



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 021 930 A1** 2007.11.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 021 930.9**

(22) Anmeldetag: **11.05.2006**

(43) Offenlegungstag: **15.11.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H04L 12/56** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Kreß, Wolfram, 53721 Siegburg, DE**

(72) Erfinder:  
**gleich Anmelder**

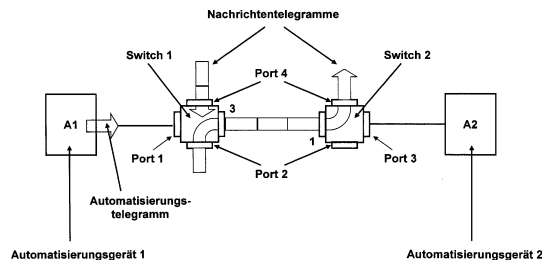
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**WO 03/0 05 653 A1**  
**HOLMEIDE, Oyvind; SKEIE, Tor: VoIP drives real-time Ethernet. Industrial Ethernet Book, Vol. 5, 2001;**  
**SKENDZIC, Veselin; GUZMAN, Armando: Enhancing Power System Automation through the Use of Real-Time Ethernet. SEL Inc., 2004, S. 1-16;**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur exklusiven Bevorzugung von Nachrichtentelegrammen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Kommunikation in einem Ethernetnetzwerk mittels Koppereinheiten, in welchem Automatisierungsgeräte exklusiv bevorzugt ihre Nachrichten austauschen, wobei die exklusiv zu bevorzugenden Nachrichtentelegramme eindeutig in ihrem jeweiligen Protokollheader gekennzeichnet sind und unabhängig vom Verfahren des priorisierten Nachrichtentransport nach IEEE 802.1p/Q mit höchster Priorität nach der Strict-Priority-Queuing Strategie seitens der Koppereinheiten weitergeleitet werden.



**Beschreibung**

Stand der Technik:

**[0001]** Hersteller von Switches versuchen das beste Verhältnis zwischen guter Bandbreitenverteilung und einfacher Umsetzung der Queuing-Strategien zu finden. Prof. Dr. Bernhard G. Stütz und Dipl.-Ing. Toralf Runge von der Fachhochschule Stralsund beschreiben in ihrem Beitrag „REAL-TIME-CORE- UND -EDGE-SWITCHES Klassengesellschaft im Netz – die Theorie“ in network Computing vom 17.03.2004 den Stand der Technik.

**[0002]** Nach dem Stand der Technik folgen die Queuing- oder Scheduling-Strategien den Prinzipien:

- einer fairen Verteilung der Bandbreite auf die verschiedenen Serviceklassen. Dabei wird auch die Bandbreite für besondere Dienste berücksichtigt, so dass es zu bestimmten Gewichtungen bei der Fairness kommen kann.
- Schutz zwischen den verschiedenen Serviceklassen. Eine Serviceklasse mit geringer Priorität darf nicht Queues anderer Serviceklassen beeinflussen.
- nicht genutzte Bandbreite wird anderen Queues zur Verfügung gestellt.

Bekannte Queuing Strategien für Switches:

- First-In First-Out (FIFO),
- Strict-Priority-Queuing (SPQ)
- Strict- und Rate-Controlled-Priority-Queuing (PQ),
- Fair-Queuing (FQ),
- Weighted-Fair-Queuing (WFQ),
- Weighted-Round-Robin-Queuing (WRR), auch als Class-Based-Queuing (CBQ) bezeichnet und
- Deficit-Weighted-Round-Robin-Queuing (DWRR).

**[0003]** Diese bekannten Queuing Strategien von Switches werden in ihrem Verhalten einerseits durch die First-In First-Out- und andererseits durch die Strict-Priority-Queuing Strategie abgegrenzt. Alle anderen bekannten Verfahren stellen in ihrer Wirkung mehr oder weniger eine Mischung dieser beiden Strategien dar.

**[0004]** Betrachtungen in der Automatisierung berücksichtigen immer den schlechtesten Fall. Es nützt wenig best case Zeiten oder typische Zeiten zu betrachten, wenn dann im Betrieb einer Anlage statistisch verteilt Nachrichten später als im typischen Fall ihren Empfänger erreichen und zum Maschinen- bzw. Anlagenstillstand oder Schäden führen.

**[0005]** [Fig. 1](#) zeigt zwei Automatisierungsgeräte A1 und A2. Switch 1 ist über Port 1 mit A1 verbunden und Switch 2 ist über Port 3 mit A2 verbunden. Die

Switches 1 und 2 sind über ihre jeweiligen Ports 1 bzw. 3 miteinander verbunden. Automatisierungsgerät A1 ist Sender des Automatisierungstelegramms. Automatisierungsgerät A2 ist der adressierte Empfänger des Automatisierungstelegramms. Zum dargestellten Zeitpunkt a) leitet Switch 1 ein beliebiges Nachrichtentelegramm, empfangen an Port 2, über Port 3 an Switch 2 weiter. Bevor das Automatisierungstelegramm in Switch 1 über Port 1 einläuft, empfängt Switch 1 an Port 4 ein weiteres beliebiges Nachrichtentelegramm, welches über Port 3 an Switch 2 weitertransportiert werden muss.

**[0006]** [Fig. 2](#) zeigt als Fortsetzung von [Fig. 1](#) in zeitlichen Ablaufschritten a) bis e) den Nachrichtenverkehr nach der First-In First-Out (FIFO) Queuingstrategie. Da beide Nachrichtentelegramme zeitlich vor dem Automatisierungstelegramm Switch 1 erreichen, müssen sie nach dem FIFO Prinzip auch vor dem Automatisierungsprotokoll weitergeleitet werden.

