

## Verwendung eines Fluke ScopeMeter 125 zur Fehlersuche in FOUNDATION™ Fieldbus-Installationen

### Anwendungsbericht



Industrielle Fieldbusnetzwerke arbeiten unter ganz anderen Bedingungen als Büronetze oder andere kommerzielle Kommunikationsnetzwerke. In der Industrie können externe Einflüsse empfindliche elektronische Geräte wie SPS, Netzwerkcontroller und andere Instrumente, die die Prozessleittechnik unterstützen, völlig durcheinander bringen. Diese externen industriellen Einflüsse fallen in zwei Kategorien:

- 1) **Störende Umgebungsbedingungen**, zu denen mechanische Vibrationen, extreme Temperaturänderungen, hohe Feuchtigkeit und mangelhafte Luftgüte gehören, verursacht durch Chemikalien, Staub und andere Substanzen. Diese Bedingungen können lose oder intermittierende Verbindungen, Korrosion in Leitern und Abzweigdosen bzw. Änderungen der Impedanz hervorrufen.
- 2) **Elektrische Störungen** stammen aus einer Vielzahl von Quellen. Unterbrecher schalten hochenergetische Stromkreise ein und aus und erzeugen dabei Transienten. Förderbänder und mechanische Antriebe entladen hohe, statische Spannungen in elektronische Systeme. Lastwechsel an Abzweigleitungen erzeugen Schwankungen in Versorgungsspannungen. Und es gibt noch weitere mögliche Quellen elektrischer Störungen.

Beide Arten von Störungen können Systemkomponenten (Abschlusswiderstände, Eingabekomponenten und Verdrahtung) kurzzeitig oder dauerhaft beeinträchtigen. Dies führt häufig zu einer Unterbrechung von Signalen im mV-Bereich, von denen Produktionsprozesse abhängen. Daher ist es sehr sinnvoll, potenzielle Probleme in der Prozesskommunikation zu vermeiden, und vorhandene Probleme durch Überwachung und Fehlersuche in industriellen digitalen Kommunikationssystemen mithilfe eines Oszilloskops einzugrenzen.

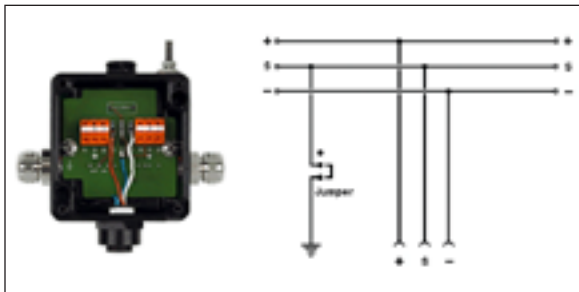
Der folgende Bericht konzentriert sich auf die Überwachung einer bestimmten Art von System, FOUNDATION Fieldbus-Netzwerken mit 31,25 kbit/s (H1), mithilfe eines neuen Messgeräts, das für diese Überwachung ausgelegt und programmiert wurde: das Fluke 125 Industrial ScopeMeter®. (Hinweis: Fluke 125 enthält Fehlersuchfunktionen für analoge Signale und verschiedene industrielle Bus- und Netzwerkstrukturen.)

### Vorgehensweise bei der Fehlersuche

Versuchen Sie bei der Fehlersuche in einem Fieldbus-System zunächst, jüngste Änderungen am System zu dokumentieren: Wurden in letzter Zeit Geräte oder andere Teile des Netzwerks getrennt oder abgeschaltet? Wurde etwas kurz bevor das Problem begann hinzugefügt oder geändert?

Ermitteln Sie, was funktioniert und was nicht. Notieren Sie sich, was beobachtet wird und was eigentlich erwartet wird. Untersuchen Sie, ob bestimmte Störungen auf bestimmte Ereignisse zurückzuführen sind: ein startender Motor, ein öffnendes Ventil, eine Leuchte, die eingeschaltet wird usw.

Nehmen Sie als Nächstes Messungen vor, um in das Netzwerk „zu sehen“, um zu verstehen, was vor sich geht. Dokumentieren Sie jede Messung sorgfältig: Was wurde gemessen? Wo genau wurde die Messung vorgenommen? Unter welchen Bedingungen wurde sie vorgenommen?



**Bild 1:** Eine typische FOUNDATION Fieldbus-Abzweigdose mit Anschlussbild

**Messen Sie** anfänglich an beiden Enden der Hauptverbindungsleitung und vergleichen Sie die Ergebnisse. Messen Sie als Nächstes an einer oder mehreren Stellen an der Hauptverbindungsleitung und vergleichen Sie die Ergebnisse. Wenn nur ein Gerät ein Problem hat, nehmen Sie Messungen in der Nähe dieses Geräts vor. Falls mehrere Geräte Probleme haben, versuchen Sie zu bestimmen, ob es ein bestimmtes Muster gibt. Wenn ein Muster vorliegt, ist dann die Ursache des Musters offensichtlich?

Falls kürzlich Änderungen vorgenommen oder Geräte ergänzt wurden, nehmen Sie auch an diesen Stellen Messungen vor. Versuchen Sie, zu bestimmen, welche Segmente, falls überhaupt, des Netzwerks Probleme haben und welche frei von Problemen sind.

#### Eine Reihe von Messungen

hilft, Diskrepanzen zu finden und Probleme einzugrenzen.

Diese Messungen umfassen:

- Kondensatoren und Widerstände in und zwischen Leitern
- Nicht ordnungsgemäße Abschirmungs- und Leiterkontakte
- Gleichspannungen
- Wechselspannungspegel
- Rauschen und Signalqualität

Diese Messungen mit dem Fluke 125 ScopeMeter werden ausführlicher im folgenden Teil behandelt.

