



(10) **DE 11 2012 002 998 T5** 2014.04.30

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2013/024377**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2012 002 998.4**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2012/053679**  
(86) PCT-Anmeldetag: **19.07.2012**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **21.02.2013**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **30.04.2014**

(51) Int Cl.: **G06F 9/455 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**US-13/212,790**      **18.08.2011**      **US**

(71) Anmelder:  
**International Business Machines Corporation,  
Armonk, N.Y., US**

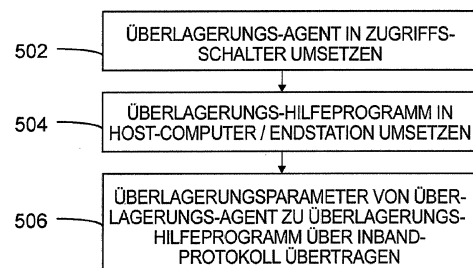
(74) Vertreter:  
**Richardt Patentanwälte PartG mbB, 65185,  
Wiesbaden, DE**

(72) Erfinder:  
**Biswas, Amitabha, Santa Clara, Calif., US;  
Jayakrishna, Kidambi, Santa Clara, US; Pandey,  
Vijoy, Santa Clara, Calif., US; Mukherjee, Nilanjan,  
Santa Clara, US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Virtuelle Netzwerküberlagerungen**

(57) Zusammenfassung: Systeme und Verfahren werden für ein Aufsetzen eines virtuellen Netzwerks auf ein physisches Netzwerk in einer Rechenzentrums Umgebung bereitgestellt. Ein Überlagerungssystem ist in einem aufgesetzten virtuellen Netzwerk angeordnet und enthält einen Überlagerungs-Agent und ein Überlagerungs-Hilfeprogramm. Der Überlagerungs-Agent wird in einem Zugriffsschalter umgesetzt. Das Überlagerungs-Hilfeprogramm wird in einer Endstation umgesetzt, die mit dem Zugriffsschalter Daten austauschen kann. Überlagerungsparameter werden in Übereinstimmung mit einem Inband-Protokoll zwischen dem Überlagerungs-Agent und dem Überlagerungs-Hilfeprogramm übertragen.



**Beschreibung**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen Netzwerkvirtualisierung und insbesondere Systeme und Verfahren, um ein virtuelles Netzwerk auf ein physisches Netzwerk aufzusetzen.

## HINTERGRUND

**[0002]** Servervirtualisierung in Rechenzentren oder dazu in Beziehung stehenden Umgebungen ist eine Schlüsseltechnologie für Cloud-Computing. Im Allgemeinen beschreibt Servervirtualisierung eine Software-Abstraktion, die eine physische Ressource und deren Verwendung von der zugrunde liegenden physischen Maschine trennt. Die meisten physischen Ressourcen können abstrahiert und als virtualisierte Entitäten bereitgestellt werden. Dementsprechend kann eine einzige physische Maschine eine Vielzahl von virtuellen Maschinen betreiben, von denen jede ihr eigenes Betriebssystem hat, das als Gastbetriebssystem bezeichnet wird, wodurch es mehreren Benutzern ermöglicht wird, die physische Maschine gemeinsam zu nutzen.

**[0003]** Der Wunsch, virtuelle Netzwerke auf physische Netzwerke in einer Rechenzentrums Umgebung aufzusetzen, bietet mehrere Vorteile. Ein bekannter Vorteil ist, dass virtuelle Netzwerke die Netzwerkbereitstellung für den Rechenzentrumskunden in öffentlichen, privaten oder Multi-Tenant-Cloud-Umgebungen vereinfachen.

## KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0004]** In einem Aspekt weist die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Aufsetzen eines virtuellen Netzwerks auf ein physisches Netzwerk in einer Datenzentrums Umgebung auf. Das Verfahren weist ein Anordnen eines Überlagerungssystems auf, das in einem aufgesetzten virtuellen Netzwerk angeordnet ist, das einen Überlagerungs-Agent und ein Überlagerungs-Hilfeprogramm (helper) enthält. Der Überlagerungs-Agent wird in einem Zugriffsschalter umgesetzt. Das Überlagerungs-Hilfeprogramm wird in einer Endstation umgesetzt, die mit dem Zugriffsschalter Daten austauschen kann. Überlagerungsparameter werden in Übereinstimmung mit einem Inband-Protokoll zwischen dem Überlagerungs-Agent und dem Überlagerungs-Hilfeprogramm übertragen.