**[0007]** Switches, die nach der First-In First-Out (FIFO) Strategie verfahren, sind für die Automatisierung gänzlich untauglich, da auf der abgebildeten Nachrichtenstrecke in [Fig. 1](#) bzw. [Fig. 2](#) beliebig einlaufende Nachrichtentelegramme Automatisierungstelegramme verdrängen können. Diese Verdrängungs- bzw. Verzögerungszeiten lassen sich nur sehr schlecht abschätzen. Im Beispiel der [Fig. 1](#) bzw. [Fig. 2](#) wurde modellhaft angenommen, dass nur jeweils ein Nachrichtentelegramm zeitlich vor dem Automatisierungstelegramm in einen Switch einläuft, und nur ein Nachrichtentelegramm sich im Speicher des Switches bzw. in der Queue befindet. Es ist leicht nachvollziehbar, dass je nach Speicherkapazität der verwendeten Switches die Verzögerung der hochprioritären Automatisierungstelegramme aufgrund zu langer Verweilzeit im Netzwerk zu deren Verlust führen kann.

**[0008]** Die Priorisierung von Datenströmen ist heute entscheidend für die effiziente Nutzung von Ethernetnetzwerken. Internet-Telefonie (Voice over IP) wäre ohne Priorisierung nicht denkbar.

**[0009]** IEEE 802.1p definiert ein Verfahren für die Priorisierung von Daten auf dem OSI-Layer 2. Die dafür notwendigen Änderungen im Header beschreibt IEEE 802.1Q. Switches lesen die jeweils zugeordnete Priorisierung aus den Headern der Nachrichtenpakete aus.

**[0010]** Im MAC-Header nach IEEE 802.1Q befindet sich hierfür das Tag Control Information (TCI) Feld. Im TCI sind drei Bits für die User Priority (Class of Service) vorgesehen. Mit diesen drei Bits lassen sich acht Werte (0 bis 7) abbilden. Null steht für die geringste Priorität, Sieben für die höchste Priorität.

**[0011]** Jeder Priorität ist eine Verkehrsklasse (traffic

type) zugeordnet. Z. B. ist die höchste Priorität (Wert 7) für die Kontrolle und das Management des Netzwerks selbst reserviert. Die zweithöchste Priorität (Wert 6) ist für interactive voice (voice over IP) Anwendungen reserviert:

Verkehrsklassen nach Priorität:

1. Network Control; High requirement to get through to maintain and support the network infrastructure
2. Voice; less than 10 millisecond delay
3. Video; less than 100 millisecond delay
4. Controlled Load; some important application
5. Excellent Effort; Best Effort for important users
6. Best Effort; ordinary LAN priority
7. Background; bulk transfers, games etc.

**[0012]** Nach der Strict-Priority-Queuing Strategie werden alle einlaufenden Nachrichtentelegramme auf ihre Priorität überprüft und in die entsprechenden Queues eingeordnet. Erst wenn die Queue mit höchster Priorität „geleert“ ist, werden Queues niedriger Priorität behandelt. Hiermit wird sichergestellt, dass zeitlich früher eingelaufene Nachrichtentelegramme mit niedriger Priorität, welche sich noch im Speicher des Switches (in der Queue) befinden, von einlaufenden höher priorisierten Nachrichtentelegrammen „überholt“ werden. Großer Nachteil dieser Queuingstrategie ist, dass Nachrichtentelegramme niedriger Priorität bei hohen Datenströmen von hochprioritären Nachrichtentelegrammen nicht mehr ihr Ziel erreichen.

**[0013]** Würde man entgegen den Festlegungen in der IEEE 802.1p/Q die höchsten Prioritäten für Automatisierungstelegramme nutzen, würden diese Telegramme im statistischen Mittel ihr Ziel früher erreichen, als mit allen anderen oben aufgeführten Queuing Strategien. Jedoch müssten sich dann die Automatisierungstelegramme eine Priorität mit im Standard IEEE 802.1p/Q beschriebenen Verkehrsklassen wie z. B. voice over IP teilen. Das Echtzeitverhalten ist nur schlecht abschätzbar, da die von voice over IP beanspruchte Bandbreite sehr stark schwankt.

**[0014]** Würden im Gegensatz zum Standard IEEE 802.1p/Q die Prioritätsklassen zu Gunsten einer Automatisierungstelegrammklasse neu verteilt, müssten spezielle Router die Automatisierungsinself ab-schotten und die Prioritätsklassen ständig allen ein- und auslaufenden Telegrammen neu zuordnen. Eine Akzeptanz im Markt darf bezweifelt werden.

Aufgabenstellung:

**[0015]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein optimiertes Echtzeitkommunikationsverhalten durch Koppel-einheiten in einem Ethernetnetzwerk zu erzeugen, wobei Automatisierungstelegramme im Gegensatz zu

allen anderen Telegrammen exklusiv bevorzugt im Netzwerk transportiert werden.

**[0016]** Die Zeiten zur Nachrichtenübertragung müssen mindestens mit hoher Qualität abschätzbar sein oder zeitlich determiniert werden können.

**[0017]** Dies soll unabhängig von den Standards der achtstufige Priorisierung auf ISO Layer-2 nach IEEE 802.1p/Q geschehen, da hier keine Verkehrsklassen für Automatisierungstelegramme definiert sind und eine wider den Standard gerichtete Nutzung von Verkehrsklassen im Markt wenig Akzeptanz finden würde.

**[0018]** Auch soll eine exklusive Bevorzugung von Nachrichtentelegrammen auf ISO Layer-3 ermöglicht werden, wobei die Telegrammkennung im IP Header oder UDP Header oder im TCP Header zu finden ist.

**[0019]** Darüber hinaus soll der Betrieb dieser Koppel-einheiten in isochronen Ethernetnetzwerken, wie z. B. Profinet IRT (siehe Profinet Systembeschreibung [www.profinet.com](http://www.profinet.com)), ermöglicht werden.

Prinzipielle Ausführung:

**[0020]** Ein Verfahren zur exklusiven Bevorzugung von Automatisierungstelegrammen ist realisierbar, ohne dass nieder priorisierte Nachrichten unfair unterdrückt werden. Im Gegensatz zu Anwendungen wie Interactive Voice, Interactive Multimedia, Streaming Multimedia oder „normalem“ Internetverkehr ist die benötigte Bandbreite für Automatisierungsvorhaben relativ genau planbar und über die Zeit konstant. In der Automatisierung werden etwa 90 % der Nachrichten zyklisch mit konstanter Länge übertragen. Hieraus lässt sich sehr genau die Netzlast in einem Netzwerk abschätzen. Diese Erfahrung ist in über 15 Jahren Feldbusgeschichte bestätigt worden. Profibus DP und Interbus S seien hier beispielhaft als bekannte Standards genannt.

