

**press**

Sonderdruck - Reprint

SCHENCK PROCESS GmbH

aus WDM - WÄGEN, DOSIEREN + MISCHEN Heft 4, Juli 2001

# **Serielle Kommunikation in der Dosiertechnik**

Dr.-Ing. Bernd Allenberg



## Serielle Kommunikation in der Dosiertechnik

Dr.-Ing. Bernd Allenberg

### Zusammenfassung

Prozessgesteuerte Dosiergeräte werden heute meist über Feldbusse in programmierbare Steuerungen oder Prozeßleitsysteme eingebunden und ermöglichen neue Anlagenarchitekturen. Die Wahl des geeigneten Busses, die Bushardware und die normgerechte Anschaltung sind jedoch Voraussetzung für einen störungsfreien Betrieb der Kommunikationseinrichtung. Der Beitrag hilft, die in diesem Zusammenhang benutzten Strukturen und Begriffe zu verstehen. Die wichtigen Feldbusse werden vorgestellt und bewertet, der Datenumfang von und zu der Dosierstation umrissen.

### Einleitung

In den letzten Jahren wurde der konventionelle Signalaustausch zwischen Komponenten der Automatisierungssysteme über Standardsignale 0 (4) - 20 mA und parallele Binärsignale zunehmend von seriellen Verbindungen abgelöst. Die wesentlichen Gründe dieser Entwicklung liegen in einer intensiveren Kopplung der Systemteile über deutlich mehr Signale für eine verbesserte Diagnostik, verbunden mit dem Wunsch, die Anzahl der Kabel und damit die Kosten zu reduzieren.

Bei einer seriellen Kommunikation werden Informationen nacheinander übertragen. Kontinuierliche Werte werden dazu digitalisiert und als Folge von Null und Eins, den Bits, übertragen. Null und Eins werden dabei durch zwei physikalische Zustände, Spannungspegel oder Lichtsignale, im Übertragungsmedium dargestellt. Die Hauptvorteile der seriellen Verbindung sind:

- Verringerte Verkabelungskosten, da ein Kabel mehrere Informationen überträgt
- Höhere Zuverlässigkeit, da die Anzahl der Kontaktstellen reduziert wird

### Summary

Today, process-controlled proportioning devices are in most cases incorporated in programmable control units or process control systems via field buses and allow new system architectures to be realized. Selection of the appropriate bus, the bus hardware and interfacing in accordance with the relevant standards are, however, the prerequisites for an interference-free operation of the communication system. The article helps to understand the structures and terms used in this connection. The important field buses are presented and analysed, the data volume put out and received by the proportioning station is described.

- Weniger physikalische Schnittstellen und damit Kostenreduktion
- Genauere Übertragung von Meßwerten, da der Störabstand größer ist
- Kostengünstige Verfügbarkeit von deutlich mehr Signalen und damit bessere Diagnostik

### MechaTronik - Architektur

Anlagenstrukturen und Verkabelung vereinfachen sich bei Einsatz von Feldbussen entscheidend. Grundidee ist die Integration der Elektronik in die Dosiermechanik. Die so entstehende Einheit, die MechaTronik-Dosierstation wird mittels eines Leistungskabels versorgt und kommuniziert nur über ein Datenkabel mit dem Rest der Anlagensteuerung.

Da Mechanik und Elektronik bereits fertig verkabelt und geprüft sind, ist die Steuerung nach Anschluß der externen Kabel funktionsbereit. Die Idee des Plug & Play aus der PC-Welt ist hier perfekt umgesetzt. Die Aufwendungen für Planung, Elektroräume, Verkabelung und Inbetriebnahme werden so entscheidend verringert.



Bild 1: MechaTron-Differentialdosierwaage (Foto: Schenck Process, Darmstadt).