Das Fluke 125 ist ein kompaktes, tragbares Messgerät, das Oszilloskop und Digitalmultimeter (DMM) kombiniert und das spezielle Analysefunktionen für die Fehlersuche in industriellen Bussystemen bietet. Als batteriebetriebenes Gerät kann das 125 potenzialfreie Messungen vornehmen, bei denen kein Punkt des Messgeräts auf Massepotenzial (Schutzerde) ist. Diese Fähigkeit stellt sicher, dass die Potenzialfreiheit des Netzwerks gewahrt bleibt, wohingegen andere Oszilloskope unerwünschten Potenzialbezug zur Schutzerde durch ihre Schutzkontakte oder durch große Kondensatoren in ihren Netzteilen herstellen können. Diese Anschlüsse könnten die Integrität des Netzwerks stören und leicht zu einer Blockierung der Kommunikation führen.

Das Fluke 125 unterstützt die Speicherung von Oszilloskopbildschirmen im internen Speicher. Diese Bildschirme können in Berichte kopiert werden, so wie dies in diesem Anwendungsbericht getan worden ist (siehe weiter unten). Verwendete Messgeräteeinstellungen werden ebenfalls mit den gespei-

cherten Bildschirmen gespeichert, und das Gerät ermöglicht ebenfalls die Benennung von Bildschirmkopien.

### Messanschlüsse

Die meisten an der Hauptverbindungsleitung eines Feldbusnetzwerks vorgenommenen Messungen erfordern, dass der spannungsführende Eingang des Gerätekanals A (mit „A“ markiert) und der Massebezugskontakt („COM“) an die positiven und negativen Leiter der Busverdrahtung angeschlossen werden. Die gebräuchlichste farbliche Kennzeichnung von Feldbus-kompatiblen Leitungen ist orange für positiv und blau für negativ.

Gelegentlich erfordert die Fehlersuche das Messen der Spannung eines Leiters oder weiterer Leiter über Masse. Bei diesen Messungen kann die Abschirmung als Massebezugskontakt genommen werden. Die Abschirmung der Leitung darf jedoch nicht an die Masse oder Schutzterde am Standort des Geräts angeschlossen werden.

Beachten Sie, dass der Aufbau des Feldbus einen potenzialfreien Betrieb gegenüber Masse voraussetzt. Daher darf keine der Leitungen an irgendeiner Stelle des Systems an Schutzterde angeschlossen werden. Sollte eine Untersuchung einen Massekontakt aufdecken, muss er als wahrscheinliche Ursache für das Netzwerkproblem behandelt werden. Laut Verdrahtungs- und Installationspezifikation der Feldbus Foundation muss die Leitungsabschirmung nur einmal in einem Hauptleitungssegment auf der Leitwartenseite der Hauptverbindungsleitung geerdet werden.

Zugriff auf die Leitungen der Hauptleitung ist leicht an den Abzweigboxen möglich, an denen Abzweigleitungen mit der Hauptverbindungsleitung verbunden werden, oder an den Klemmen der Geräte. Die Abzweigboxen, die in der Regel in Feldbusnetzwerken verwendet werden, sind in Schraubklemmtechnik ausgeführt. (Siehe Bild 1.) Messung an den Klemmen der Abzweigboxen bedeutet, dass keine Änderungen am Leitungsaufbau vorgenommen werden müssen. Außerdem erlauben der Stromlaufplan und begleitender Text an vielen dieser Abzweigboxen eindeutige Leiteridentifizierung.

Die Schrauben der Klemmen stellen eine gute Stelle dar, um eine abgeschirmte Messleitung STL 120 und eine Bezugsleitung TL75 anzu-



**Bild 2:** Die Messleitungen STL120 (rot) und TL75 (schwarz) sind die wesentlichen Werkzeuge für Messanschlüsse an einem FOUNDATION Fieldbus. Bei starkem Rauschen am Bus die kürzere Leitung mit der Krokodilklemme (mittlere Leitung) verwenden. Alle drei Messleitungen sind beim Fluke 125 ScopeMeter im Lieferumfang enthalten.

schließen. Beide sind beim Fluke 125 ScopeMeter im Lieferumfang enthalten. (Siehe Bild 2.)

Bei stärkerem Stör-rauschen aus der Umgebung hilft eine kürzere Masseleitung mit einer Krokodilklemme (Bild 2, mittlere Leitung), den Umfang des aufgezeichneten Rauschen zu verringern. Bei Verwendung dieser Leitung wird die Krokodilklemme an die negative Leitung der Hauptverbindungsleitung angeschlossen. Diese kürzere Leitung ist ebenfalls im Standardumfang des Fluke 125 enthalten.

Eine Alternative zur Herstellung von Testanschlüssen ist die optionale Hakenklemme HC120 (Bild 3), mit der die Prüfspitze STL 120 an den eigentlichen Leiter der Leitung angeschlossen werden kann. Eine weitere alternative Anschlussmethode verwendet die optionalen Backprobe-Pins TP88 (Bild 4), mit denen der Kontakt mit den Schraubklemmen an Leitungseinführungsstellen hergestellt werden kann. Diese langen, dünnen Nadeln ermöglichen einfachen Zugriff auf Anschlussstellen, die mit Leitungen überhäuft sind, die mit normalen Messkontakten schwierig zu erreichen sind.

### Prüfung von Leitungsbefestigungsteilen

Wenn ein Netzwerk ausgefallen ist und das Problem schwierig einzugrenzen ist, zahlt es sich aus, mit der Prüfung der Leitungsinstallation zu beginnen. Ein Problem kann aus der Umgebung stammen, in der Feuchtigkeit oder schlechte Luft Steckverbinder korrodiert haben. Vielleicht haben auch Schwingungen intermittierende Verbindungen verursacht.



