

# Entkopplungsfilter für PLC-Anwendungen

Autor(en): **Galli, Daniel / Kull, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **93 (2002)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-855382>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Entkopplungsfilter für PLC-Anwendungen

Die Nutzung des Niederspannungsnetzes zur Informationsübertragung ist eines der Themen, von dem niemand mit Sicherheit sagen kann, welche Bedeutung es in ein, zwei Jahren haben wird. Eine der Schwierigkeiten, mit der diese Technik zu kämpfen hat, liegt darin, dass sie benachbarte elektronische Systeme beeinflussen kann. Doch PLC-Systeme stören nicht nur, sie können selbst auch Störpfer sein. Eine der gängigen Techniken, Störungen zu minimieren, ist der Einsatz von Entkopplungsfiltern. Der vorliegende Beitrag beschreibt aus der Sicht des Filterherstellers, wo, zu welchem Zweck und wie man derartige Entkopplungsfilter einsetzt.

Power Line Communication ist eine Technologie zur Signal- und Datenübertragung über das bestehende Niederspannungsnetz. Die Signale werden mittels eines Hochfrequenzträgers zusammen mit der Netzspannung transportiert. Die Anwendungen reichen dabei von Gegen-

*Daniel Galli, Peter Kull*

sprechanlagen und einfachen Steuerungen bis zu In-House-Netzwerken und zum Internetzugang. Wie bei allen Daten Netzwerken spielen die Anforderungen an das Fehlverhalten und die Datensicherheit eine wichtige Rolle. Da es sich beim PLC-Übertragungsmedium um das ganz

gewöhnliche Stromnetz handelt, an das viele wenig definierte Anwender angeschlossen sind, muss mit Störungen in einem breiten Spannungs- und Frequenzbereich gerechnet werden. Aus dieser Gegebenheit lassen sich folgende Gründe für den Einsatz eines Entkopplungsfilters angeben:

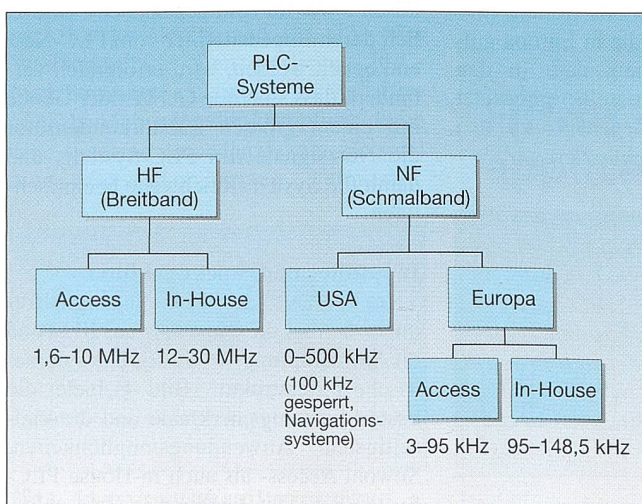
- Schutz vor Störungen und Fremdsignalen von aussen;
- Datensicherheit und Schutz vor Manipulationen;
- Schutz der Umgebung (Nachbarn) vor Elektromog;
- optimaler Leitungsabschluss und damit Erhöhung der Reichweite;
- perfekte Kopplung zwischen den drei Phasen.

Der Einsatz eines Filters bedeutet einen zusätzlichen Aufwand und ist deshalb nicht unbestritten. Es gibt Hersteller von PLC-Systemen, die behaupten, dass ihre Systeme auch ohne Filter angemessen funktionieren. Sie weisen darauf hin, dass die Störimpfindlichkeit der verwendeten Bausteine in der Regel klein sei, dass die Störfestigkeit dank Signalprozessortechnik (Digitalfilterung und raffinierte Kanalcodierung) hoch sei und dass Fehlschaltungen dank der gewählten Datenverschlüsselung vermieden werden könne. Ausserdem reduziere die natürliche Dämpfung der Stromkabel den Pegel der Störsignale ohnehin ausreichend.

Solche Aussagen mögen zwar im Ansatz stimmen, aber es wird dabei häufig übersehen, dass die Dichte von PLC-Systemen eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielt. Sobald in einem Mehrfamilienhaus jede Wohnung beziehungsweise in einer Wohnsiedlung alle Häuser mit einem PLC-System ausgerüstet sind, ist jedes einzelne System den Nutzdatensendungen der benachbarten Systeme ausgesetzt, welche vom betrachteten System als hohes Hintergrundrauschen wahrgenommen wird. Ein hoher Rauschpegel aber kann folgende Auswirkungen haben:

- massive Reduktion des Datendurchsatzes;
- Blockierung durch Fremdsysteme;
- kürzere Reichweiten;
- Verlust einzelner Steuerbefehle;
- Fehlschaltungen bei einfachen Systemen.