**[0021]** Automatisierung mit Ethernet funktioniert nicht anders. Das Master-Slave Prinzip der Feldbus-technik wird in den meisten Philosophien durch ein Producer-Consumer Prinzip abgelöst. Profinet ist wohl zurzeit der bekannteste Standard, welcher auf diesem Prinzip aufbaut. Sensoren „publizieren“ (Producer) in festen Zeiten, welche einstellbar sind, ihre Daten im Ethernetnetzwerk. Die Steuerungen oder Verarbeitungseinheiten „konsumieren“ als Empfänger diese Daten und „publizieren“ wiederum das Ergebnis ihrer Verarbeitung ins Netzwerk. Aktoren wie zum Beispiel Antriebe „konsumieren“ diese Ergebnisse und führen entsprechende Funktionen aus. Dieser gesamte Ablauf kann sehr genau geplant werden. Damit ist die beanspruchte Bandbreite für Automatisierungstelegramme im Ethernet berechenbar.

**[0022]** Werden nun Automatisierungstelegramme exklusiv bevorzugt im Ethernetnetzwerk übertragen, ist die verbleibende Bandbreite für den Standard Internetverkehr ebenfalls relativ konstant und steht zuverlässig zur Verfügung. Darüber hinaus kann die exklusive Bevorzugung von Automatisierungstelegrammen mit o. g. Queuingstrategien nahezu rückwirkungsfrei kombiniert bzw. überlagert werden. Wenn man von einer reduzierten Bandbreite für den normalen Internetverkehr einmal absieht, wird der priorisierte Nachrichtenverkehr, z. B. mit VLAN tag nach IEEE 802.1p/Q, nicht beeinflusst. Vergleichbar ist dies mit einem Netzwerk, das mit nur reduzierter Übertragungsfrequenz arbeitet.

**[0023]** Erfindungsgemäß ist deshalb die Nutzung einer Telegrammkennung zwecks exklusiver Bevorzugung von Automatisierungstelegrammen, welche nicht die nach IEEE 802.1p/Q standardisierten Kennungen nutzt, vorteilhaft, da sie sich die Art des bevorzugten Nachrichtentransports mit keiner anderen Klasse teilen muss und nicht die Festlegung der Verkehrsklassen der Standards verletzt.

**[0024]** Wichtige Kommunikationsstandards wie Profinet, Ethernet IP und Modbus TCP sind eindeutig in ihren Protokollheadern gekennzeichnet. Z. B. sind Profinettelegramme im Ethertype mit 8892 (hexadezimal) gekennzeichnet (siehe [Fig. 3](#)). Normaler Internetverkehr dagegen trägt die Kennung 0800. Darüber hinaus können Automatisierungstelegramme im 12 Bit breiten VLAN-ID Feld des 4 Byte großen VLANs individuell gekennzeichnet werden.

**[0025]** Durch Auswertung der in eine Koppereinheit einlaufenden Telegramme lassen sich Automatisierungstelegramme eindeutig identifizieren und damit exklusiv bevorzugt weiterleiten. Die Bevorzugung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Automatisierungstelegramme mit höchster Priorität weitergeleitet werden. Erst wenn die Queue der exklusiv zu bevorzugenden Automatisierungstelegramme geleert wurde, werden Queues mit anderen Nachrichtentelegrammen bearbeitet.

**[0026]** Da Automatisierungstelegramme getrennt von bandbreitenintensiven Verkehrsklassen nach IEEE 802.1p/Q wie z. B. voice over IP bearbeitet werden, wird ein Mischbetrieb mit diesen Verkehrsklassen vermieden. Auch die Manipulation bzw. ständige Übersetzung von Telegrammkennungen durch Router ist nach diesem Verfahren nicht notwendig. Alle anderen Verkehrsklassen lassen sich ungestört mit der jeweils besten Queuing Strategie bearbeiten. Die Weiterentwicklung von weiteren optimierten Queuing Strategien für den Internetverkehr wird damit nicht behindert.

**[0027]** In [Fig. 4](#) ist die erfindungsgemäße exklusive Bevorzugung von Nachrichtentelegrammen in den

Schritten a) bis d) dargestellt. Hier sind  $n = 4$  Koppereinheiten beispielhaft, wie in der Industrieautomation üblich, in einer Linie angeordnet. Automatisierungsgerät A1 möchte ein Automatisierungstelegramm an Automatisierungsgerät A2 absetzen. Im Unterschied zur FIFO Queuingstrategie werden jetzt alle Nachrichtentelegramme, die sich noch in den Queues befinden von Automatisierungstelegrammen in den Koppereinheiten überholt.

Beispiele:

**[0028]** Unter der realistischen Annahme, dass die Koppereinheiten eine Durchlaufzeit von  $t_d = 3 \mu\text{sec}$  (Cut-Through) besitzen und unter Vernachlässigung der Signallaufzeiten auf den Leitungen und des Interframe gap's ergibt sich für das hochpriorie Automatisierungstelegramm mit einer Gesamtlänge von 64 Byte ( $T_k = \text{ca. } 5 \mu\text{sec}$  Laufzeit bei 100 Mbit/sec) folgender Übertragungszeitplan:

#### 1. Bester Fall

**[0029]** Das Netzwerk ist nicht belastet. Alle Koppereinheiten enthalten keine zu versendenden Nachrichten.

**[0030]** Das hochpriorie Telegramm durchläuft alle Koppereinheiten praktisch ohne Verzögerung:

$$T = n \times t_d + T_k = 4 \cdot 3 \mu\text{sec} + 5 \mu\text{sec} = 17 \mu\text{sec}$$

mit  $n = 32$  Koppereinheiten in einer Linie ergibt sich:

$$T = 32 \times 3 \mu\text{sec} + 5 \mu\text{sec} = 101 \mu\text{sec}$$

#### 2. Ein schlechter Fall

**[0031]** Alle Koppereinheiten versenden immer jeweils zeitlich kurz vor dem Eintreffen des Automatisierungstelegramms niederpriorie Nachrichtentelegramme mit einer Länge von 1500 Byte ( $T_L = \text{ca. } 120 \mu\text{sec}$  bei 100 Mbit/sec).