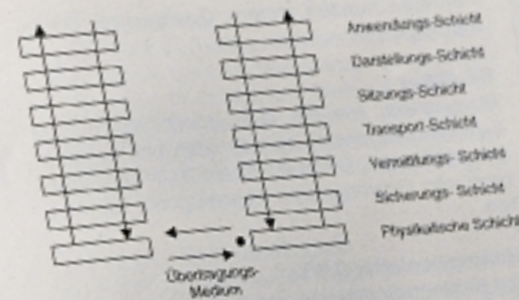


Bild 2: Das ISO/OSI-Schichtenmodell.

Eine Nachricht durchläuft bei Sender alle Schichten von oben nach unten, um dann über die physikalische Schicht zum Empfängergerät übertragen zu werden. Dort durchläuft sie die Schichten von unten nach oben. Für die beteiligten Applikationsprogramme ist die Übertragung transparent, d. h. sie erkennen nicht, daß die Nachricht auf dem Übertragungsweg mehrfach umgeformt wird.

### Physikalische Schicht

Die Normung dieser Schicht definiert die Physik des Übertragungsmediums, in der Dosiertechnik meist ein elektrisches Kabel, und oft auch die Anschlusstechnik. Der vorliegende Beitrag geht nur auf die in der Dosiertechnik häufig vorkommenden Spezifikationen ein. Oftmals werden Zusatzsignale auf dem Buskabel definiert, z. B. eine Leistungsversorgung für die Teilnehmer. Die Kompatibilität der physikalischen Schicht zweier Geräte läßt keine Aussage über die Kompatibilität der höheren Schichten zu.

Insbesondere hohe Baudraten zwingen zur Beachtung der physikalischen Randbedingungen. Dabei haben die Anschaltbaugruppen aber auch die Kabel einigen Vorschriften zu gehorchen. Häufig wird der elektrische Abschluß des Buskabels vergessen, mit der Folge, daß sich keine zuverlässige Kommunikation einstellen kann.

### Wichtige Hardware-Standards RS 232

Einfache und preiswerte Verbindung über mindestens 3 Adern (Senden/Empfangen/Masse) für kurze Entfernungen (wenige Meter), Punkt-zu-Punkt-Topologie und Full-Duplex-Betrieb. Die RS 232 ist in den meisten PCs als Standard enthalten und wird häufig zum Anschluß von Servicegeräten an Dosieraggregate verwendet.

### RS 422

Störfeste Full-Duplex-Übertragung über 4 Adern (2xSenden, 2xEmpfangen) für Entfernungen von

Bild 1 zeigt mit dem MechaTron eine solche Dosierstation. Die gesamte Elektronik ist im angebauten Schaltkasten enthalten. Nach Anlegen der Netzversorgung, dem Legen der Verbindung zum Feldbus und der Tarlierung ist das Dosiersystem einsatzbereit. MechaTron fügt sich über den Feldbus nahtlos wie ein integraler Bestandteil in die Leittechnik ein. Der Einsatz serieller Kommunikationsverbindungen bedarf jedoch einer Reihe von Vorkenntnissen beim Planungs-, Installations- und Servicepersonal. Dieser Beitrag leistet einen Einstieg in die Problematik, speziell fokussiert auf die Dosiertechnik, ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Die technischen Details sind weitgehend über internationale Normen oder Firmenstandards festgelegt. Als Referenz dient die Literaturliste.

### Kommunikationsschichten - Kapselung von Details

Schon früh wurde erkannt, daß die Komplexität der seriellen Kommunikation nur über eine klare Strukturierung beherrschbar wird. Das ISO/OSI-Modell der vertikalen Schichten nach Bild 2 ist allgemein anerkannt. Jede Schicht übernimmt eine Aufgabe und gibt Nutzdaten nur weiter, wenn die Aufgabe fehlerfrei bearbeitet wurde. Ansonsten werden Störungsmeldungen an die nächsthöhere Schicht abgesetzt. Die spezifischen Eigenschaften der einzelnen Schichten sind buspezifisch in der jeweiligen Norm festgelegt.



mehreren hundert Metern. Geeignet für Linien-Topologie.