**[0005]** In einem weiteren Aspekt weist die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Datenübertragung in einem aufgesetzten virtuellen Netzwerk auf. Ein erstes Überlagerungssystem ist so angeordnet, dass es einen Überlagerungs-Agent enthält, der in einem ersten Zugriffsschalter umgesetzt wird, und ein Überlagerungs-Hilfeprogramm, das in einer ersten End-

station umgesetzt wird, die mit dem ersten Zugriffsschalter Daten austauschen kann. Ein zweites Überlagerungssystem ist so angeordnet, dass es einen Überlagerungs-Agent enthält, der in einem zweiten Zugriffsschalter umgesetzt wird, und ein Überlagerungs-Hilfeprogramm, das in einer zweiten Endstation umgesetzt wird, die mit dem zweiten Zugriffsschalter Daten austauschen kann. Überlagerungsparameter werden von dem Überlagerungs-Agent des ersten Überlagerungssystems zu dem Überlagerungs-Hilfeprogramm des ersten Überlagerungssystems übertragen. Die Überlagerungsparameter enthalten Daten zum Übertragen eines Datenpakets von der ersten Endstation zu der zweiten Endstation.

**[0006]** In einem weiteren Aspekt weist die vorliegende Erfindung ein Überlagerungssystem für eine Netzwerkvirtualisierungsumgebung auf. Das Überlagerungssystem enthält einen Überlagerungs-Agent an einem Zugriffsschalter an der Kante eines Netzwerks. Der Überlagerungs-Agent ist so konfiguriert, dass er ein Überlagerungskapselungsfeld erzeugt, das Überlagerungsparameter enthält, die zu einer Zielendstation in Beziehung stehen. Das Überlagerungssystem enthält auch ein Überlagerungs-Hilfeprogramm an einem Host-Computer, der mit dem Zugriffsschalter Daten austauschen kann. Das Überlagerungs-Hilfeprogramm ist so konfiguriert, dass es das Überlagerungskapselungsfeld zu einem ersten Paket hinzufügt und das erste Paket, welches das Überlagerungskapselungsfeld enthält, zu der Zielendstation überträgt.

**[0007]** In einem weiteren Aspekt weist die vorliegende Erfindung eine Rechenzentrums Umgebung auf. Die Rechenzentrums Umgebung weist einen Netzwerkkantenschalter, einen Host-Computer und ein Überlagerungssystem auf. Der Host-Computer kann mit dem Zugriffsschalter über eine lokale Netzwerkverbindung Daten austauschen. Das Überlagerungssystem weist einen Überlagerungs-Agent an dem Zugriffsschalter und ein Überlagerungs-Hilfeprogramm an dem Host-Computer auf. Der Überlagerungs-Agent ist so konfiguriert, dass er ein Überlagerungskapselungsfeld erzeugt, das Überlagerungsparameter enthält, die zu einer Zielendstation in Beziehung stehen. Das Überlagerungs-Hilfeprogramm ist so konfiguriert, dass es das Überlagerungskapselungsfeld zu einem Paket hinzufügt und das Paket, welches das Überlagerungskapselungsfeld enthält, zu der Zielendstation überträgt.

**[0008]** In einem weiteren Aspekt weist die vorliegende Erfindung ein Computerprogrammprodukt zum Aufsetzen eines virtuellen Netzwerks auf ein physisches Netzwerk in einer Datenzentrums Umgebung auf. Das Computerprogrammprodukt weist ein computerlesbares Speichermedium mit einem darin verkörpertem computerlesbarem Programmcode auf. Der computerlesbare Programmcode weist einen compu-