**[0032]** Dies bedeutet, dass das Automatisierungstelegramm bis zu 120  $\mu\text{sec}$  pro Koppereinheit verzögert werden kann. Mit  $n = 32$  Koppereinheiten in einer Linie ergibt sich:

$$T = n \times t_d + T_k + n \times T_L = 101 \mu\text{sec} + 32 \times 120 \mu\text{sec} = 3941 \mu\text{sec}$$

**[0033]** Dieses Beispiel zeigt, dass die Transportzeit des hochpriorien Automatisierungstelegramms zwischen 101  $\mu\text{sec}$  und 3821  $\mu\text{sec}$  schwanken kann. Auch wenn der schlechte Fall mit nur geringer Wahrscheinlichkeit eintritt, muss in diesem Beispiel die Nachrichtentransportzeit mit ca. 4 Millisekunden abgeschätzt werden.

**[0034]** Gegenüber allen anderen Queuingstrategien nach dem Stand der Technik, lassen sich mit dem Verfahren der exklusiven Bevorzugung von Nachrichtentelegrammen die Nachrichtentransportzeiten mit hoher Qualität abschätzen.

**[0035]** Das Verfahren zur exklusiven Bevorzugung von Nachrichtentelegrammen kann in seinem zeitlichen Verhalten weiter verbessert werden, indem nicht exklusiv zu bevorzugende Nachrichtentelegramme, welche gerade über einen Port die Koppereinheiten verlassen, abgebrochen werden, wenn einlaufende exklusiv zu bevorzugende Nachrichtentelegramme (Automatisierungstelegramme) den gleichen Ausgangsport beanspruchen (siehe [Fig. 5](#)). Sobald das einlaufende Telegramm als exklusiv zu bevorzugendes identifiziert worden ist, wird das Senden des auslaufenden nicht exklusiv zu bevorzugenden Nachrichtentelegramms abgebrochen. Dies macht den Ausgangsport frei und das einlaufende exklusiv zu bevorzugende Nachrichtentelegramm kann direkt ohne Verzögerung z. B. im cut through Verfahren weitergeleitet werden.

**[0036]** Damit die abgebrochenen Telegramme nicht verloren gehen, werden sie in den Koppereinheiten solange zwischengespeichert, bis eine vollständige Weiterleitung erfolgt ist. In der nachfolgenden Koppereinheit können abgebrochene Telegramme als unvollständig erkannt werden und werden zur Entlastung der Kommunikationsstrecken vernichtet.

**[0037]** Nur noch exklusiv bevorzugte Nachrichtentelegramme können sich auf der Nachrichtenstrecke gegenseitig ausbremsen. Die Übertragungszeiten für exklusiv zu bevorzugende Nachrichtentelegramme verbessern sich deutlich und können zeitlich determiniert werden, wenn die beanspruchte Bandbreite aller Automatisierungstelegramme bekannt ist.

**[0038]** Mit  $n = 32$  Koppereinheiten in einer Linie ergibt sich dann für den oben beschriebenen schlechten Fall:

$$T = n \times t_d + T_k = 101 \mu\text{sec}$$

**[0039]** Automatisierungsprotokolle wie z. B. Ethernet/IP und Modbus TCP/IP tragen ihre Protokollkennung im ISO Layer-3. Für Modbus TCP/IP wurde der Port 502 und Ethernet/IP der 2222 im UDP-Header standardisiert (siehe [Fig. 3](#)). Diese Kennungen werden je nach Wahl in den Koppereinheiten hinterlegt. Laufen derart gekennzeichnete Nachrichtentelegramme in eine Koppereinheit ein, werden sie von derselben als exklusiv zu bevorzugende Nachrichtentelegramme durch Vergleich mit den hinterlegten Kennungen identifiziert und mit höchster Priorität entsprechend den bisherigen Ausführungen weitergeleitet. Dieses Verfahren kann auf jede beliebige Protokollkennung verallgemeinert werden.

**[0040]** Das Verfahren kann erfindungsgemäß für den Betrieb in isochronen Netzwerken wie z. B. Profinet IRT optimiert werden, indem die Koppereinheiten aufgrund der Kennung von isochronen Nachrichtentelegrammen die zeitliche Lage der isochronen Übertragungszyklen identifizieren. In der Lernphase zur Identifizierung der zeitlichen Lage der isochronen Übertragungszyklen werden die isochronen Telegramme wie exklusiv zu bevorzugende Telegramme behandelt, welche alle anderen Telegramme unterbrechen. Nach der Lernphase stehen die Länge und Abfolge der isochronen Nachrichtenzyklen fest. In den isochronen Übertragungszyklen werden alle einlaufenden nicht isochronen Telegramme zwischengespeichert und nach Ende des isochronen Übertragungszyklus gesendet. Außerhalb der isochronen Übertragungszyklen kommt der oben beschriebene Nachrichtenverkehr der exklusiven Bevorzugung von Nachrichtentelegrammen zum Einsatz. Einlaufende isochrone Nachrichtentelegramme werden hier vernichtet.

**[0041]** So ist es möglich mit den beschriebenen Koppereinheiten den Profinet Verkehr mit seinen Verkehrsklassen IRT, RT und NRT zu unterstützen. Profinet IRT Telegramme werden nur innerhalb der isochronen Phasen weitergeleitet, während alle anderen in die Koppereinheiten einlaufende Telegramme zwischengespeichert werden. Außerhalb der isochronen Phasen werden Profinet RT-Telegramme wie exklusiv bevorzugte Nachrichtentelegramme behandelt und zusammen mit den Profinet NRT (Non Real Time) Telegrammen transportiert (siehe [Fig. 6](#)).

