die Schnittstellen zwischen den Netzen abgestimmt werden. Somit wird auch Innovation ermöglicht.

### **Reale Lösungen**

In der Amateurfunkpraxis wird eine serverlose Lösung wenn überhaupt, fast nur bei der direkten Verbindung von ganz wenigen Repeatern, meist zwei Repeatern verwendet. Eine regionale ServerLösung ist der Standardfall, von außen betrachtet handelt es sich dabei oft um eine Vernetzung von Servern. Doch diese Server werden meist nicht von einer einzelnen Gruppe kontrolliert, sondern unterschiedliche Betreiber von Servern einigen sich auf ein Mindestmaß um Interoperabilität zu gewährleisten.

### **Mehr als nur ein Verbund**

In der bisherigen Beschreibung wurde davon ausgegangen, dass eine Aussendung einer Funkamateurlin von allen anderen Amateur:innen des lokalen Repeaters gehört wird und auch auf allen zusammengeschalteten Repeatern weiterverbreitet wird. Eine solche Konfiguration hat den Vorteil, dass keinerlei Steuerung oder Konfiguration bei den Geräten notwendig ist. Alle Geräte senden an alle, alle Geräte empfangen alles.

TO BE CONTINUED