terlesbaren Programmcode auf, der so konfiguriert ist, dass er ein Überlagerungssystem in einem aufgesetzten virtuellen Netzwerk anordnet, das einen Überlagerungs-Agent und ein Überlagerungs-Hilfeprogramm (Hilfeprogramm) enthält. Der computerlesbare Programmcode weist ferner einen computerlesbaren Programmcode auf, der so konfiguriert ist, dass er den Überlagerungs-Agent in einem Zugriffsschalter umsetzt. Der computerlesbare Programmcode weist einen computerlesbaren Programmcode auf, der so konfiguriert ist, dass er das Überlagerungs-Hilfeprogramm in einer Endstation umsetzt, die mit dem Zugriffsschalter austauschen kann. Der computerlesbare Programmcode weist einen computerlesbaren Programmcode auf, der so konfiguriert ist, dass er Überlagerungsparameter in Übereinstimmung mit einem Inband-Protokoll zwischen dem Überlagerungs-Agent und dem Überlagerungs-Hilfeprogramm überträgt.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0009]** Im Folgenden werden eine bzw. mehrere Ausführungsformen der Erfindung allein zu Beispielszwecken unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, wobei:

**[0010]** Fig. 1 ein Blockschaubild einer Rechenzentrums Umgebung ist, in der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können;

**[0011]** Fig. 2 ein Blockschaubild einer Umgebung ist, in der sich zwei Endstationen gemäß einer Ausführungsform in einem selben aufgesetzten virtuellen Netzwerk befinden;

**[0012]** Fig. 3 ein Blockschaubild ist, das eine Übersichts-Architekturansicht eines Überlagerungssystems gemäß einer Ausführungsform darstellt;

**[0013]** Fig. 4 ein schematisches Blockschaubild ist, das einen Prozessablauf zum Austauschen von Daten zwischen den Endstationen und den Überlagerungssystemen von Fig. 2 gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht;

**[0014]** Fig. 5 ein Ablaufplan eines Prozesses zum Ausführen einer virtuellen Netzwerküberlagerungsoperation gemäß einer Ausführungsform ist;

**[0015]** Fig. 6 ein Blockschaubild einer Umgebung ist, die einen Host-Computer und einen Zugriffsschalter enthält, der gemäß einer Ausführungsform mit einer virtuellen Netzwerküberlagerung konfiguriert ist;

**[0016]** Fig. 7 ein Blockschaubild einer Umgebung ist, die einen Host-Computer und einen Zugriffsschalter enthält, der gemäß einer weiteren Ausführungsform mit einer virtuellen Netzwerküberlagerung konfiguriert ist;

**[0017]** Fig. 8 ein Blockschaubild einer Umgebung ist, die einen Host-Computer und einen Zugriffsschalter enthält, der gemäß einer weiteren Ausführungsform mit einer virtuellen Netzwerküberlagerung konfiguriert ist;

**[0018]** Fig. 9A ein schematisches Blockschaubild ist, das einen Prozessablauf zum Initialisieren eines Quellenüberlagerungssystems gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht;

**[0019]** Fig. 9B ein schematisches Blockschaubild ist, das einen Prozessablauf zum Initialisieren eines Zielüberlagerungssystems gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht;

**[0020]** Fig. 10 ein schematisches Blockschaubild ist, das einen Prozessablauf zum Austauschen von Daten mit einem Quellenüberlagerungssystem gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht; und

**[0021]** Fig. 11 ein schematisches Blockschaubild ist, das einen Prozessablauf zum Austauschen von Daten mit einem Zielüberlagerungssystem gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0022]** In der folgenden Beschreibung werden spezifische Details dargelegt, obwohl einem Fachmann klar sein sollte, dass die Systeme und Verfahren zumindest ohne einige der Details genutzt werden können. In einigen Fällen werden bekannte Merkmale oder Prozesse nicht im Detail beschrieben, um die vorliegende Erfindung nicht zu verundeutlichen.

**[0023]** Ein Überlagerungsnetzwerk enthält üblicherweise eine Vielzahl von Überlagerungs-Agents an der Kante eines physischen Netzwerks. Jeder Überlagerungs-Agent ist so konfiguriert, dass er Pakete, die durch eine entsprechende Endstation übertragen werden, zum Beispiel durch Zuordnen von Paketen von einer bestimmten Endstation zu einem virtuellen Netzwerk und umgekehrt klassifiziert. Die Überlagerungs-Agents können auch einen Überlagerungskopf (overlay header) zu den Paketen hinzufügen, die an eine Zielendstation gerichtet sind, die mit Überlagerungsparametern eines virtuellen Netzwerks aufgefüllt werden, die von einer Netzwerkverwaltungsstation oder einem Richtlinienserver bereitgestellt werden. Die Parameter können Informationen zum Identifizieren des virtuellen Netzwerks eines übertragenen Pakets enthalten und um zu gestatten, dass das Paket von einem Überlagerungs-Agent, der mit der Quellenendstation in Daten austauschen kann, über das physische Netzwerk zu einem anderen Überlagerungs-Agent übertragen wird, der mit der Zielendstation, die sich vorzugsweise in demselben virtuellen Netzwerk befindet wie die Quellenendstation, Daten austauschen kann. Der empfangende Überlage-