**[0042]** So ausgelegte Koppereinheiten eignen sich besonders zur Integration in Profinet RT Automatisierungsgeräte, welche auch im Mischbetrieb mit Profinet IRT betrieben werden können. Der IRT Verkehr wird hierbei nicht gestört und die RT-Nachrichtentelegramme werden exklusiv bevorzugt vor den NRT-Nachrichtentelegrammen transportiert. Darüber hinaus eignen sich die Koppereinheiten zum Aufbau von Mehrport – Switches für Profinet RT Netzwerke.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Kommunikation in einem Ethernetnetzwerk mittels Koppereinheiten, in welchem Automatisierungsgeräte exklusiv bevorzugt ihre Nachrichten austauschen, wobei die exklusiv zu bevorzugenden Nachrichtentelegramme eindeutig in ihrem jeweiligen Protokollheader gekennzeichnet sind und unabhängig vom Verfahren des priorisierten Nachrichtentransport nach IEEE 802.1p/Q mit höchster Priorität nach der Strict-Priority-Queuing Strategie seitens der Koppereinheiten weitergeleitet werden.

2. Verfahren gekennzeichnet nach Anspruch 1, in welchem die Koppereinheiten auslaufende nicht exklusiv zu bevorzugende Nachrichtentelegramme ab-

brechen, wenn einlaufende exklusiv zu bevorzugende Nachrichtentelegramme in der Koppereinheit den gleichen Ausgangsport beanspruchen.

3. Verfahren gekennzeichnet nach den Ansprüchen 1-2, in welchem abgebrochene nicht exklusiv bevorzugte Nachrichtentelegramme vollständig solange in den Koppereinheiten zwischengespeichert werden, bis sie vollständig weitergeleitet wurden.

4. Verfahren gekennzeichnet nach den Ansprüchen 1-3, in welchem einlaufende abgebrochene Nachrichtentelegramme von den Koppereinheiten vernichtet werden.

5. Verfahren gekennzeichnet nach den Ansprüchen 1-4, in welchem die Kennzeichnung im Ethernet Header oder im IP Header oder UDP Header oder im TCP Header erfolgt.

6. Verfahren gekennzeichnet nach den Ansprüchen 1-5, in welchem Nachrichtentelegramme durch die Kennzeichnung in isochrone und nicht isochrone Nachrichtentelegramme unterschieden werden.

7. Verfahren gekennzeichnet nach den Ansprüchen 1-6, in welchem die Koppereinheiten die Zeitintervalle des isochronen Nachrichtenverkehrs erfassen und die isochronen Nachrichtentelegramme innerhalb der erfassten isochronen Zeitintervalle exklusiv bevorzugt gesendet werden und alle nicht isochronen Nachrichtentelegramme zwischengespeichert werden.

8. Verfahren gekennzeichnet nach den Ansprüchen 1-7, in welchem außerhalb der isochronen Übertragungszyklen die zwischengespeicherten und einlaufenden nicht isochronen Telegramme gesendet werden, wobei die exklusiv zu bevorzugenden nicht isochronen Nachrichtentelegramme mit höchster Priorität übertragen werden.

9. Verfahren gekennzeichnet nach den Ansprüchen 1-8, in welchem außerhalb der isochronen Übertragungszyklen einlaufende isochrone Automatisierungstelegramme vernichtet werden.

10. Verfahren gekennzeichnet nach den Ansprüchen 1-9, in welchem die isochronen Nachrichtentelegramme Profinet IRT-Telegrammen entsprechen und nicht isochrone exklusiv zu bevorzugende Nachrichtentelegramme Profinet RT-Telegrammen entsprechen und alle nicht isochrone nicht exklusiv zu bevorzugende Nachrichtentelegramme Profinet NRT-Telegrammen entsprechen.

11. Verfahren gekennzeichnet nach einem der vorgenannten Ansprüche, in welchem die Koppereinheit in ein Automatisierungsgerät integriert ist und mindestens 2 externe Ports besitzt.

12. Ethernetnetzwerk, dessen Netzwerkinfrastruktur mittels Koppereinheiten realisiert ist, wobei die Koppereinheiten derart aufgebaut sind, dass sie zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-11 geeignet sind.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