**Bild 3:** Hakenklemme HC120



**Bild 4:** Backprobe-Pins TP88

Bei der Überprüfung neuer Anlagen ist es sinnvoll, Hauptleitung zu testen, bevor Abzweigleitungen und Geräte installiert werden. Der Ausschluss von Hauptverdrahtung als Quelle eines Problems in einem vorhandenen Netzwerk oder als potenzielle Problemquelle in einem neuen Netzwerk geschieht in wenigen einfachen Messungen. Das im Fluke 125 integrierte Digitalmultimeter misst den Widerstand und die Kapazität von Leitungen. Falls Probleme vorliegen, werden sie über diese Funktionen erkannt.

1. Der erste Schritt bei der Prüfung von Hauptleitungen ist die Messung der Kapazität zwischen einzelnen Leitern und der Abschirmung. Die beiden Werte (Leiter A zur Abschirmung und Leiter B zur Abschirmung) sollten etwa die gleiche Größe haben, da die Hauptverbindungsleitung vollkommen symmetrisch sein sollte. Vergleichen Sie bei diesen Messungen die Kapazitätswerte mit den Daten für den verwendeten Leitungstyp und berücksichtigen Sie die Länge der Hauptverbindungsleitung. (Ein Beispiel für die Leitungsspezifikationen eines Herstellers ist im Anhang zu diesem Anwendungsbericht zu sehen.)

Der Anschluss des Fluke 125 erfolgt mit der Leitung TL75 an den Abschirmungsanschluss in der Leitwarte und dem Anlegen der Spitzen des Messleitungssatzes STL 120 an die Leitungen A bzw. B. Je nach Länge der Hauptleitung kann

es einige Sekunden dauern, bis sich die Kapazitätsanzeige stabilisiert. Wenn ein Messwert stabil ist, diesen notieren.

2. Als Nächstes wird die Kapazität zwischen den beiden Leitern A und B gemessen, indem TL75 an eine Leitung und die Spitze von STL120 an den anderen Leitungskontakt angeschlossen werden. Das Ergebnis notieren.

Wird für eine der drei Kapazitäten kein Messwert angezeigt, deutet dies wahrscheinlich auf einen Kurzschluss oder eine unterbrochene Verbindung in diesem Teil der Schaltung hin. Ein instabiler Messwert kann eine schwache Verbindung in einer Abzweigdose signalisieren, die einen intermittierenden Kontakt mit einem Segment der Hauptleitung verursacht.

Wenn die Kapazitäten den erwarteten Werten entsprechen, stellen Sie einen Kurzschluss an einem Ende der Hauptleitung zwischen den Leitungen A und B her und messen Sie den Widerstand zwischen diesen Leitern auf der Leitwartenseite. Diese Messung sollte einen Messwert erzeugen, der den Gesamtwiderstand der Kupferleiter über die gesamte Länge der Hauptverbindungsleitung, hin und zurück, darstellt. Ein Vergleich dieses Messwerts mit den Spezifikationen für die Leitung zeigt, ob unzureichende Verbindungen an irgendeiner Stelle entlang der Hauptleitung vorliegen. Es ist zu beachten, dass Leitungsspezifikationen zwar den Widerstand pro Leiter für eine einzelne Leitungslänge angeben mögen, diese Messung jedoch auch den Rückweg einschließen muss.

3. Entfernen Sie anschließend den Kurzschluss am Ende der Hauptverbindungsleitung und messen Sie den Widerstand zwischen Leitung A und Abschirmung sowie zwischen Leitung B und Abschirmung. Die Messwerte sollten hoch sein, im Bereich mehrerer Megaohm. Ein niedriger Wert weist auf einen Kurzschluss gegen die Abschirmung hin. Ein Kurzschluss kann durch ein so unbedeutend erscheinendes Problem wie eine einzelne dünne Leitung in einem Geflecht verursacht werden, der Kontakt in der Nähe einer Schraubklemme herstellt, oder es kann ein Anzeichen für einen Leitungsdefekt oder das Ergebnis von Feuchtigkeit in einer Abzweigdose sein.

4. Sobald Sie sicher sind, dass alle Widerstands- und Kapazitäts-

werte für die Hauptleitung den Erwartungen entsprechen und mit den Leitungsspezifikationen übereinstimmen, untersuchen Sie die Abzweigleitungen. In neuen Installationen folgt dies dem ersten Anschluss und der Prüfung jeder Abzweigleitung. Sobald jede Abzweigleitung in Ordnung ist, wiederholen Sie die vorgenannten Prüfungen, um Fehler in der Gesamtanlage zu finden und zu beheben. Wenn alles in Ordnung ist, kann das Netzwerk sicher eingeschaltet werden.

## Versorgungsspannung

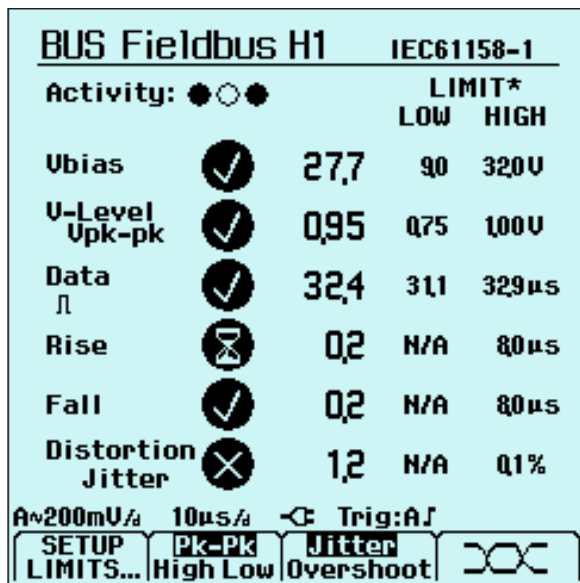
Jedes Netzwerkgerät benötigt die richtige Versorgungsspannung.



