Foundation™ Fieldbus:
System- und Diagnosegrundlagen

Anwendungsbericht

Der aktuelle Trend in der Fabrikautomatisierung geht zum Ersatz traditioneller Regelungsverfahren, in denen jedes Gerät seine eigene Steuerverdrahtung hat, durch Bussysteme, die eine Reihe von Geräten über das gleiche Kabel verbinden. Ein Vorteil von Busnetzwerken besteht darin, dass sie weit weniger Kabel und Leitungen benötigen, um Geräte an Steuerungen anzuschließen. Eines der beliebtesten und gängigsten Bussysteme ist der Foundation Fieldbus.

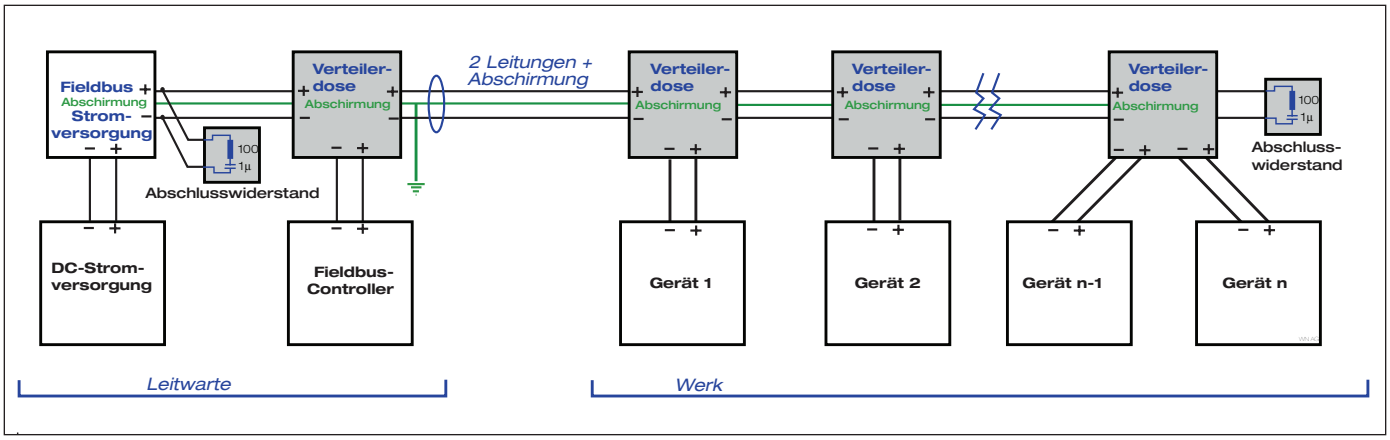

Abbildung 1: Prinzipieller Aufbau eines Fieldbus-Systems

Die Fieldbus Foundation ist eine Gruppe von Herstellern von Geräten für die Fabrikautomatisierung, Sensoren und Aktoren und entwickelt und verwaltet dieses Steuerungssystem. Der Foundation Fieldbus umfasst zwei unterschiedliche Protokolle, um unterschiedliche Anforderungen innerhalb der Fabrikautomatisierung zu erfüllen. Die beiden nutzen unterschiedliche Medien und Kommunikationsgeschwindigkeiten.

Das erste Protokoll ist H1, das mit 31,25 kBit/s arbeitet und in der Regel Feldgeräte – Sensoren, Aktoren, Ventile, Kontrollleuchten, E/A-Geräte usw. – verbindet und Zweiwege-Kommunikation zwischen Geräten und einer Steuerung ermöglicht. H1 stellt sowohl Kommunikation als auch Spannung über ein Zweileitersystem bereit. Abgeschirmte, verdrillte Standardleiter werden empfohlen, um Störungen durch Rauschen im Netzwerk zu verringern.

Das zweite Protokoll ist das HSE-Protokoll (High-Speed Ethernet). Es arbeitet mit 100 MBit/s und verbindet üblicherweise Hochgeschwindigkeitssteuerungen wie SPS, mehrere H1-Teilsysteme (über ein Linking Device), Datenserver und Workstations. Dieser Anwendungsbericht behandelt schwerpunktmäßig das H1-Protokoll.