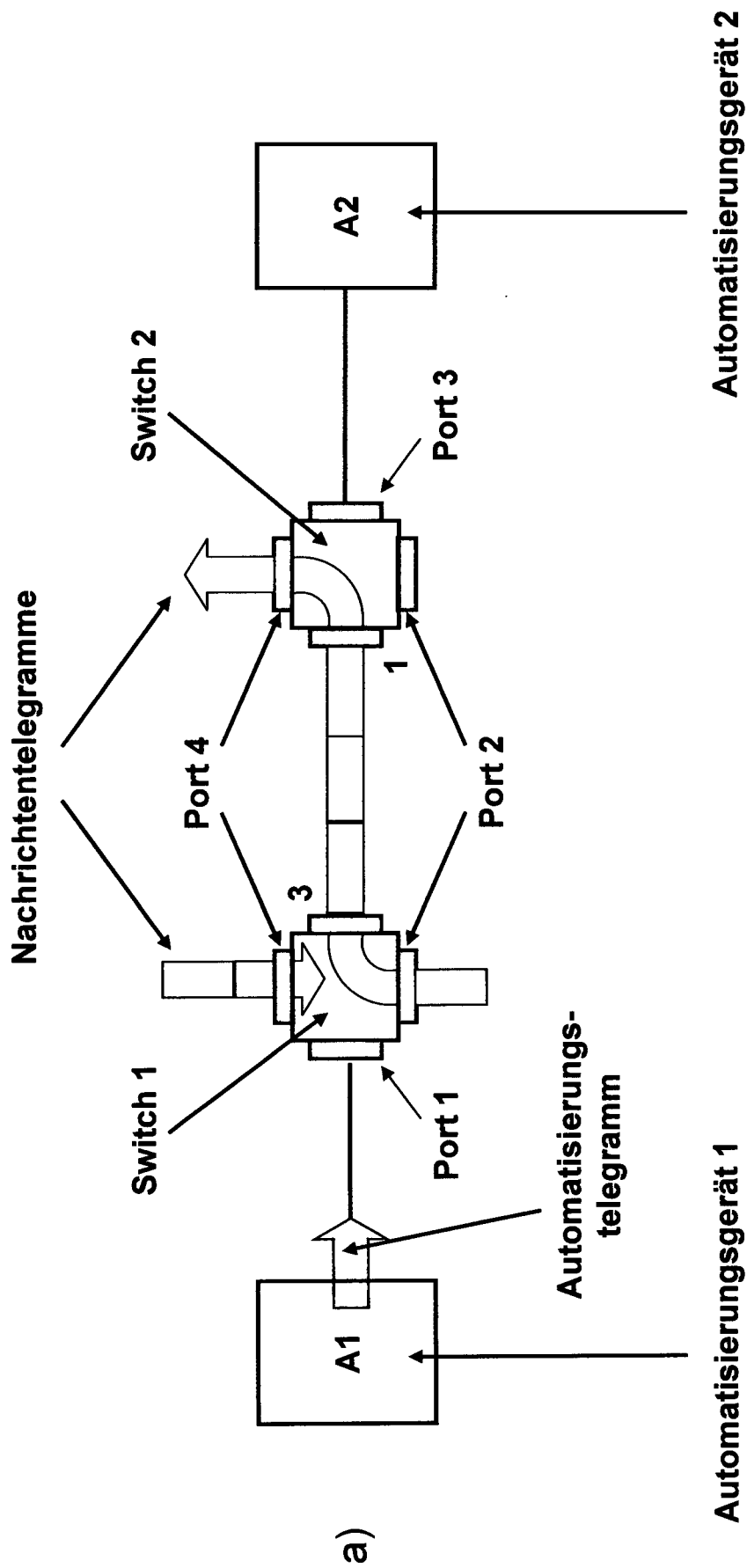
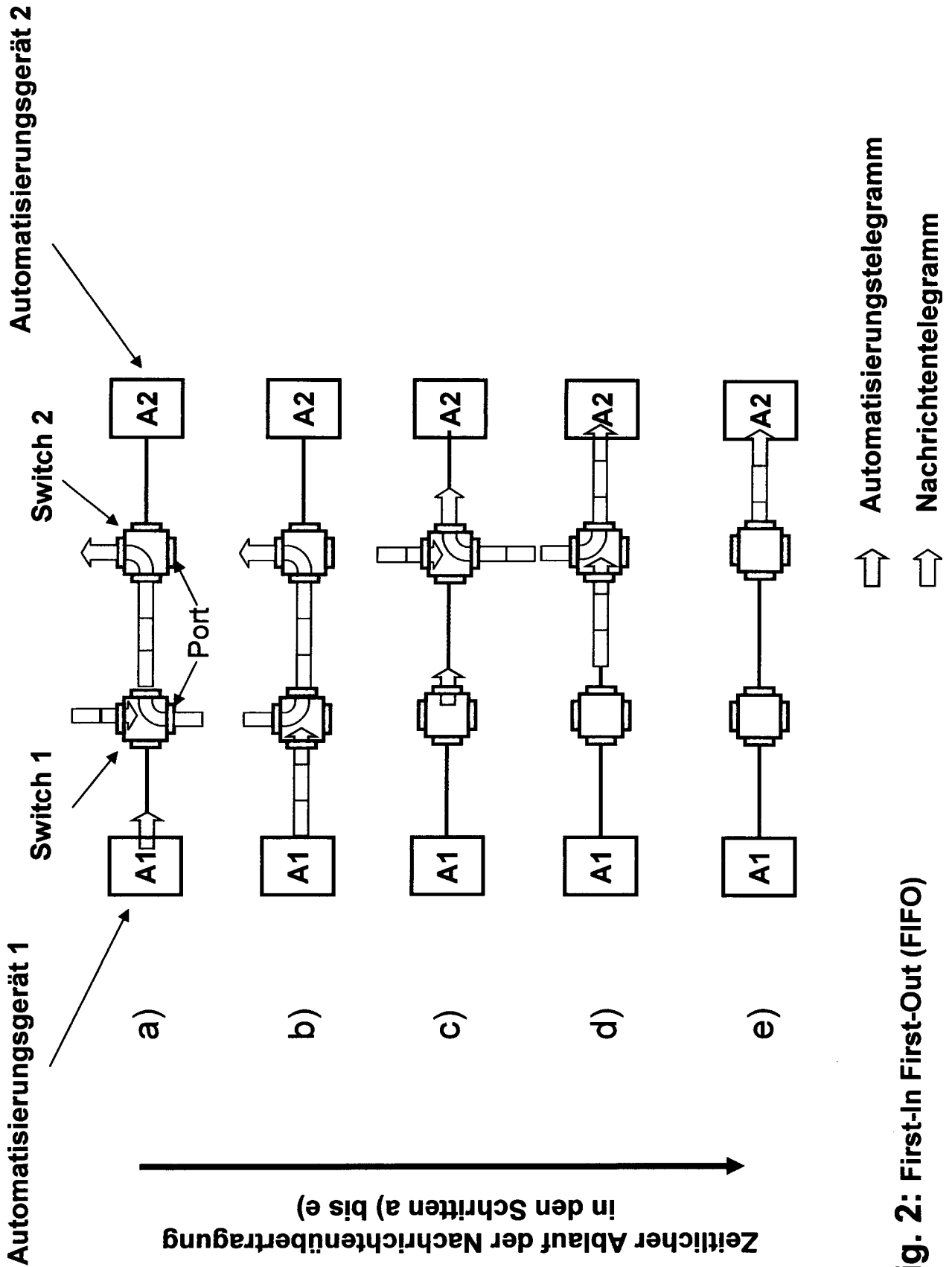
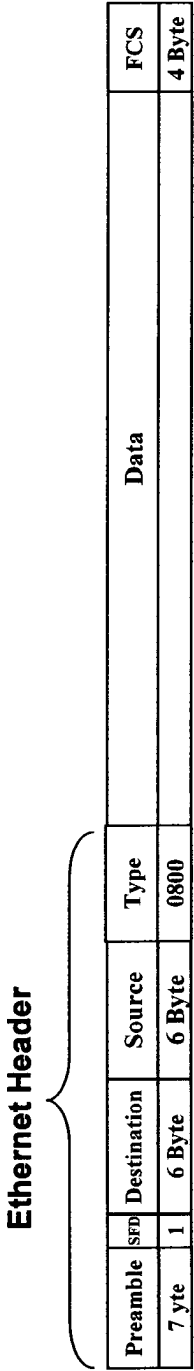