rungs-Agent kann die richtige Zielendstation aus dem Überlagerungskopf ermitteln, zum Beispiel aus der Kennung des virtuellen Netzwerks, die in dem Überlagerungskopf bereitgestellt wird.

**[0024]** Eine Einschränkung im Zusammenhang mit herkömmlichen Überlagerungskonfigurationen besteht darin, dass übernommene Netzwerkeinheiten, wie beispielsweise Ethernet-Schalter, nicht an einer Überlagerungsoperation teilnehmen können, da zum Beispiel herkömmliche Ethernet-Schalter den Überlagerungskopf nicht erkennen können, der durch einen Quellenüberlagerungs-Agent zu einem Paket hinzugefügt wird, und deshalb die Inhalte des Überlagerungskopfs wie beispielsweise die Kennung des virtuellen Netzwerks nicht verarbeiten können, die zum Ermitteln des richtigen Ziels für das Paket erforderlich sind.

**[0025]** Ein herkömmlicher Ansatz besteht darin, eine Servervirtualisierungsumgebung bereitzustellen, die virtuelle Schalter bzw. vSchalter enthält, die Ethernet- oder damit in Beziehung stehende Umschalt-dienste zu virtuellen Maschinen hinzufügt. Da virtuelle Schalter in der Host-Server-Software umgesetzt werden und Zugriff auf ausreichende Speichermengen und die CPU haben, können sie so modifiziert werden, dass sie als Überlagerungs-Agents arbeiten. Zu Beispielen von Virtualisierungssoftwareprodukten, die sich zusammen mit virtualisierungsfähigen Netzwerkschaltern verwenden lassen, können XenSource™, hergestellt von Citrix Systems, Inc., Hyper-V™, hergestellt von Microsoft Corp., VMware®, oder Open-Source-Software wie beispielsweise Kernel-Based Virtual Machine (KVM) gehören.

**[0026]** In einer herkömmlichen Servervirtualisierungsumgebung können nicht-virtualisierte Endstationen nicht Teile eines Überlagerungsnetzwerks sein. Außerdem bauen Lösungen auf Virtualisierungsgrundlage auf anbieterspezifischer Virtualisierungssoftware auf, um die virtuellen Maschinen auf dem physischen Host-Server umzusetzen, und stützen sich deshalb auf die Verfügbarkeit von proprietären virtuellen Schaltererweiterungen und deren Akzeptanz auf der jeweiligen virtuellen Schalterplattform. Zum Umsetzen und Verwalten einer derartigen Umgebung sind beträchtliche Entwicklungs- und Unterstützungsressourcen erforderlich.

**[0027]** In kurzem Überblick enthalten Aspekte der vorliegenden erfinderischen Konzepte ein Überlagerungssystem, das in einem Netzwerkzugriffsschalter und einem Host-Server umgesetzt wird und gestattet, dass virtualisierte und nicht-virtualisierte Netzwerkeinheiten gleichermaßen Teil desselben aufgesetzten virtuellen Netzwerks sind. Das Überlagerungssystem enthält einen Überlagerungs-Agent und ein entsprechendes Überlagerungs-Hilfeprogramm. Der Überlagerungs-Agent läuft auf einem Zugriffsschal-

ter oder einer anderen Netzwerkkanteneinheit, mit dem oder mit der eine oder mehrere virtuelle und/oder physische Endstationen verbunden sind. Das Überlagerungs-Hilfeprogramm läuft auf einem Host-Computer, zum Beispiel auf der Ethernet-Schicht eines Einheitentreibers eines Netzwerkschnittstellen-Controllers (NIC), einer Firmware oder Hardware in einem herkömmlichen nicht-virtualisierten Server oder in dem Einheitentreiber an einem Hypervisor eines virtualisierten Servers. Der Überlagerungs-Agent und das Überlagerungs-Hilfeprogramm kommunizieren miteinander durch Austausch von Virtualisierungsparametern und dergleichen über ein Inband-Protokoll, zum Beispiel ein abschnittsweises (hop-by-hop) Layer-2-Protokoll.