Netzwerkaufbau

Der prinzipielle Aufbau eines Fieldbus H1-Netzwerks wird in **Abbildung 1** gezeigt.

Das Netzwerk besteht aus dem Hauptnetzwerkkabel, das eine Reihe von Abzweigdosen oder *Kopplern* verbindet. Über die Koppler können die Geräte und die Steuerung an das Hauptkabel bzw. die *Hauptverbindungsleitung* angeschlossen werden. In der Regel werden die kürzeren Kabel zwischen Abzweigdosen und Geräten als *Abzweigleitungen* bezeichnet.

Über Abzweigdosen können einzelne oder mehrere Geräte an die Hauptverbindungsleitung angeschlossen werden. Wenn jedes Gerät eine eigene Abzweigdose hat, wird die Topologie als *Linientopologie* bezeichnet. Wenn mehrere Geräte an die gleiche Abzweigdose angeschlossen sind, wird die Anordnung üblicherweise als *Stern-* oder *Baumtopologie* bezeichnet. Am häufigsten sind gemischte Netzwerke mit Linien- und Baumtopologien, wie in Abbildung 1.

Obwohl es theoretisch möglich ist, die Hauptverbindungsleitung direkt von Gerät zu Gerät zu verlegen, ohne Abzweigdosen zu verwenden, rät die Foundation hiervon ab. Diese Topologie (als *Daisy Chain* bezeichnet) erfordert eine Unterbrechung der Hauptver-

bindungsleitung, wenn ein Gerät im Netzwerk entfernt oder hinzugefügt wird.

Die Feldbus-Technologie legt der Größe eines Netzwerks bestimmte Beschränkungen auf. Die maximale Länge aller Kabel in einer Hauptverbindungsleitung und ihren Abzweigleitungen zusammen genommen ist 1900 m pro Segment. Wenn eine größere Länge erforderlich ist, kann ein Segment mithilfe eines *Repeaters* hinzugefügt werden. Ein Repeater wird anstelle eines Geräts eingefügt, durch ihn sind jedoch weitere 1900 m Kabel möglich. Ein Netzwerk kann bis zu vier Repeater für eine Gesamtlänge von 9500 m verwenden.

Zur Beachtung: die Abschirmung ist nur an einem Punkt im gesamten System an den Schutzleiter anzuschließen. Erdung der Abschirmung an mehreren Stellen kann Streuspannungen und -ströme in der Abschirmung induzieren, die die Datenkommunikation stören können.

Die maximale Anzahl angeschlossener Feldbusgeräte pro Segment ist 32.

Wie Abbildung 1 zeigt, wird eine DC-Spannungsversorgung benötigt, um die DC-Versorgungsspannung oder *Vorspannung* bereitzustellen. Würde die DC-Spannungsversorgung direkt an die Hauptverbindungsleitung angeschlossen, würde sie einen Kurzschluss für die AC-Signale erzeugen. Daher muss ein Netzwerk eine Feldbus-konforme Spannungsversorgung enthalten. Dies ist eine DC-Quelle sowie eine spezielle Filteranordnung. Das Filter lässt Gleichstrom mit minimalen Verlusten durch, bildet jedoch eine hohe Impedanz für das Wechselstromsignal, das von der Netzwerkseite kommt.

Die Hauptverbindungsleitung ist dann eine Übertragungsleitung, in der die propagierte Geschwindigkeit von Wechselstromsignalen eine wichtige Rolle spielt. Daher muss die Hauptverbindungsleitung an jedem Ende (und nur dort) einwandfrei für Wechselstromsignale abgeschlossen werden. Der Abschluss erfolgt über einen Widerstand mit einer Impedanz gleich dem Wellenwiderstand des Kabels, gewöhnlich 100±20 Ω. Da das Netzwerk ebenfalls eine DC-Versorgungsspannung überträgt, müssen die Abschlusswiderstände einen Vorschaltkondensator haben, um zu verhindern, dass Gleichstrom dorthin fließt.