Die falsche DC-Versorgung kann eine Vielzahl von Fehlern verursachen – manchmal ständig und manchmal intermittierend. Eine falsche Versorgungsspannung kann dazu führen, dass Geräte Daten nicht gleich bleibend verarbeiten, häufig aus- und wieder einschalten oder vielleicht auch gar nicht auf den Controller reagieren.

Da die Versorgungsspannung durch das Hauptnetzwerk verteilt wird, das recht lang sein kann, tritt ein Spannungsabfall im System auf. Die minimale DC-Versorgungsspannung für jedes Fieldbus-Gerät ist 9 Volt, eine höhere Spannung ist jedoch vorzuziehen. Die maximale Versorgungsspannung ist 32 Volt.

Das Messgerät Fluke 125 ScopeMeter kann die Versorgungsspannung messen und sie automatisch mit einem oberen und unteren Grenzwert vergleichen. Als Vorgabe sind diese Grenzwerte auf 5,5 und 35,0 Volt eingestellt. Der Anwender kann jedoch andere Grenzwerte bei der Konfiguration der Grenzwerte im Frontmenü eingeben. Bei Fieldbus-Systemen ist in der Regel die Einstellung von 9 Volt als unterer und 32 Volt als oberer Wert ausreichend.



**Bild 5:** Fluke 125 Bildschirm mit Ergebnissen einer Busstabilitätsprüfung

Während der Verwendung zeigt das Fluke 125 über Piktogramme an, ob die gemessene Spannung innerhalb der Grenzwerte liegt:

✓ = i. O.; ✗ = nicht i. O. Zudem kann sich das Piktogramm in ein Warnsymbol (!) verwandeln, wenn ein Messwert innerhalb eines bestimmten Prozentsatzes eines Grenzwerts liegt.

Bild 5 zeigt den Bildschirm des Fluke 125 bei einer Busstabilitätsprüfung in einem Fieldbus H1-System. Wenn das Gerät erkennt, dass eine Kommunikation stattfindet, blinken die Aktivitätsanzeigen.

Die erste Zeile zeigt die Versorgungsspannung an. OK gibt an, dass die DC-Versorgungsspannung (27,7 Volt) innerhalb der Grenzwerte 9,0 und 32,0 Volt liegt.

Das Fluke 125 unterscheidet sich von einem Standard-Digitalmultimeter dadurch, dass es den Spannungsmesswert, der einem Grenzwert am nächsten liegt, über die Zeitspanne anzeigt, in der die Messung stattfindet. Das Gerät hat eine Speicherfunktion, die Installations-

und Instandhaltungspersonal hilft, festzustellen, ob die Versorgungsspannung die eingestellten Grenzwerte überschreiten könnte. Anders ausgedrückt zeigt das Gerät bei Laständerungen den Wert, der dem unteren oder oberen Grenzwert am nächsten ist.

Zum Zurücksetzen der Speicherfunktion drücken Sie die Taste „Hold/Run“ zwei Mal, um Messungen anzuhalten und zu speichern. Diese Betätigung startet einen neuen Messzyklus, bei dem vorher alle Ergebnisfelder gelöscht wurden.

Das Gerät kann als Standard-Digitalmultimeter oder als Standardoszilloskop eingesetzt werden. Dann kann es Spannungen in Echtzeit aufzeichnen, um Instabilitäten in einer Stromversorgung einzugrenzen. Außerdem kann das Gerät Änderungen der Versorgungsspannung am Bus registrieren. Dies wird durch die Funktion TrendPlot™ ermöglicht, die im Benutzerhandbuch des Geräts beschrieben ist.

Das Sanduhr-Piktogramm in der vierten Zeile von Bild 5 zeigt an, dass eine Anstiegszeitmessung stattfand, als die Bildschirmanzeige gespeichert wurde. Neben dem Piktogramm sind das Ergebnis einer früheren Messung und der Grenzwert zu sehen, mit dem diese Anstiegszeit verglichen wird. In dieser Anwendung werden Anstiegszeiten von bis zu 8  $\mu$ s als akzeptabel betrachtet.

Aufgrund des unvermeidlichen Spannungsabfalls, basierend auf dem Kupferwiderstand und dem Ohmschen Gesetz, ist die Versorgungsspannung an Geräten in der Nähe des Endes einer Hauptverbindungsleitung niedriger als für die Geräte, die näher an der Stromversorgung liegen. Vorspannungsmessungen an verschiedenen Verbindungen können Störungen entlang der Hauptverbindungsleitung aufzeigen, wie mangelhafte Verbindungen. Gute Notizen und Kenntnisse der Hauptleitungsanordnung helfen dem mit der Fehlersuche

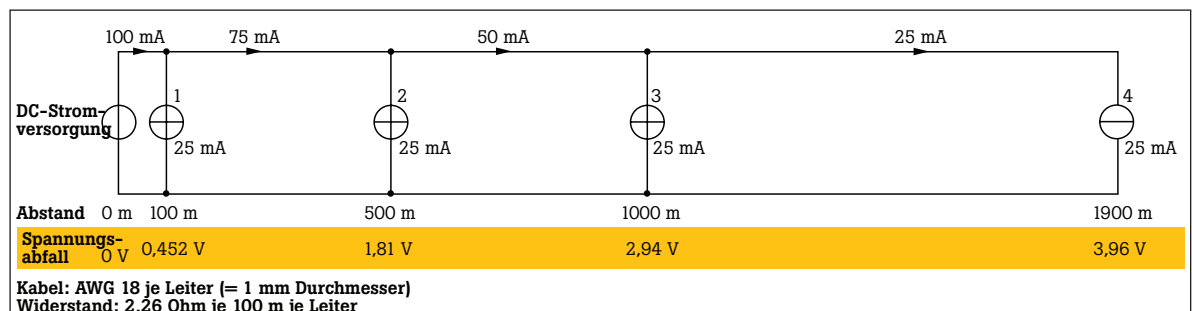
Beauftragten, herauszufinden, welche Verbindung/Abzweigleitung Schuld ist.