Fig. 1

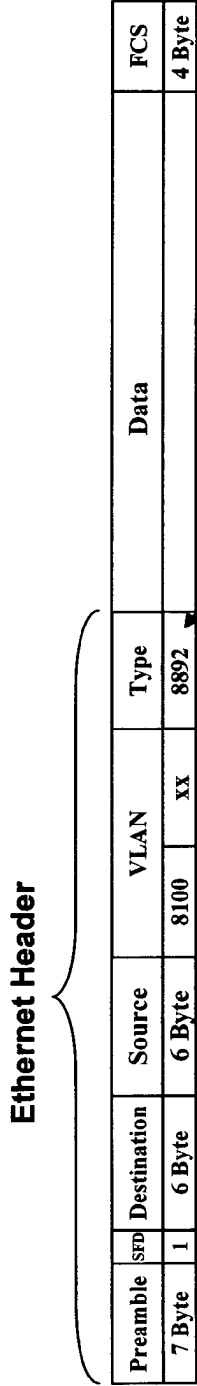


**Fig. 2: First-In First-Out (FIFO)**

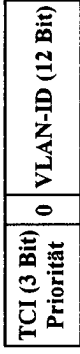




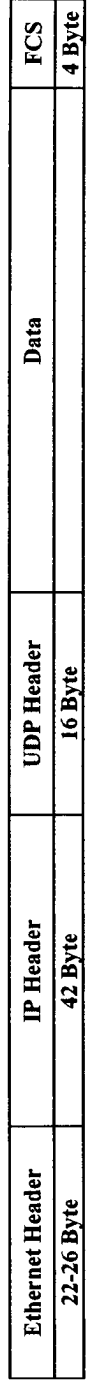
**a) Nachrichtentelegramm nach IEEE 802.3**



**b) Profinet Nachrichten-  
telegramm nach 802.1q**



Profinet RT bzw. IRT Telegramm  
EthereType = 8892h



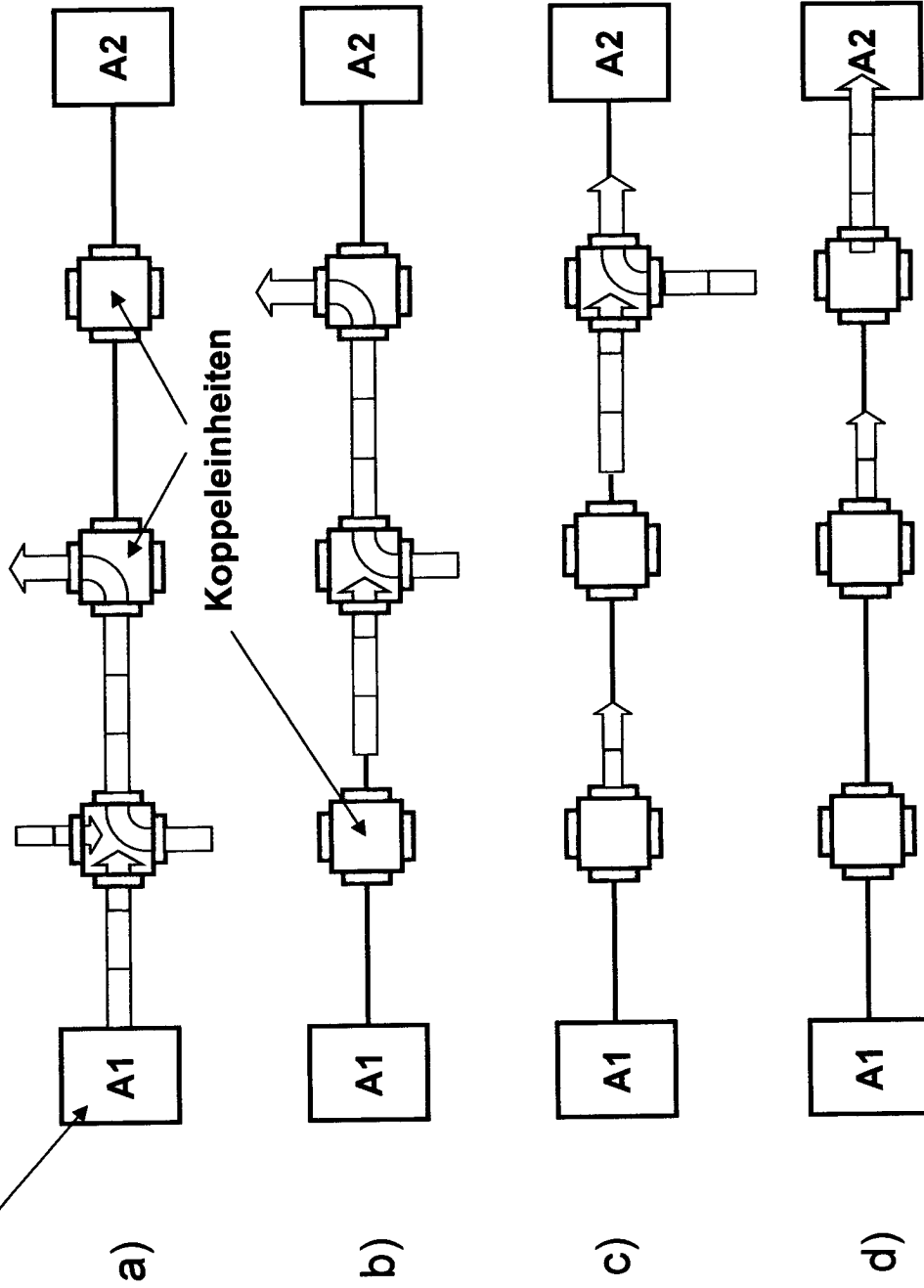
**c) Modbus TCP/IP, Ethernet / IP  
Nachrichtentelegramme**