Diese Probleme sind nicht statisch, wie zum Beispiel eine Kabeldämpfung, sondern zufällig; sie nehmen tendenziell mit der steigenden Anzahl von PLC-Anwendern zu. Rauschursachen sind also auf der einen Seite PLC-Systeme selbst, was jedoch dadurch relativiert wird, dass in Europa vorgegebene Grenzwerte eingehalten werden müssen. Die europäische Norm EN 50065 definiert PLC-Arbeitsfrequenzbereiche und zulässige Signalpegel. Kritischer sind andere Störer, vor allem Schaltnetzteile, die in vielerlei Geräten zum Einsatz kommen, zum Beispiel in Halogenlampen, Batterie-Ladegeräten, Fernsehern, Energiesparlampen, Fluoreszenzleuchten oder Frequenzumformern. Diese Störer sind im PLC-Frequenzbereich keiner Normierung unterstellt und können daher jederzeit Störungen mit hohen Amplituden erzeugen, die



**Bild 1** Aufteilung der PLC-Systeme nach Frequenzen

Access-Bereich: zwischen der Trafostation und dem Hausanschluss; In-House-Bereich: im Haus; Niederfrequenzbereich (NF): 3 kHz bis 148,5 kHz; Hochfrequenzbereich (HF): 1,6 MHz bis 30 MHz

beim Test des PLC-Systems nicht vorhanden waren. Derartige Probleme können durch den präventiven Einsatz eines PLC-Entkopplungsfilters eliminiert werden.

### Leistungsmerkmale von Entkopplungsfiltern

In typischen PLC-Anwendungen werden Fremd- und Störsignale, die von aussen an den Haus- oder Wohnungsanschluss gelangen, bis zu 100 mal abgeschwächt (40 dB). Das eigene Signal gelangt nur marginal über die Systemgrenze (Hausanschluss) hinaus, wodurch der Datenschutz gewährleistet ist. Eine sehr gute Kopplung zwischen den einzelnen Phasen wird erzielt. Die Belastung und damit die Dämpfung des Nutzsignals durch das Netz oder andere Geräte wird vermieden. Eine Sabotage des Systems durch Dritte wird stark erschwert.

### Aufteilung von PLC-Systemen nach Anwendung und Frequenzbereich

Konzepte und Anwendungen für PLC-Systeme existieren bereits heute in verschiedenen Formen (Bild 1).

In Europa sind bereits Normen (Cenelec EN 50065) in Kraft, welche für den NF-Bereich die Frequenzen mit den entsprechend zulässigen Signalpegeln klar definieren. Für den HF-Bereich sind entsprechende Normen in Bearbeitung; es liegen zur Zeit Entwürfe vor. Trotzdem sind heute schon In-House-Geräte auf dem Markt, die in diesem HF-Bereich arbeiten.

### Anwendungsbeispiele für den HF- und NF-Bereich

#### HF-Breitband, Baudraten von 200 bis 10 000 kbit/s

Dieser Bereich kommt als Medium für folgende Anwendungen in Frage: Internet, Computernetzwerke, Anlagensteuerungen, Digital-TV, Radio, Telefon, Kassen- und bargeldlose Zahlungssysteme, Sicherheitssysteme inkl. Video.

#### NF-Schmalband, Baudraten bis 28 kbit/s (Polytrax 155 kbit/s)

Dieser Bereich kommt als Medium für folgende Anwendungen in Frage: Hausautomation (Beleuchtung, Klima, Garagentor, Sicherheitssysteme usw.), Automatisches Zählerstandablesen (AMR), Serviceleistungen des EVU (Smart House Service), Anlagensteuerungen, Ferndiagnose von Haus- und Haushaltgeräten, Gegensprechanlagen.

### Besondere Filteranforderungen für HF- und NF-Anwendungen

#### HF-PLC

Wenn der Access- und der In-House-Bereich mit unterschiedlichen Frequenzen arbeiten, sind grundsätzlich die folgenden zwei Systemtopologien zu berücksichtigen:

- Die Accessfrequenz wird durch einen Haus-Master am Hauseingang auf die In-House-Frequenz umgesetzt;
- Die Accessfrequenz soll ohne Beeinflussung an jeder In-House-Steckdose zur Verfügung stehen.