Grundlagen der Diagnose

Bestimmte grundlegende Diagnose- und Problembeseitigungsverfahren können an einem Fieldbus H1-Netzwerk mit einem Fluke ScopeMeter durchgeführt werden. Im folgenden Abschnitt werden wir die Grundlagen einiger dieser Verfahren behandeln. Weitere Informationen enthält der spezielle Anwendungsbericht „Verwendung eines Fluke ScopeMeter 125 zur Fehlersuche in Fieldbus-Installationen".

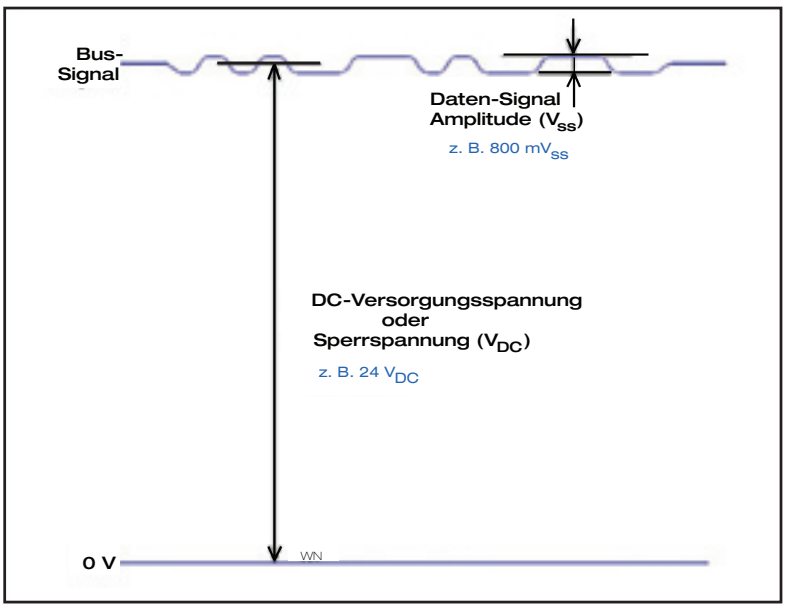

Abbildung 2: Die Spannung am Feldbus enthält eine DC-Versorgungsspannung und das eigentliche Bussignal.

Erkennung von Reflexionen

So genannte *Reflexionen* in einem Netzwerk beeinträchtigen die Kommunikation. Im folgenden Beispiel wird eine Reflexion für ein Netzwerk erklärt, das an einem Ende kurzgeschlossen ist. Es ist jedoch wichtig zu verstehen, dass jede Anomalie, einschließlich von Kurzschlüssen und unzureichender Busabschlüsse, Reflexionen erzeugt.

Überlegen wir, was geschieht, wenn eine Stufenspannung an einem Ende eines langen Kabels angelegt wird, bei dem das andere Ende kurzgeschlossen ist. Zunächst trifft die angelegte Spannung auf die Impedanz des Kabels und baut einen Spannungspegel zwischen den Leitern auf. Diese Stufenspannung geht mit einer Geschwindigkeit durch das Kabel, die von der Art und dem Aufbau des Kabels bestimmt wird. Bei Kabeln, die in Fieldbus H1-Netzwerken verwendet werden, ist diese Geschwindigkeit etwa zwei Drittel der Lichtgeschwindigkeit in einem Vakuum: $2/3 \times 3 \times 10^8$ m/s = 2×10^8 m/s.

Wenn die Stufenspannung den Kurzschluss erreicht, ändert sich der Spannungspegel plötzlich auf 0. Diese Änderung kann als Stufenspannung entgegengesetzter Polarität, zurück zu 0, betrachtet werden, da an einem Kurzschluss keine Spannung vorliegen kann. Zu diesem Zeitpunkt ist der Spannungspegel an jeder anderen Stelle entlang der Leitung immer noch der ursprünglich angelegte Spannungspegel.