### RS 485

Physikalisch wie RS 422, jedoch werden nur 2 Adern sequenziell zum Senden und Empfangen verwendet. Diese Hardware ist in der Steuerung von Dosiergeräten überwiegend anzutreffen.

### Lichtwellenleiter (LWL)

Aus Kostengründen und wegen der aufwendigen Handhabung hat sich der LWL für Dosiersteuerungen bislang nicht etablieren können. Die Vorteile liegen in der hohen Kanalkapazität und der überragenden Potenzialtrennung.

### Ethernet

Dieses aus der Bürokommunikation bekannte Medium (Koaxialkabel) findet derzeit Einzug in die Anlagenautomatisierung. Der Vorteil ist die hohe Übertragungsrate bis 100 Mbaud, mehr aber die mit diesem Medium verbundenen höherer Kommunikationsschicht TCP/IP, die den Zugriff auf Dosiersteuerungen von der Bürowelt aus erlaubt. Die Zukunft wird zeigen, bis zu welcher Automatisierungsebene sich Ethernet durchsetzen wird.

### Übertragungsgeschwindigkeit

Die physikalische Schicht legt die erreichbare Übertragungsgeschwindigkeit fest. Die Geschwindigkeit auf der Leitung wird in Bit pro Sekunde gemessen, der Baud-Rate. Gebräuchlich sind Raten zwischen 9600 baud und mehreren Megabaud. Die erreichbare Geschwindigkeit wird durch das Übertragungsmedium (Art des Kabels), die physikalische Präsentation der Bits und die Länge des Kabels festgelegt.

Oft liegt die gewählte Baudrate unter der physikalisch möglichen, da sonst die Übertragungsteilnehmer durch Kommunikationsaufgaben überlastet würden oder die Daten von der Dosiersteuerung langsamer als die Zykluszeit der Übertragung aufgefressen würden.

### Topologie

Bereits der Planer muß sich mit der Art der Verbindung auseinandersetzen und die für die Aufgabe beste Verbindungsart wählen. Oft wird die Topologie der Verbindung bereits bei Wahl des Busses festgelegt. Die gebräuchlichsten Topologien werden im folgenden behandelt.

### Punkt-zu-Punkt-Verbindung, sternförmige Verbindung

Jedes Endgerät hat ein eigenes Kabel zur Anlagensteuerung gemäß Bild 3. Auf diesem Kabel läuft demnach nur der Datenaustausch zwischen zwei Partnern. Vorteile dieser Topologie:

- Das Datenaufkommen ist unabhängig von der Anzahl der Teilnehmer. Damit kann streng deterministisches Verhalten erreicht werden.
- Bei Ausfall einer Leitung ist nur die Kommunikation zu einem Teilnehmer betroffen, die zu den anderen Teilnehmern besteht weiter.
- Da jeweils nur die für zwei Partner wichtigen Daten übertragen werden, ist die Zykluszeit kurz.

Nachteil ist der zu anderen Topologien hohe Verkabelungsaufwand und die Anzahl der Schnittstellen am Sternpunkt. Sternförmige Verbindungen findet man bei der älteren Kopplung 3964R, aber auch ein lokaler Drucker an einem PC ist Punkt-zu-Punkt angebunden.



Bild 3: Punkt-Punkt Verbindung.

Kommunikationsmedien zum Anschluß von mehr als zwei Teilnehmern werden Bus genannt.

### Linien-Topologie

Alle Teilnehmer werden über ein Kabel mit entsprechenden Abgängen gemäß Bild 4 angeschlossen. Die Kommunikation mit den einzelnen Teilnehmern läuft nun nacheinander. Vorteil dieser Topologie:

- Die zentrale Steuerung benötigt nur eine Schnittstelle für mehrere Teilnehmer.
- Es wird nur ein Kabel zu den dann meist benachbart stehenden Dosiergeräten benötigt. Der Verkabelungsaufwand reduziert sich somit.