Entsprechend der Systemtopologie muss das Filter ausgelegt und am richtigen Platz installiert werden.

Wenn im Access- und im In-House-Bereich das ganze Frequenzband von 1 bis 30 MHz frei zur Verfügung steht, kommt der Vorteil eines Filters nur beim Einsatz eines Haus-Masters voll zum Tragen. Generell wird eine Filterdämpfung von 20 bis 40 dB symmetrisch und asymmetrisch angestrebt.

Da HF-PLC-Filter entsprechend den hohen Frequenzen nur kleine Induktivitätswerte benötigen, haben HF-PLC-Filter im Vergleich zu den unten besprochenen NF-PLC eher kleine Abmessungen. Dieser Bericht geht nicht detaillierter auf HF-PLC Filter ein, weil die Normgebung noch nicht beendet ist.

#### NF-PLC

Im NF-Bereich unterscheidet man grundsätzlich drei verschiedene Typen von PLC-Filtern (Bild 2).

Zudem sind bei Anwendungen in Europa und den USA unterschiedliche Sicherheitsvorschriften zu berücksichtigen:

In Europa ist eine Signalkopplung ausschliesslich zwischen den Phasen und dem Nullleiter zugelassen. Die Cenelec-Norm EN 50065 definiert die erlaubten PLC-Frequenzbereiche. Als weitere Einschränkung verlangen die in Europa gültigen Sicherheitsnormen, dass in den Nullleitern keine Drosseln eingesetzt werden dürfen, im Gegensatz zu den USA, wo dies häufig praktiziert wird.

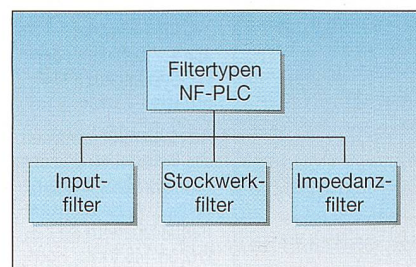


Bild 2 NF-PLC-Filtertypen

In den USA wird teilweise auch zwischen Phase und Erde gekoppelt. Es werden ausserdem andere Frequenzen bis 500 kHz genutzt. Der Einsatz von 200-A-Durchsteckfiltern (Drosseln) für den Nullleiter ist weit verbreitet, aber Nullleiter und Erde müssen nach dem Filter isoliert geführt werden.

Diese Unterschiede zwischen europäischen und nordamerikanischen Systemen setzen den Einbau entsprechend spezifizierter Filter voraus.

### Aufbau und Anforderungen an NF-PLC-Filtern

An PLC-Filter für den NF-Bereich werden hohe Anforderungen gestellt. Die Längsdrosseln im Filter führen permanent den gesamten Gebäudestrom und müssen daher für 1 Stunde einem Überstrom standhalten können, der dem 1,75fachen Nennstrom entspricht. Kurzfristig muss auch mit sehr hohen Kurzschlussströmen gerechnet werden. Unter extremen Bedingungen, das heisst bei unsymmetrischer Stromverteilung auf den drei Phasen, dürfen die Drosseln keine Sättigungserscheinungen zeigen. Die möglichen Überspannungen verlangen entsprechend spezifizierte oder geschützte Kondensatoren. Ausserdem darf das Filter nur kleine Verlustleistungen aufweisen, es werden Spannungsabfälle kleiner als 1 V gefordert. Darüber hinaus sind nur kleine elektrische Streufelder vom Filter an die Umgebung (Wohnbereich) zulässig. Da die Zuverlässigkeit für PLC-Systeme sehr wichtig ist, sind hohe MTBF-Werte unabdingbar.

### Beispiel eines typischen PLC-Mehrfamilienhauses

Das Filter 1 (Bild 3) wird direkt beim Hauseingang, das Filter 2 beim Wohnungsanschluss platziert. Falls die Steckdosen – wie im Bild gezeichnet – zusätzlich durch Impedanzfilter vom PLC-Netz entkoppelt werden, wird erfolgreich verhindert, dass störende Geräte oder Geräte mit einem grossen Entstörkondensator die Nutzsingale des PLC-Systems und damit die System-Reichweite beeinträchtigen.