Für die maximale Länge eines H1-Fieldbus-Segments ist die Zeit t:

t = {1900 m ÷ (2 x 108 m/s)} = 9,5 µs.

Als Nächstes geht diese neue Stufenspannung entgegengesetzter Polarität zurück zur Spannungsquelle. Erst wenn sie den Hin- und Rückweg zurückgelegt hat (reflektiert worden ist), wird der Kurzschluss am anderen Ende auf der Einspeiseseite sichtbar. Der Refle-

xionsvorgang dauert jedoch eine bestimmte Zeit. Die genaue Zeit hängt von der Länge des Kabels ab. Die Laufzeit in einer Richtung ist die Kabellänge geteilt durch die Geschwindigkeit des Signals.

Die Zeit, die die Stufenspannung braucht, um über eine Hauptverbindungsleitung maximaler Länge und zurück zu gehen, ist daher 2 x 9,5 µs = 19 µs.

Wie gesagt arbeitet ein Fieldbus H1-Netzwerk mit einer Geschwindigkeit von 31,25 kBit/s, was gleich einem Taktzyklus von 32 µs ist. Wenn daher eine Kabelanomalie vorliegt, kann man erwarten, eine Verzögerung der Reflexionen von Impulsen um einen Zeitraum von bis zu 19 µs zu sehen. Die tatsächliche Zeit der Reflexion hängt von der Entfernung zwischen der Impulsquelle und der Anomalie ab.

Während ein vollständiger Kurzschluss eine Reflexion voller Amplitude hervorruft, erzeugt jede Unterbrechung oder Abweichung von der homogenen Beschaffenheit der Leitung eine Reflexion. Die Amplitude der Reflexion hängt von der Art der Anomalie ab.

Um eine einwandfreie Netzwerkkommunikation zu erhalten, müssen Reflexionen vermieden und Kabel einwandfrei abgeschlossen werden. Um es zu wiederholen: Ein einwandfreier Busabschluss erfordert einen einzigen Abschlusswiderstand am Ende jedes Hauptkabelsegments.

Codierung

Beim Fieldbus werden digitale Daten mittels Manchester-Codierung übertragen. Dies heißt, dass eine digitale *1* als ansteigende Flanke in der Mitte eines Taktzyklus (Bitmitte) übertragen wird, während eine digitale *0* als abfallende Flanke übertragen wird. Dieser Codiermechanismus hat verschiedene Vorteile gegenüber der Übertragung direkter binärer Daten. Ein wichtiger Vorteil ist, dass er eine einfache Wiederherstellung des Takts am empfangenden Ende ermöglicht **(siehe Abbildung 3)**.

Eine weitere Folge ist, dass Impulse erzeugt werden, die eine Dauer von entweder einem halben oder vollständigen Taktzyklus haben, während der ursprüngliche Bitstrom mit Impulsen kommt, die einen oder mehrere vollständige Taktzyklen breit sind.