In Fieldbus H1-Systemen ist die maximale Leitungslänge der Hauptverbindungsleitung 1900 m. Bei einer verdrehten Zweidrahtleitung mit einer Leitungstärke von AWG18 (1 mm Durchmesser oder ein Querschnitt von 0,79 mm<sup>2</sup> pro Leiter) muss ein Widerstand von 2,26  $\Omega$  pro 100 m Leitung berücksichtigt werden, was natürlich 4,52  $\Omega$  pro 100 m Zweileitungskabel und einem Gesamtwiderstand von 86  $\Omega$  für die beiden Leitungen über die maximale Hauptleitungslänge bedeutet.

Wenn nur ein einziges Gerät am Ende der Hauptverbindungsleitung angeschlossen ist, das 25 mA aufnimmt, ruft das Gerät selbst einen Spannungsabfall von 2,2 Volt an der Hauptleitung hervor. Bei Anschluss mehrerer Geräte an der Leitung kann der Spannungsabfall aufgrund der Versorgungsstromaufnahme grenzwertige Versorgungsspannungen an einigen Geräten hervorrufen.

Tabelle 1 (nach Bild 6) zeigt die berechneten Versorgungsspannungen für das Netzwerk in Bild 6, das eine Hauptverbindungsleitung in voller Länge mit einer begrenzten Zahl von Geräten darstellt. In der Ausleuchtungsphase eines neuen Netzwerks müssen ähnliche Berechnungen angestellt werden, um die Art der benötigten Verdrahtung und Stromversorgung zu bestimmen.

Wenn bei vorhandenen Systemen die Dokumentationen der Anlage Ausführungszeichnungen mit Ausleuchtungsdaten und Informationen über den Anlagenplan und Leitungslängen enthalten, sollten diese Daten als Hilfe bei der Fehlersuche herangezogen werden. Jede Abweichung von den Ausführungszeichnungen ist ein Hinweis auf die Qualität der Leitungsinstallation und Anschlüsse und kann vielleicht helfen, den mit der Fehlersuche Beauftragten zur Lage einer fehlerhaften Verbindung zu führen.



**Bild 6:** Berechnung der Spannungsabfälle durch angeschlossene Geräte und ihre Entfernungen von der Stromversorgung

|                             | Gerät 1 | Gerät 2 | Gerät 3 | Gerät 4 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Entfernung von Versorgung   | 100 m   | 500 m   | 1000 m  | 1900 m  |
| Segmentlänge (Einzelleiter) | 100 m   | 400 m   | 500 m   | 900 m   |
| Segmentwiderstand           | 4,52 Ω  | 18 Ω    | 22,6 Ω  | 40,7 Ω  |
| Gesamtkupferwiderstand      | 4,52 Ω  | 22,6 Ω  | 45,2 Ω  | 85,88 Ω |
| Gerätestrom                 | 25 mA   | 25 mA   | 25 mA   | 25 mA   |
| Gesamtstrom                 | 100 mA  | 75 mA   | 50 mA   | 25 mA   |
| Spannungsabfall im Segment  | 0,45 V  | 1,36 V  | 1,13 V  | 1,02 V  |
| Gesamtspannungsabfall       | 0,45 V  | 1,81 V  | 2,94 V  | 3,96 V  |

**Tabelle 1:** Versorgungsspannungsberechnungen für das Netzwerk in Bild 6

Da Stromschwankungen (Lastschwankungen) unvermeidlich sind, müssen Systementwickler bei der Auswahl einer Stromversorgung und eines Spannungspegels die Volllast-Ausgangsspannung der Stromversorgung als Grundlage nehmen und gleichzeitig jeden Spannungsabfall im Stromverstärker berücksichtigen.

### Signalpegel

Der Signalpegel wird als Spitze-Spitze-Wert der Wechselspannung gemessen. Er steht in direkter Beziehung zur Impedanz der Netzwerkhauptleitung, und jede Abweichung von der Nennimpedanz wirkt sich auf die Signalpegel aus.

Eine häufige Ursache für falsche Impedanz ist die Verwendung zu weniger oder zu vieler Netzwerkabschlusswiderstände. Mehr oder weniger als zwei Abschlusswiderstände pro Hauptleitungssegment führen zu einer falschen Signalamplitude aufgrund von Impedanz sowie Reflexionen und Verzerrungen.

Ein dritter Abschlusswiderstand verursacht eine Signaldämpfung von ca. 3 dB (-30 %). Ein fehlender oder defekter Abschlusswiderstand führt zu einem Anstieg der Amplitude um bis zu 60 % über den Nennwert.

Lange Leitungsstrecken dämpfen ebenfalls Signale. In Fieldbus H1-Systemen gebräuchliche Leitungen dämpfen Signale um ca. 0,3 dB pro 100 m oder 5,7 dB über die gesamte Länge einer 1900-m-Hauptverbindungsleitung. Der Wert 5,7 dB bedeutet, dass für jedes Volt eines Signals, das an einem Ende der Leitung eingespeist wird, nicht mehr als 520 mV am anderen Ende der Leitung zu erwarten sind.