Nachteil der Linien-Topologie ist die verlängerte Zykluszeit und der Ausfall der Kommunikation allen Teilnehmern bei physikalischen Problemen auf dem Übertragungsmedium oder bei Ausfall der Schnittstelle der zentralen Steuerung. Die Linien-Topologie findet man z. B. bei PROFIBUS.

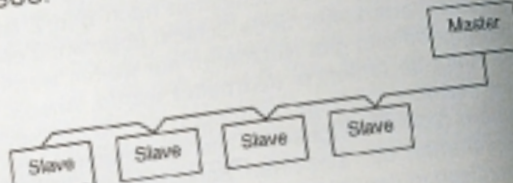


Bild 4: Linien-Topologie.

### Ring-Topologie

Jeder Teilnehmer ist nur mit dem jeweils nächsten über ein Kabel verbunden, wie Bild 5 zeigt. Die Informationen für die nächsten Teilnehmer am Bus werden durchgereicht, die Informationen für den Teilnehmer selbst entnommen und verarbeitet. Vorteile dieses Konzepts gegenüber der Linien-Topologie:

- Größere Kabellänge ohne Zwischenverstärkung möglich
  - Bei einigen Systemen kann der Ring signaltechnisch in beiden Richtungen betrieben werden, so daß bei Ausfall an einer Stelle die Kommunikation zum Rest der Anlage aufrecht erhalten werden kann.
- Die Vorteile werden durch einen erhöhten Aufwand in der Busanschaltung erkauft.



Bild 5: Ring-Topologie.

### Sicherungsschicht

Die Schicht 2 des IOS/OSI-Modells stellt den störungsfreien Austausch der Informationen sicher. Übliche Verfahren sind Prüfsummen über einzelne Zeichen und über längere Pakete.

Die Nutzdaten werden in Pakete zusammengefaßt, üblicherweise 8 Bit, einem Byte. Dieses Paket wird eingerahmt von einer Startkennung, einer Prüfsumme und einer Ende-Kennung. Da mit Dosiersystemen stets mehr als 8 Bit an Nutzdaten ausgetauscht werden, erfolgt die Aneinanderreihung der Bytes zu längeren Paketen, einer Prüfsumme und einer Ende-Kennung genannt, enthält weiterhin in Bussystemen hohe Sicherheit zur Erkennung von Übertragungsfehlern. Die Prüfsumme stellt eine fehlerfreie Nutzdaten an die übergeordneten Schichten weiter.

Durch den Kommunikations-Overhead kann die Nettodatenrate deutlich absinken, bei ungünstigen Verhältnissen beträgt das Verhältnis aus Nutz-(Netto-)Daten und Gesamtmenge der Information (Bruttodaten) nur 10%. Es wird leicht verstanden, daß eine Verbindung mit hoher Baudrate aber großem Overhead auch nicht schneller überträgt als ein Bus mit kleiner Baudrate aber geringem Overhead.

### Zugriffssteuerung

Wie bei einer Diskussion können nicht alle Teilnehmer gleichzeitig am Bus reden, da sonst niemand den anderen versteht. Mehrere Verfahren für die Zugriffssteuerung sind in der zweiten Schicht eines Busprotokolls bekannt. Aus dem gewählten Verfahren leiten sich einige Eigenschaften der Kommunikation ab.

### Full-Duplex und Half-Duplex

Bei einer Full-Duplex-Übertragung können beide Partner prinzipiell gleichzeitig Informationen übertragen, vorausgesetzt, das Gegenüber ist immer empfangsbereit. Dieses Verfahren kommt nur bei einer Punkt-zu-Punkt-Topologie in Frage. Für jede Übertragungsrichtung existiert dabei ein eigener Übertragungskanal. Die Kommunikation mit einem lokalen Drucker arbeitet z. B. Full-Duplex.

Beim Half-Duplex-Verfahren werden die Informationen in den beiden Übertragungsrichtungen nacheinander im selben Übertragungskanal transportiert. Dieses Verfahren findet man bei einer Linien-Topologie des Übertragungsmediums.