#### Inputfilter und Stockwerkfilter

Im Bereich der PLC-Nutzsignalfrequenz beträgt die Impedanz ca. 10 Ω und die Stördämpfung 40–50 dB. Die symmetrische Filterstruktur (Bild 4) bietet die besten Leistungsmerkmale und die vielseitigsten Anwendungsmöglichkeiten. Sowohl Access- als auch In-House-PLC-Systeme werden hochohmig abgeschlos-

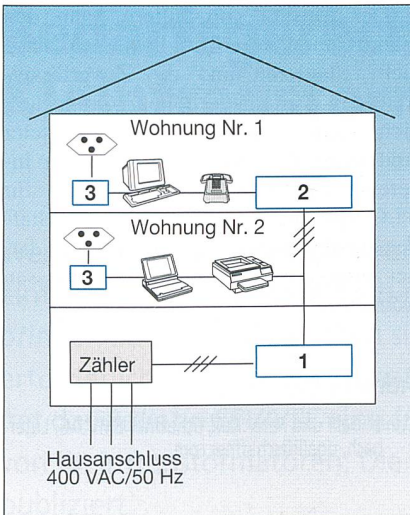


Bild 3 Typisches PLC-Mehrfamilienhaus mit Entkopplungsfiltern

- 1 Inputfilter mit Phasenkopplung
- 2 Stockwerkfilter mit Phasenkopplung
- 3 Impedanzfilter

sen. Die Kondensatoren leiden nicht unter hohen Puls- und Störströmen; die Filter sind auch sehr tolerant in Bezug auf unterschiedliche Netz- und Hausimpedanzen. Der Nullleiter muss allerdings durch das Filter geführt werden.

Um eine Verringerung der Dämpfung zu erreichen, können die Drosseln und Kondensatoren so dimensioniert werden, dass entsprechende Resonanzen bei der gewünschten Frequenz erreicht werden. Diese Grundschialtung ist sowohl für HF- als auch für NF-PLC geeignet. Bei HF-PLC muss jedoch auf bestimmte Anforderungen bezüglich Verdrahtung, Montageart und Erdung geachtet werden. Zu beachten ist, dass jedes kostenbedingte Wegrationalisieren von Filterelementen nachteilige Folgen für die Funktionalität haben kann.

### Impedanzfilter

Dieses Filter wird zum Schutz des internen PLC-Netzes eingesetzt, indem es kritische Geräte wie PC, TV oder Waschmaschine vom restlichen PLC-Netz/Stromnetz entkoppelt. Im Signalfrequenzbereich wird die Dämpfung durch eine niedrige Impedanz, zum Beispiel einen Entstörkondensator, vermieden.

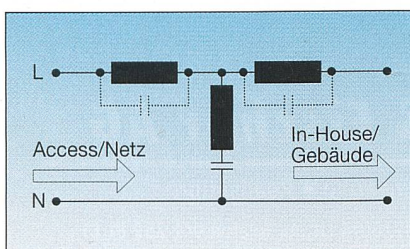


Bild 4 Schema Inputfilter und Stockwerkfilter

Man unterscheidet zwei Typen von Impedanzfiltern, die je nach Aufgabe zum Einsatz kommen:

- Low Impedance (zum Beispiel bei grossen Entstörkondensatoren in der Last);
- Low Impedance und High Noise (wie oben und zusätzlich bei hohen Störpegeln).

### Low Impedance

Im Bereich der PLC-Nutzsignalfrequenz beträgt die Impedanz ungefähr  $10 \Omega$  und die Störreduktion je nach Impedanz 5–20 dB. Der Widerstand bestimmt die Bandbreite und verhindert hohe Resonanzüberspannungen (Bild 5).

Im Bereich der PLC-Nutzsignalfrequenz beträgt die Impedanz ca.  $10 \Omega$  und die Störreduktion je nach Impedanz 20 bis 50 dB. Die zweite Drossel kann als Option zur Verbesserung der Performance eingesetzt werden (Bild 6).

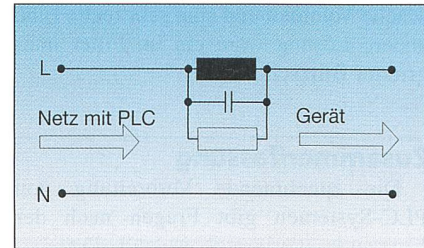


Bild 5 Low-Impedance-Filter

erschützt und Zuverlässigkeit muss der nötige Überspannungsschutz definiert und beim Hausanschluss allen anderen Installationen vorgeschaltet werden. Diese Vorkehrung dient dem Schutz aller Haushaltgeräte, die elektronische Komponenten enthalten (Fernseher, Radio, Computer, PLC-Systeme, Filter usw.).