**[0028]** Auf diese Weise kann eine in hohem Maße skalierbare virtuelle Netzwerkumgebung bereitgestellt werden durch das Umsetzen des Überlagerungssystems in einer Form eines Programmcodes oder einer Software in einem Zugriffsschalter und einem Endstations-NIC, beispielsweise unter dem Betriebssystem der Endstation, in dem Überlagerungsnetzwerkmerkmale als eine Alternative zu Firmware in Software definiert werden können. Dementsprechend ist es nicht erforderlich, dass sich eine Überlagerungskonfiguration vollständig an der Kante eines physischen Netzwerks befindet oder vollständig in einem Virtualisierungsserver befindet. Solange daher eine Endstation mit einem Überlagerungs-Hilfeprogramm konfiguriert ist, der mit dem Überlagerungs-Agent in dem Zugriffsschalter Daten austauschen kann, können virtualisierte und nicht-virtualisierte Endstationen Teil der virtuellen Netzwerkdomäne sein. Ein Umsetzen des Überlagerungssystems auf diese Weise kann ein Skalieren durch Zusammenschluss (pooling) der Ressourcen des Zugriffsschalters und des Netzwerkadapters verbessern. Wenn andererseits der Zugriffsschalter alleine in einer Überlagerungskonfiguration enthalten ist, müsste der Zugriffsschalter überlagerungsbezogene Datenübertragungen für mehrere Anschlüsse verarbeiten, was zu einer Zunahme von Hardware-Komplexität und Ressourcen führen würde. Da ein in einem Server befindlicher Netzwerkadapter einen untergeordneten Satz der hierfür lokalen Endstationen verarbeitet, sind die Anforderungen an den Adapter weniger intensiv; daher kann ein Zugriffsschalter die Handhabung von gewissen Überlagerungsfunktionen von Datenebenen an einen in einem Server befindlichen Adapter abgeben.

**[0029]** Fig. 1 ist ein Blockschaubild einer Rechenzentrumsumgebung **100**, in der Ausführungsformen der vorliegenden erfinderischen Konzepte eingesetzt werden können. Im Allgemeinen kann die Rechenzentrumsumgebung **100** einen oder mehrere Speicherorte enthalten, die als Datenverarbeitungs-, Speicherungs- und Vernetzungszentrale für eine Organisation dienen. Die Ausrüstung der Rechenzen-

trums Umgebung **100** kann sich insgesamt lokal an einem einzigen Standort befinden oder kann über zwei oder mehr separate Standorte verteilt sein.

**[0030]** Die Rechenzentrums Umgebung **100** kann einen oder mehrere Host-Computer **12** enthalten, die über einen Zugriffsschalter **16** mit einem Netzwerk **14** Daten austauschen können. Zwar ist dies nicht gezeigt, doch kann die Rechenzentrums Umgebung **100** einen oder mehrere Aggregator- und Gateway-Schalter, die zwischen dem Zugriffsschalter **16** und dem Netzwerk **14** zwischengeschaltet sind, und/oder andere bekannte Rechenzentrumsausrüstung enthalten.

**[0031]** Der Zugriffsschalter **16** und/oder dazu in Beziehung stehende Rechenzentrumsausrüstungen können als Teil des Netzwerks **14** betrachtet werden. Bei dem Netzwerk **14** kann es sich zum Beispiel um ein Intranet, ein Extranet, das Internet, ein lokales Netzwerk (LAN), ein Weitverkehrsnetz (WAN) oder ein Hochgeschwindigkeitsnetz (MAN) oder eine beliebige Kombination davon handeln. Der Host-Computer **12** kann mit dem Zugriffsschalter **16** über ein anderes Netzwerk **30** Daten austauschen, zum Beispiel ein Ethernet-LAN oder über eine direkte Verbindung. Alternativ kann das Netzwerk **30** Teil des Netzwerks **14** sein, sodass der Host-Computer **12** Daten direkt mit dem Netzwerk **14** austauscht. Der Host-Computer **12** kann eine Ausführungsform einer physischen Datenverarbeitungseinheit sein, wie beispielsweise ein Server oder ein Blade-Computer. Der Host-Computer **12** kann eigenständig sein oder in einen Rahmen zusammen mit anderen Host-Computern eingebaut sein, wie zum Beispiel in einem Rack-Server oder in einem Blade-Server. Der Zugriffsschalter **16** kann eigenständig sein oder in denselben Ausrüstungsrahmen wie der Host-Computer **12** eingebaut sein.