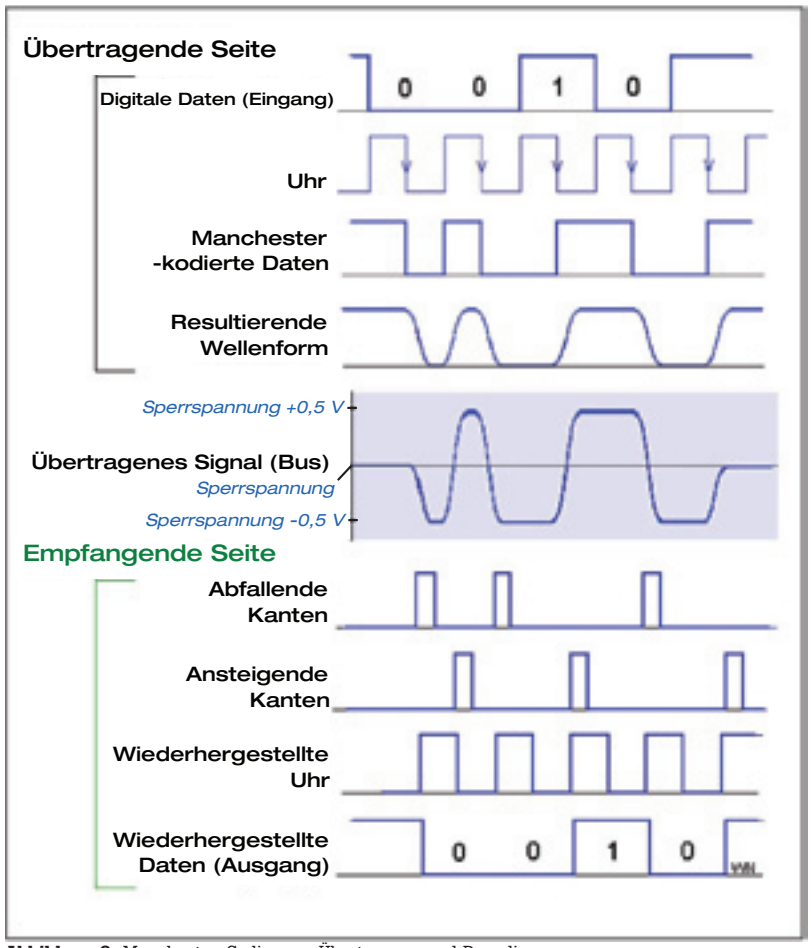

Abbildung 3: Manchester-Codierung, Übertragung und Decodierung

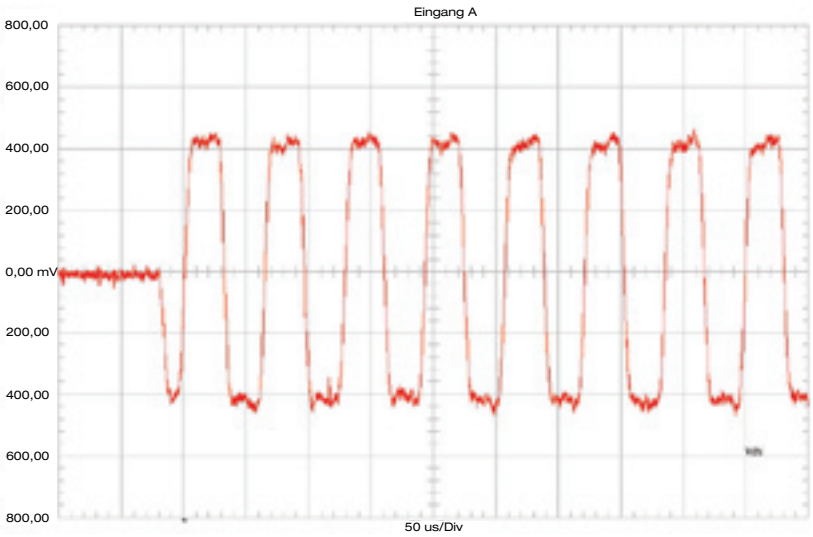

Abbildung 4: Impulsfolge, gemessen mit einem Oszilloskop an einem Feldbussystem

Die sich ergebende Busspannung ist schematisch in **Abbildung 2** dargestellt. Eine echte Kurvenformaufzeichnung eines Datenpakets zeigt **Abbildung 4,** in der die DC-Vorspannung herausgefiltert worden ist.

Elektrische Signalerzeugung

Würde man das Kabel an einer beliebigen Stelle entlang der Hauptverbindungsleitung öffnen und auf die zwei Leiter zugreifen, könnte man zwei Kabelabschnitte sehen, die in entgegengesetzter Richtung vom Zugangspunkt weg gehen. Elektrisch gesehen wären diese beiden Abschnitte parallel geschaltet. Die Impedanz an einer beliebigen Stelle entlang der Leitung ist daher gleich der Impedanz der beiden parallel geschalteten Kabelabschnitte. Daher beträgt die Impedanz, die man an jeder Abzweigdose findet, 50 Ω oder die Hälfte des Wellenwiderstands des Kabels.