Modbus TCP/IP Port = 502  
 Ethernet / IP Port = 2222

**Fig. 3**

Automatisierungsgerät 2

Automatisierungsgerät 1



Zeitlicher Ablauf der Nachrichtenübertragung  
in den Schritten a) bis e)

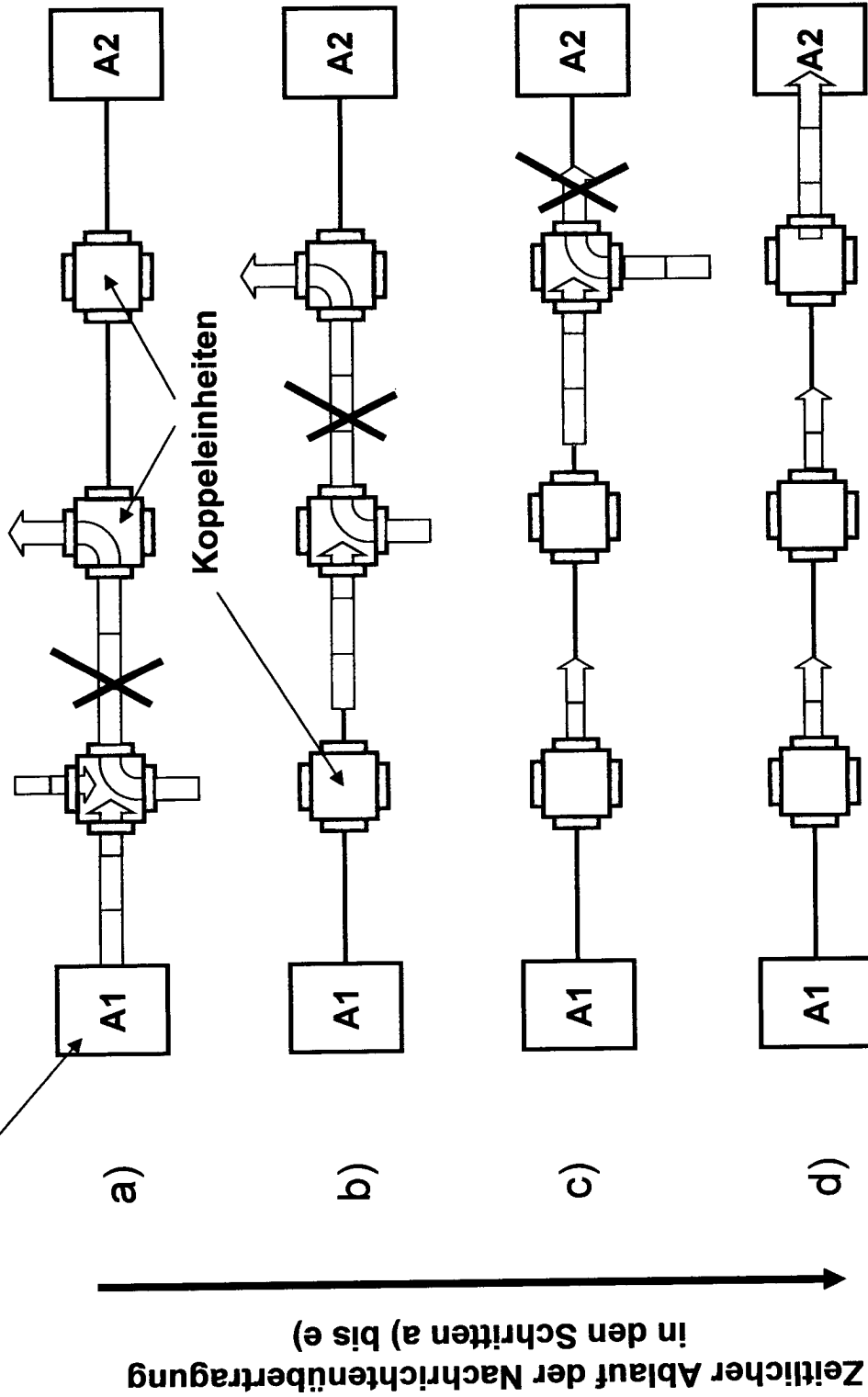
⇨ Automatisierungstelegramm  
⇨ Nachrichtentelegramm

Exklusiv bevorzugte  
Nachrichtenübertragung

Fig. 4:

Automatisierungsgerät 2

Automatisierungsgerät 1



 Automatisierungstelegramm  
 Nachrichtentelegramm

Fig. 5: Telegrammabbruch

Profinet:

IRT = Isochrone Realtime Telegramme

RT = Real-time Telegramme = exklusiv bevorzugte Telegramme

NRT = Non Real-time Telegramme

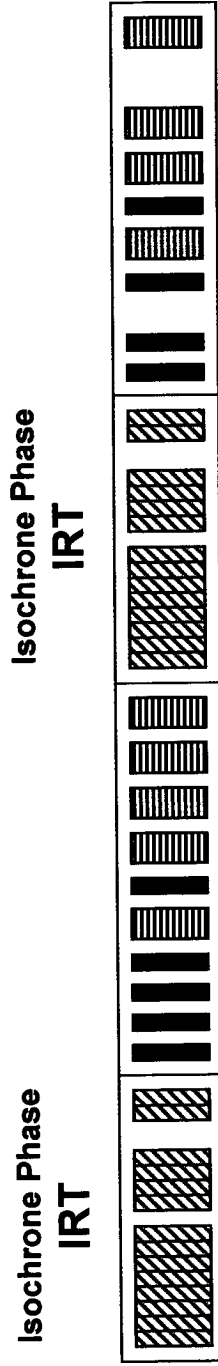


Fig. 6: Profinet IRT, RT und NRT