### Master - Slave

Ein Teilnehmer, der Master, organisiert die Übertragung. Er beginnt die Kommunikation mit einem Partner, dem Slave, und läßt anschließend Zeit für Rückmeldungen dieses Teilnehmers. Anschließend kommuniziert er mit dem nächsten Teilnehmer. Bei Ausfall des Masters findet keine Kommunikation mehr statt.

Die Bustopologie ist die heute in der Steuerung von Dosiergeräten die am weitesten verbreitete Ausführung. In der Anlagensteuerung sind die dem Prozeß am nächsten liegenden Teilnehmer meist Slave, die übergeordneten Geräte Master am Bus.

Der Master kann bei einigen Bussystemen seine Master-Eigenschaft auch an andere abgeben und so mehrere Master am Bus ermöglichen. Bei den in der Dosiertechnik üblichen Bussen ist diese Kommunikationsstruktur jedoch eher die Ausnahme.

Typischer Vertreter des Master-Slave-Konzepts ist der PROFIBUS.

### Token Ring

Die Berechtigung, das Übertragungsmedium zu belegen, der Token, wird von einem Teilnehmer zum nächsten weitergereicht. Solange ein Teilnehmer das Token hat, ist er Master am Bus. Token verwalten z. B. die Zugriffe mehrerer Master an einem PROFIBUS.

### Kollisionsdetektion (CDMA)

Wer Informationen weitergeben möchte, beginnt mit der Kommunikation. Gleichzeitig prüft er auf



dem Bus, ob seine Information unverfälscht anliegt. Ist das nicht der Fall, so beendet er seinen Beitrag und versucht es später nochmals. Das Verfahren ist daher nicht für alle Informationen bezüglich der Zykluszeit streng deterministisch. Vertreter dieses Zugriffsverfahrens sind Ethernet und CAN-Bus.

### Kommunikationsschichten 3 - 7

Sehr häufig werden Dosiergeräte in den Kommunikationsebene einfachen Geräten, wie Ein/Ausgangsklemmen, gleichgesetzt und daher an die dort verwendeten Busse angebunden. Busse in diesem Bereich sind gekennzeichnet durch eine kleine Anzahl von Nutzdaten, die aber sehr häufig aktualisiert werden müssen. Entsprechend klein muß der Verarbeitungsaufwand pro Kommunikationsschicht gehalten werden. Oft werden daher die Schichten 3 - 7 bei den hier interessanten Bussystemen nicht vollständig implementiert. Die Aufgaben dieser Schichten sollen daher hier auch nur angerissen werden.

**Vermittlungsschicht:** Auswahl des Informationsweges zwischen unterschiedlichen Teilnetzen.

**Transportschicht:** Einrichtung von abstrakten Übertragungskanälen und Unterteilung langer Nachrichten in Teilpakete.

**Sitzungsschicht:** Aufbau und Überwachung einer engen Kommunikationsbeziehung zwischen den Partnern

**Darstellungsschicht:** Interpretation der Nutzdaten und ggf. Kodierung/Dekodierung

**Anwendungsschicht:** Applikationsprogramm, z. B. die Dosiersteuerung oder die SPS

Höherwertige Feldbusse definieren auch Teile der Schichten 3-7, so z. B. PROFIBUS-FMS, CAN-Open oder DeviceNet.

### Zykluszeit

In der Anlagentechnik verändert sich der tatsächliche Zustand eines Prozesses fortwährend. Wird ein Zustand gemessen und seriell übertragen, so ist die Information bei Eintreffen am Empfänger bereits veraltet. Daher wird das Prozeßabbild nach einiger Zeit erneut übertragen. Die erreichbare Zykluszeit hängt von der Übertragungszeit für die Information zu einem Teilnehmer, aber auch von dem sonstigen Verkehr auf dem Kommunikationsmedium ab. Die Baud-Rate der physikalischen Schicht, aber auch der durch die Schichten 2 - 6 zusätzlich generierte Overhead, bestimmen die Übertragungszeit einer Information. Wird nacheinander noch Information zu anderen Teilnehmern übertragen, verlängert sich der mögliche Zyklus entsprechend.