Für die Entkopplungsfilter unterscheiden wir folgende Möglichkeiten:

### Standardfilter

Mit den eingesetzten Komponenten (CX2; Upuls = 2,5 kV) kann das Filter einer Pulsspannung bis zu 2,5 kV zwischen Phase und Nullleiter standhalten. Ist mit höheren Werten zu rechnen, wird ein Blitzschutz grob und mittel beim Hausanschluss empfohlen.

### Filter für erhöhte Anforderungen

Mit den im Filter eingesetzten Komponenten (CX1; Upuls = 4 kV) kann der Filter einer Pulsspannung bis zu 4 kV standhalten. Ist mit höheren Werten zu rechnen, wird ein Blitzschutz grob beim Hauseingang empfohlen.

### Filter für maximale Anforderungen

Ein Filter, der Pulsspannungen höher als 4 kV ohne entsprechend vorgeschaltetem Blitzschutz standhalten kann, wird sehr kostspielig. Kondensatoren mit doppelter Pulsspannungsfestigkeit haben das

## Besondere Vorkehrungen gegen Überstrom und Überspannung

### Überstrom

Um Zerstörungen durch Überströme zu vermeiden, müssen PLC-Filter folgende Anforderungen erfüllen:

#### Input- und Stockwerkfilter

- 175% Nennstrom für 1 Stunde (Sicherungscharakteristik), 1 mal pro Tag;
- 500% Nennstrom für 6 Sekunden;
- 700% Nennstrom für 0,2 Sekunden.

#### Impedanzfilter

- 125% Nennstrom für 1 Stunde, 1 mal pro Tag.

### Überspannung

Je nach Installationsort (Blitzeinschlagsgefahr) oder Anforderung an Feu-

## Filtres de découplage pour applications PLC

L'utilisation du réseau basse tension pour la transmission d'information compte parmi les sujets dont personne ne peut dire avec certitude quelle en sera l'importance dans un ou deux ans. Un des problèmes de cette technique est qu'elle risque d'influencer les systèmes électroniques avoisinants. Et non seulement les systèmes PLC sont perturbateurs mais ils peuvent eux-mêmes être perturbés. Une technique courante destinée à minimiser les perturbations consiste à utiliser des filtres de découplage. Le présent article explique, du point de vue du fabricant de filtres, où on peut employer de tels filtres de découplage, à quelles fins et de quelle manière.

4fache Volumen und sind sehr teuer. Eine andere Lösung wäre ein im Filter integrierter Blitzschutz.

### Zusammenfassung

Die zunehmende Verbreitung von PLC-Systemen gibt Fragen nach der Netzwerkzuverlässigkeit und Datensicherheit ein immer grösseres Gewicht. Der Einsatz eines Entkopplungsfilters trägt zur Zuverlässigkeit des PLC-Systems bei; ja er kann dieses in sehr rigider Umgebung sogar erst funktionsfähig machen. Die Filterauswahl muss in Abstimmung mit der vorhandenen Installation,

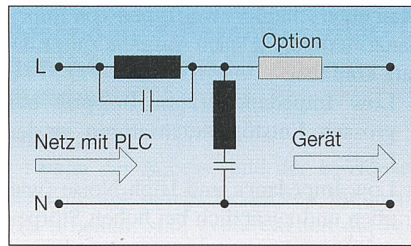


Bild 6 Low-Impedance-High-Noise-Filter

insbesondere mit der verwendeten PLC-Frequenz, getroffen werden. Dabei sind die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten von HF-PLC und NF-PLC zu beachten.

Der Einsatz von Filtern kann den Elektrosmog von PLC-Systemen deutlich reduzieren und die Zuverlässigkeit des Systems erhöhen. Grundsätzlich sollte jeder PLC-Systemanbieter und jeder PLC-Systembetreiber im Interesse der PLC-Anwender eine für PLC-Systeme optimale Umwelt schaffen, damit möglichst alle die Vorzüge dieser innovativen Technologie geniessen können.

### Adresse der Autoren

Daniel Galli und Peter Kull, Schaffner EMV AG, Luterbach, dgalli@schaffner.com

Für Kommunikationsnetze  
die erste Adresse.

erfahren  
innovativ  
hochwertig

[www.rastundfischer.ch](http://www.rastundfischer.ch)

Willkommen bei

**Rast & Fischer AG**

Planung • Engineering • Realisation

Luzernerstrasse 147, 6014 Littau, Telefon 041 259 81 81