**[0032]** Der Host-Computer **12** kann eine oder mehrere Verarbeitungseinheiten **20** enthalten, wie beispielsweise eine CPU, und kann ferner eine Speichereinheit **22** und einen Eingabe/Ausgabe-(E/A) Adapter **24** eines physischen Netzwerks enthalten, der mindestens eine physische Netzwerkschnittstelle (NIC) hat. Die physischen Komponenten des Host-Computers **12**, z. B. die CPU **20**, die Speichereinheit **22** und der E/A-Adapter **24**, können Daten über einen oder mehrere Busse, Anschlüsse, Adapter und dergleichen austauschen, die dem Fachmann bekannt sind. Der Host-Computer **12** kann ein Virtualisierungssystem **18** ausführen, das optional einen Hypervisor oder einen virtuellen Maschinenmanager (VMM) enthalten kann. In weiteren Ausführungsformen kann der Host-Computer **12** ein nicht-virtualisierter Server oder ein Server-Blade sein.

**[0033]** Der Speicher **22** kann flüchtigen Speicher enthalten, zum Beispiel RAM und dergleichen, und/

oder nicht-flüchtigen Speicher, zum Beispiel ROM, Flash-Speicher und dergleichen. Der Speicher kann austauschbare und/oder nicht austauschbare Speichermedien enthalten, die gemäß Verfahren und Technologien umgesetzt sind, die dem Fachmann im Bereich Datenspeicherung bekannt sind. Im Speicher Gespeichertes kann Programmcode enthalten, wie beispielsweise Programmcode eines Betriebssystems **34**, das durch den Prozessor **20** ausgeführt wird, und/oder Programmcode, der einem Virtualisierungssystem **18** entspricht.

**[0034]** Der NIC **24** stellt Unterstützung in Hardware, Software oder einer Kombination davon für jede beliebige Form von E/A-Virtualisierung bereit. Zu Beispielen zählen SR-IOV NICs (Einzelstamm-E/A-Virtualisierungs-NICs) und Nicht-SR-IOV NICs, NICs mit mehreren Warteschlangen, Netzwerkschnittstellen-Controller, E/A-Adapter und konvergente Netzwerkadapter. Der NIC **24** kann durch das Server-Betriebssystem **34**, einen NIC-Treiber und dergleichen verwaltet werden, sodass der NIC **24** Daten zum Netzwerk **30** senden und von ihm empfangen kann, wie im Folgenden ausführlich beschrieben. Zusätzlich zum Handhaben der Netzwerk-E/A zu und von dem Zugriffsschalter **16** stellt der NIC **24** einen Datenübertragungspfad zwischen virtuellen Maschinen (nicht gezeigt) bereit, die zum Beispiel Pakete mit einem virtuellen NIC (vNIC) einer virtuellen Maschine austauschen.