In wie weit eine Verzögerung des Prozeßabbildes tolerierbar ist, entscheidet die Geschwin-

digkeit, mit der auf eine Änderung des Prozesses reagiert werden muß. Werden Regelkreise über die serielle Verbindung geschlossen, so sollten die Informationen nie älter sein als die Zeitkonstante des zu regelnden Prozesses selbst. Andererseits arbeiten auch Dosiersteuerungen je nach Aufgabe intern in Zyklen im Bereich von einigen Millisekunden bis zu Sekunden. Abfragen des Prozessabbildes in einem kürzeren Zyklus als der Prozessabbildes führen zu mehrfachen Übertragungen für einen solchen Fall Übertragungszyklus sind in einem solchen Fall natürlich nutzlos.

Bei einer Differentialdosierkonstante und zur Erreichung einer guten Dosierbehälter und zur schnellen Nachfüllung des Dosierbehälters nötig sein, Zykluszeit von weniger 100 ms zu erreichen. Durch die Zwischenschaltung eines nicht hohen Lieferumfangs des Dosiergeräteherstellers im Übertragungsmedium kann dieser die Qualität der Dosierung nicht mehr garantieren. Daher wird hier in der Regel von einer Übertragung der internen Signale der Dosiergeräte über den Anlagenfeldbus abgesehen.

Ist der Mensch in die Reaktionskette eingebunden, reicht meist eine Zykluszeit von 2 Sekunden.

### Standardisierte Bussysteme

In der Automatisierungstechnik wird es nie ein einziges Kommunikationsverfahren für alle Ebenen geben, zu verschiedenen sind die Anforderungen in den Ebenen. Bild 6 zeigt die unterschiedlichen Anforderungen bezogen auf die Anzahl der Teilnehmer, die in einem Zyklus auszutauschen Daten, der erforderlichen Zykluszeit und der Anzahl der Teilnehmer, die wiederum Busanschaltung hat. Zusätzlich sind die am weitesten verbreiteten Feldbusse vermerkt. Auch wenn die Promotoren der entsprechenden Bussysteme den Applikationsbereich gerne sehr breit darstellen, so ist er doch nach unten meist über die Kosten und die Zykluszeit begrenzt. Große Datenmengen lassen sich andererseits mit den Feldbussen nur aufwändig transportieren, so daß sich auch hier eine Grenze nach oben ergibt. Das parallele Vorhandensein verschiedener Busse für die selbe Aufgabe läßt sich dagegen nur historisch begründen.

Vorteil der genormten Bussysteme ist die „offene Kommunikation“. Nach Übergabe von Informationen über die Besonderheiten einer Baugruppe, meist in Form einer Datei mit genormten Einträgen, bei PROFIBUS die GSD-Datei, kann die Kommunikation zwischen den Teilnehmern erfolgen. Geräte unterschiedlicher Hersteller

können so am selben Bus betrieben werden, und die Inbetriebnahme erfolgt besonders schnell und einfach.

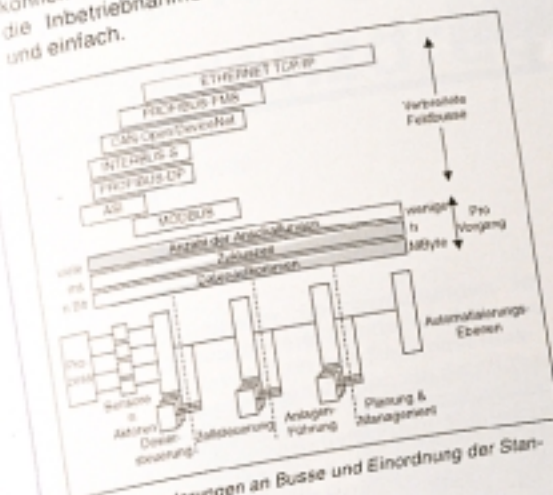


Bild 6: Anforderungen an Busse und Einordnung der Standard-Protokolle.