Die Nennamplitude für die Ausgangsspannung jedes Geräts ist 800 mVpp bis 900 mVpp hierbei steht „pp“ für „Peak-to-Peak“, den Spitze-Spitze-Wert). Bei einer bestimmten Entfernung im Netzwerk kann die Amplitude ohne Fehlergefahr bis zu 50 % niedriger sein.

Das Fluke 125 kann konfiguriert werden, die Spitze-Spitze-Amplitude oder die minimalen oder maximalen Abweichungen des Signals im Vergleich zur Vorspannung zu messen. Genau wie die zuvor beschriebenen DC-Spannungsmessungen vergleicht das Fluke 125 die Istmesswerte mit eingestellten Grenzwerten und zeigt auf seinem Bildschirm zusammen mit dem Istmesswert klar an, ob die Messwerte „gut“ oder „schlecht“ sind.

Die gebräuchlichste Messung ist die Spitze-Spitze-Amplitude. Siehe Bild 7. Ein Benutzer des Geräts kann Messwerte nach Wunsch mit eingestellten Standardwerten vergleichen oder stattdessen alternative, benutzerdefinierte Werte eingeben. Wenn ein Grenzwert auf einen anderen Wert als den Standardwert eingestellt ist, zeigt der Text ein Sternchen (\*), wie an der Linie der Vorspannung „Vbias“ in Bild 7 zu sehen ist.

Überprüfen Sie bei der Fehlersuche die Signalpegel an verschiedenen Stellen im Netzwerk, um zu ermitteln, ob die Werte sinnvoll sind. Suchen Sie nach Mustern in Amplitudenunterschieden. Plötzliche Unterschiede auf einer Seite einer Abzweigdose sind beispielsweise ein Warnzeichen, das auf das Vorliegen eines Hardwarefehlers hindeutet.

Wenn ein bestimmtes Gerät Schwierigkeiten zu verursachen scheint, messen Sie alle Seiten der Abzweigdose: ankommende Hauptleitung, abgehende Hauptleitung und Abzweigleitung. Es dürfen hier keine Unterschiede bei Signalpegel oder Versorgungsspannung vorliegen.

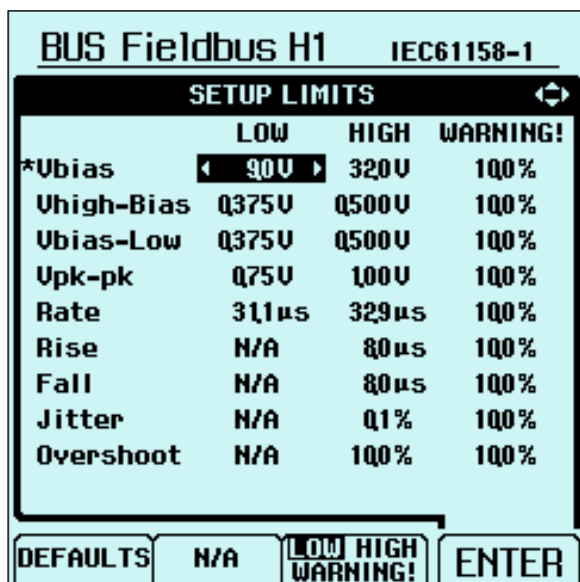
Nehmen Sie außerdem eine Messung am Geräteende der Abzweigleitung vor und vergleichen Sie diesen Messwert mit denen, die an der Abzweigdose registriert werden. Im Übertragungsmodus sollte ein Gerät ein Signal im Bereich von 800 mVpp bis 900 mVpp erzeugen. Signale über 1000 mVpp deuten einen falschen Hauptleitungssegmentabschluss an.

Gewöhnlich sind abhängig vom Abstand zum Sender Signale im Bereich 250 mV bis 950 mV akzeptabel. Pegel unter 250 mVpp verursachen wahrscheinlich Fehler in Feldbusgeräten und müssen weiter untersucht werden.

### Signalqualität und Rauschen

Allgemein gesprochen werden Signale an einem Bus als „digitale Signale“ bezeichnet, als ob sie ihren Zustand fast augenblicklich von 0 (Low) auf 1 (High) ändern würden. In Wirklichkeit gibt es zeitliche Übergänge unterschiedlicher Dauer. Bei einigen Netzwerktypen ist die Geschwindigkeit von Signalübergängen ziemlich kritisch.

Bei Fieldbus-Netzwerken sind Übergangsgeschwindigkeiten an



**Bild 7:** Konfigurationsbildschirm zum Ändern der Prüfgrenzwerte

sich nicht so kritisch. Eine zu starke Verlangsamung der Übergänge kann jedoch letztendlich zur Signalabschwächung führen, wenn die Übergänge so lange dauern, dass die flachen Ober- und Unterkanten von Signalen sich nicht stabilisieren. Aus diesem Grund kann das Fluke 125 die Anstiegs- und Abfallzeiten von Impulsen registrieren und zeigen, ob die Zeiten innerhalb der voreingestellten oder benutzerdefinierten Grenzwerte liegen.

Zu langsame Übergänge (Flanken) können darauf hinweisen, dass das Hauptleitungssegment zu lang ist, die Leitungsspezifikation falsch, die Leitung beschädigt oder ein Abschlusswiderstand defekt ist oder fehlt. Eine Überprüfung der Übergangszeiten des Signals zeigt alle Unterschiede in diesem Parameter im Netzwerk und hilft damit, Hardwarefehler einzugrenzen.

Überschwingen von Impulsen ist ebenfalls ein Anzeichen von Impedanzen außerhalb der Vorgaben in einem Netzwerk. Ein defekter oder fehlender Abschlusswiderstand oder falsche Verdrahtung kann diese Anomalien verursachen. Starkes Überschwingen sollte daher weitere Überwachung der Hardware veranlassen.