Das Bussignal wird elektrisch erzeugt, indem man einen Differenzstrom im Zweileiter-Bussystem anlegt. Dadurch wird eine Differenzspannung von 800 oder 900 mV_{pp} (wobei „pp" für „Peak-to-Peak", den Spitzenwert steht) am Bus erzeugt. Dies ist dann auch die Amplitude der Nennspannung (V_{pp}) des Signals, das jedes Feldbusgerät erzeugt. Laut Fieldbus-Spezifikationen müssen Geräte in der Lage sein, ein Ausgangssignal mit einer Amplitude von mindestens 750 mV_{pp} zu erzeugen.

Idealerweise wäre dies dann auch die Amplitude des Signals, das Feldbusgeräte empfangen. Da im Netzwerk jedoch Signaldämpfung auftritt, hat ein eingehendes Signal gewöhnlich eine niedrigere Amplitude. Fieldbus-Spezifikationen verlangen, dass ein Gerät auch bei einem Eingangssignal von nur 150 mV_{pp} einwandfrei weiterarbeitet. Wenn die Amplitude 1000 mV_{pp} übersteigt, deutet dies gewöhnlich einen Netzwerkfehler an, z. B. einen fehlenden Abschlusswiderstand.

Anomalien

Wenn an einer Stelle im Netzwerk ein zusätzliches Gerät mit niedriger Impedanz an den Bus angeschlossen ist, ist die Gesamtimpedanz an der Abzweigdose niedriger, da die zusätzliche Last parallel zur Kabelimpedanz geschaltet ist. Eine niedrigere Busimpedanz bedeutet automatisch eine kleinere Amplitude der Bussignale. Da Bussignale mehr oder weniger zufällige Impulse sind, zeigt sich eine solche zusätzliche Last als Lücke in der Übertragungsleitung und verursacht Reflexionen der ursprünglichen Impulse, wo die Last hinzugefügt wurde. Diese Reflexionen führen zur Verzerrung der Wellenform des Impulses, die wiederum zur falschen Signalerkennung führen kann.

Wird zum Beispiel ein dritter Abschlusswiderstand angeschlossen, sinken die Gesamtnetzwerkimpedanz und die Signalamplitude auf drei Drittel der Nennwerte. Dieser Signalverlust führt zu weiteren verzerrten Impulsen und macht die richtige Signalerkennung noch schwieriger. Erfahrungen im Feld zeigen, dass eine der häufigsten Fehlerquellen in industriellen Netzwerken durch Abzweig zu weniger oder zu vieler Netzwerkabschlusswiderstände entsteht.

„Foundation Fieldbus" ist ein eingetragenes Warenzeichen der Fieldbus Foundation.

Fluke. *Damit Ihre Welt intakt bleibt.®*

Fluke Deutschland GmbH
Heinrich-Hertz-Straße 11
34123 Kassel
Telefon: (069) 2 22 22 02 00
Telefax: (069) 2 22 22 02 01
E-Mail: info@de.fluke.nl
Web: www.fluke.de

Technische Beratung/Hotline
Tel.: (069) 2 22 22 02 04
E-Mail: hotline@fluke.com

Fluke Vertriebsgesellschaft m.b.H.
Liebermannstraße F01
A-2345 Brunn am Gebirge
Telefon: (01) 928 95 00
Telefax: (01) 928 95 01
E-Mail: info@as.fluke.nl
Web: www.fluke.at

Fluke (Switzerland) GmbH
Industrial Division
Grindelstrasse 5
8304 Wallisellen
Telefon: 044 580 75 00
Telefax: 044 580 75 01
E-Mail: info@ch.fluke.nl
Web: www.fluke.ch

©2008 Fluke Corporation. Alle Rechte vorbehalten.
Gedruckt in den Niederlanden 03/2008.
Änderungen vorbehalten.
Pub_ID : 11366-ger