Neben den genormten Protokollen sind für die Kommunikation von Systemteilen der Gerätefamilie eines Herstellers untereinander weiterhin firmenspezifische Kommunikationsprozeduren im Einsatz, auf die in diesem Rahmen aber nicht weiter eingegangen werden soll. Beispiel dafür ist die Waagezelle mit serieller Anbindung.

Dosiersteuerungen sind heute durchweg mit einer Prozessorleistung bestückt, die der eines PCs entspricht. Für die übergeordnete Steuerung sind bis zu 40 Meßwerte und hunderte von Statusmeldungen interessant. Der Engineering-Platz will weiterhin auf Parameter zugreifen, oft sind mehrere Hundert vorhanden. Zur Steuerung der Dosierung selbst werden allerdings meist weniger Signale benötigt. Diese Aufgabenstellung geht weit über Anforderung bei der Anbindung einer einfachen Ein/Ausgabebaugruppe hinaus, bei der nur wenige Bit an Information zu übertragen sind.

Geeignet für die Kommunikation mit einer Dosiersteuerung wäre z.B. PROFIBUS-FMS, der sich aber am Markt nicht durchsetzen konnte. Industrial Ethernet wäre auch geeignet, hat sich aber am Markt bisher noch nicht etablieren können. Daher erfolgt die Anbindung der Dosiergeräte meist über PROFIBUS-DP, INTERBUS-S, MODBUS oder DeviceNet. Da diese Systeme eher für kleinere Mengen von Nutzdaten ausgelegt sind, erfordert ihr Einsatz größeren Aufwand in der Auswahl der zu übertragenden Daten zum Zeitpunkt der Projektierung. Oft werden auch auf dem genormten Protokoll weitere Vereinbarungen getroffen und Aufgaben der Transportschicht

in die Applikation verlagert. Der Nutzen des Offenen Kommunikationssystems entfällt dann teilweise.

### Datenumfang von und zur Dosiersteuerung

Anders als z. B. für Antriebe, wurde für keinen der verwendeten Feldbusse eine Vereinbarung über die Darstellung der Daten eines Dosiersystems getroffen, d. h. so genannte Profile existieren nicht. Damit sind die Geräte unterschiedlicher Hersteller an genormten Bussen nicht ohne Softwareanpassung auf der Seite des Leitsystems austauschbar.

Zur Steuerung der Dosierung werden folgende Signale als Grundumfang benötigt:

- Start/Stop
- Alarmquittierung
- Förderstärkensollwert
- Chargensollwert (bei chargierenden Systemen)

Grundumfang der Daten vom Dosiersystem:

- Laufmeldung
- detaillierte Alarmmeldungen
- Chargenstatus (bei chargierenden Systemen)
- Ist-Förderstärke
- dosierte Menge

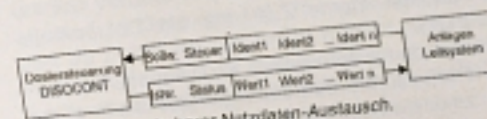


Bild 7: Konfigurierbarer Nutzdaten-Austausch.



# press

Sonderdruck - Reprint

www.bauer-kovallik.de



Mess- und Verfahrenstechnik

SCHENCK PROCESS GmbH  
Marketing Kommunikation  
D-64273 Darmstadt

Telefon: +49 (0) 61 51-32 29 87

Telefax: +49 (0) 61 51-32 27 54

E-Mail: [pr.process@schenck.net](mailto:pr.process@schenck.net)

[www.schenck-process.de](http://www.schenck-process.de)

The  Group

BV-S 2013 DE - 1000.08.01 dr - Alle Angaben sind unverbindlich. Änderungen bleiben vorbehalten.