Wenn das Netzwerk Störuschen von anderen Geräten aufnimmt, führt dies zu einer Abnahme der Signaltreue und zeigt sich als Rauschen in der Signalfrequenz sowie als Instabilität der Flanken. Diese Instabilität wird häufig als Jitter bezeichnet, was anzeigt, dass Übergänge nicht genau mit dem Systemtakt übereinstimmen. Zu viel Jitter kann zum Kommunikationsverlust führen.

### Visuelle Überprüfung von Signalformen

Eine weitere Analyseform, die das Fluke 125 anbietet, ist der sogenannte Eye-Pattern-Modus („Augendiagramm“-Modus) zur Sichtprüfung von Signalen an einem Bus. Nach Auswahl der Betriebsart zeigt der Bildschirm des Fluke 125 die Kurvenform des Wechselspannungssignals am Bus. Der Eye-Pattern-Modus wendet einen dauerhaften Nachleuchtmodus auf dem Bildschirm an. Eine gezeichnete Kurve bleibt auf dem Bildschirm, bis der Benutzer entscheidet, den Bildschirm zu löschen oder die Betriebsart des Geräts zu ändern.

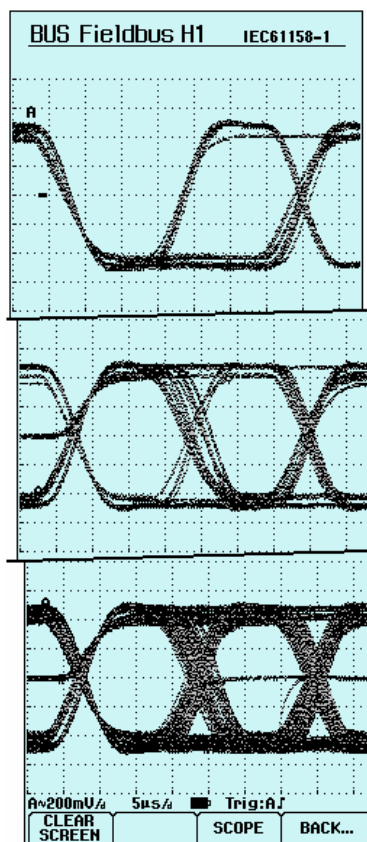
Dieser spezielle Oszilloskopmodus gibt einem Benutzer einen ausgezeichneten Einblick in die Busaktivität und die Gesamtsignal-

qualität. (Selbstverständlich muss Aktivität am Bus vorliegen, damit das Oszilloskop überhaupt Kurven aufzeichnet.)

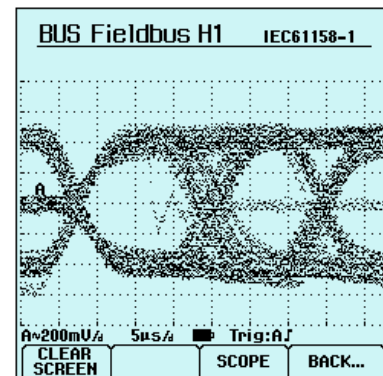
Langsame Flankenübergänge zeigen nicht unbedingt Netzwerkprobleme an, große Unterschiede bei der Geschwindigkeit der Übergänge sind jedoch Anlass für eine weitere Untersuchung.

Wenn gelegentlich eine Kurve mit einer deutlich unterschiedlichen Wellenform erfasst wird, liegen aller Wahrscheinlichkeit nach Hardwareprobleme eines einzelnen Geräts vor oder es wird nicht richtig gespeist. Das Eingrenzen des Orts dieses Geräts kann durch Überwachung mehrerer verschiedener Stellen entlang der Hauptverbindungsleitung erfolgen, während die normale Signalabschwächung berücksichtigt wird. Je näher am Übertragungsgerät die Überwachung erfolgt, desto größer ist die Signalamplitude der Impulse aus dem betreffenden Gerät.

Eine breite Streuung der hohen und niedrigen Pegel kann als Anzeige für Signalabschwächung entlang der



**Bild 8:** Diese Bildschirme von Fluke 125 zeigen, wie die Kurve über aufeinander folgende Erfassungen aufgebaut wird, mithilfe des Eye-Pattern-Modus des Geräts



**Bild 9:** Ein Fluke 125 Bildschirm, der ein störbehaftetes und verrauschtes Signal zeigt

Hauptverbindungsleitung dienen. Unstetige Verteilung der Signalpegel kann eine Störung im Netzwerk oder ein Gerät angeben, das ein Signal mit einer zu niedrigen Amplitude aussendet.

Über den Eye-Pattern-Modus ist auch eine Analyse des Störpegels im Netzwerk möglich. Rauschen kann das Signal stören und die Kommunikation beschädigen oder stoppen. Mangelhafte Verbindungen in der Leitungsabschirmung oder eine aufgetrennte Abschirmung kann die Aufnahme störender Rauschpegel zulassen.

### Installation und Verlegung

Wenn Motorantriebe vorhanden sind, muss die Netzwerkverdrahtung so weit wie möglich entfernt von den Ausgangsleitungen des Motorantriebs installiert werden. Netzwerkleitungen sind gegenüber Störungen empfindlicher als andere Signalleitungen. Beispielsweise sind die Leitungen zwischen dem Motorantrieb und dem Motor eine wahrscheinliche Ursache für starkes Störuschen.

Sobald Störuschen in eine Abzweigleitung oder ein Segment der Hauptverbindungsleitung induziert wird, wird das Rauschsignal leicht übertragen und zeigt sich wahrscheinlich an verschiedenen Stellen im Netzwerk, abhängig davon, wie das Netzwerk das Störuschen weiterleitet. Diese Wahrscheinlichkeit bedeutet, dass eine Quelle für übermäßiges Störuschen und ein Gerät mit Kommunikationsproblemen nicht unbedingt nah beieinander liegen müssen, damit die Quelle das Gerät beeinträchtigt.

Bild 9, ein weiterer Bildschirmzug, stellt ein etwas verrauschtes Bussignal dar. Überprüfen Sie in diesen Fällen den Rauschpegel auf

mittlerem Pegel oder am unteren Teil des Signals links auf dem Bildschirm (direkt unter der Kurvenmarkierung „A“). Dieser Abschnitt der Signalform stellt die Spannung im eingeschwungenen Zustand am Bus kurz vor der Erfassung von Datenpaketen dar. Da die Leitung hier relativ geräuscharm ist, ist die Signalamplitude an diesem Punkt eine gute Anzeige für den Rauschpegel am Bus.

Da es keinen klaren Grenzwert gibt, der als akzeptabel oder als die sichere Fehlerquelle angegeben werden kann, ist die Bewertung

von Störgeräuschsignalen notwendigerweise etwas subjektiv. Starkes Busrauschen ist jedoch immer noch eine wahrscheinliche Ursache für Kommunikationsfehler. An dieser Stelle einige Leitlinien:

- Ein Rauschpegel unter 50 mVpp bei einem Signal von 800 mVpp bedeutet ein fast perfektes Signal.
- Ein Rauschpegel von mehr als 100 mVpp bei einem Signalpegel von nur 500 mVpp wird wahrscheinlich häufige Kommunikationsfehler verursachen.

## Datenanalyse und Schlussfolgerungen

Nach Abschluss der hier beschriebenen Prüfungen sollten durch Zusammenstellung der erfassten Daten und Analyse der Ergebnisse Schlussfolgerungen über die Geschehnisse im Netzwerk und die wahrscheinliche Lage der Schwachstellen möglich sein. Manchmal wirft die Analyse der verfügbaren Daten zusätzliche Fragen auf, die dann zusätzliche Prüfungen erfordern und dadurch Lösungen für störende Netzwerkfehler ergeben können.

## Anhang

Beispiel für Leitungseigenschaften

| Eigenschaften von Fieldbus H1-Leitungen        |  |                         |                     |
|--|--|-------------------------|---------------------|
| Allgemeine Eigenschaften                       |  |                         |                     |
| Norm   | IEC 61158 Teil 2   |                         |                     |
| Leiter   | Kupferlitze  |                         |                     |
| Leiterdurchmesser (mehrdrähtig)                | AWG18  | AWG16                   | AWG14               |
| Leiterdicke (ca.)                              | 1 mm   | 1,3 mm                  | 1,6 mm              |
| Leiterquerschnitt                              | 0,8 mm <sup>2</sup>  | ca. 1,3 mm <sup>2</sup> | 2,1 mm <sup>2</sup> |
| Farbliche Kennzeichnung                        | positiver Leiter = orange; negativer Leiter = blau.                                  |                         |                     |
| Abschirmung                                    | Aluminiumband in Kontakt mit durchgehender Kupferleitung, umhüllt mit Geflechtschirm |                         |                     |
| Gesamtdurchmesser                              | 7,9 mm   | 9,5 mm                  | 11,5 mm             |
| Gewicht  | 85 g/m   | 110 g/m                 | 160 g/m             |
| Elektrische Eigenschaften                      |  |                         |                     |
| Leiterwiderstand (pro Leiter)                  | 21,8 Ω/km  | 13,7 Ω/km               | 8,6 Ω/km            |
| Abschirmungswiderstand                         | 9 Ω/km   | 6 Ω/km                  | 6 Ω/km              |
| Dämpfung bei 39 kHz                            | 3 dB/km  | 2,7 dB/km               | 2,7 dB/km           |
| Induktivität                                   | 0,65 mH/km   |                         |                     |
| Gegenkapazität                                 | 60 nF/km   |                         |                     |
| Kapazitive Kopplung zu Erde                    | max. 2 nF/km   |                         |                     |
| Charakteristischer Leitungswiderstand          | 100 ±20 Ω  |                         |                     |
| Prüfspannung (Ader zu Ader und Ader zu Schirm) | 1500 V   |                         |                     |
| Betriebsspannung                               | max. 300 V   |                         |                     |

Tabelle 2: Eigenschaften dreier typischer Fieldbus H1-Hauptleitungen

„FOUNDATION Fieldbus“ ist ein eingetragenes Warenzeichen der Fieldbus Foundation.  
Alle Warenzeichen sind Eigentum ihrer rechtmäßigen Besitzer.

Als Standardeinstellungen für Fieldbus im Fluke 125 verwendete Grenzwerte der Busstabilität, basierend auf IEC 61158-2

| Fieldbus H1              |                  |         |
|--------------------------|------------------|---------|
|                          | Min.             | Max.    |
| Vorspannung              | 5,5              | 35,0    |
| V(Vorspannung – hoch)    | 0,375            | 0,500   |
| V(Vorspannung – niedrig) | 0,375            | 0,500   |
| Vpp                      | 0,75             | 1,00    |
| Geschwindigkeit          | 31,1 µs          | 32,9 µs |
| Bitbreite                | 32 µs Nennwert   |         |
| Anstiegszeit             | nicht zutreffend | 200 ns  |
| Abfallzeit               | nicht zutreffend | 200 ns  |
| Jitter                   | nicht zutreffend | 0,1 %   |
| Überschwingung           | nicht zutreffend | 10,0 %  |

**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