**[0035]** Der Zugriffsschalter **16** enthält eine Vielzahl von physischen Uplink- und Downlink-Anschlüssen **26** (Anschlüsse für aufwärts und abwärts gerichtete Übertragung), die mit dem NIC **24** Daten austauschen können, insbesondere mit einem physischen Anschluss (nicht gezeigt) des NIC **24**. Im Allgemeinen ist der Zugriffsschalter **16** ein Netzwerkelement, das zum Beispiel als ein Ethernet-Schalter umgesetzt ist, um Computer zwischen Uplink- und Downlink-Anschlüssen **26** und zwischen virtuellen Maschinen umzuschalten, die auf demselben Host-Computer **12** ausgeführt werden. Eine Beispielumsetzung des physischen Anschlusses zwischen dem Host-Computer **12** und dem Zugriffsschalter **16** ist eine 10-Gigabit-Ethernet-Verbindung. Eine Beispielumsetzung des Zugriffsschalters **16** ist ein Ethernet-Schalter, z. B. ein 10-Gigabit-Ethernet-Schaltermodul mit 24 Anschlüssen, hergestellt von Blade Network Technologies, Inc. in Santa Clara, Kalifornien. In weiteren Ausführungsformen kann das Umschalten an einem Netzwerkadapter erfolgen, der mit Elementen eines Überlagerungssystems konfiguriert ist. Hier kann das Umschalten zwischen virtuellen Maschinen erfolgen, die mit dem Netzwerkadapter und/oder mit einem Zugriffsschalter Daten austauschen können.

**[0036]** Der Zugriffsschalter **16** kann mit einem Verwaltungsmodul **28** zum Ausführen einer Intra-Hypervisor-Umschaltung von VM zu VM und dergleichen

konfiguriert werden. Eine entfernt angeordnete Verwaltungsstation **32** kann den Zugriffsschalter **16** und/oder den Host-Computer **12** über das Verwaltungsmodul **28** steuern und verwalten. Der Zugriffsschalter **16** kann einen Überlagerungs-Agent **36** enthalten, der über ein Verwaltungsmodul **28** mit einem externen Richtlinienserver und/oder der Verwaltungsstation **32** Daten austauschen kann, um Netzwerktopologie-Informationen bereitzustellen, Pakete zu klassifizieren usw. Der Überlagerungs-Agent **36** ist so konfiguriert, dass er eine virtuelle Netzwerküberlagerungsoperation ausführt, die zum Beispiel zwei oder mehr Endstationen in die Lage versetzt, in dem aufgesetzten virtuellen Netzwerk Daten auszutauschen.

**[0037]** Fig. 2 ist ein Blockschaubild einer Umgebung **200**, in der sich zwei Endstationen **202**, **206** gemäß einer Ausführungsform in einem gleichen aufgesetzten virtuellen Netzwerk befinden. Die Endstationen **202**, **206** können über einen Router **212** untereinander Datenpakete austauschen. Ein oder mehrere Zugriffsschalter (nicht gezeigt) können zwischen den Endstationen **202**, **206** und einem Router **210** positioniert werden. In einer Ausführungsform sind die Endstationen **202**, **206** für verschiedene physische Teilnetze konfiguriert und können Mitglieder eines gemeinsamen virtuellen Netzwerks sein. Dementsprechend enthält der Router **212** eine erste Teilnetzchnittstelle R1 zum Bedienen eines ersten Teilnetzes, von dem die Endstation **202** ein Mitglied ist, und eine zweite Teilnetzchnittstelle R2 zum Bedienen eines zweiten Teilnetzes, von dem die Endstation **206** ein Mitglied ist. In weiteren Ausführungsformen sind die Endstationen **202**, **206** als Teil eines gleichen physischen Netzwerks, zum Beispiel ein physisches Layer-2-Netzwerk, oder auf einem selben Teilnetz, zum Beispiel ein gleiches Layer-3-Teilnetz, z. B. IP, konfiguriert. Zum Zweck des Beschreibens von Operationen, die in der Umgebung **200** ausgeführt werden, kann das Überlagerungssystem **204** von Fig. 2 als ein Quellenüberlagerungssystem bezeichnet werden, und das Überlagerungssystem **208** von Fig. 2 kann als ein Zielüberlagerungssystem bezeichnet werden. In einer Ausführungsform wie in Fig. 2 gezeigt enthält die Umgebung **200** ein IP-Netzwerk. In weiteren Ausführungsformen enthält die Umgebung **200** ein Layer-2-Netzwerk.

**[0038]** Die Endstation **202** kann mit dem Überlagerungssystem A **204** Daten austauschen, und die Endstation **206** kann mit dem Überlagerungssystem B **208** Daten austauschen. Das Überlagerungssystem A **204** und/oder das Überlagerungssystem B **208** können mehrere Endstationen bedienen. Die Überlagerungssysteme **204**, **208** können untereinander Daten austauschen, wenn zum Beispiel eine nachstehend beschriebene Überlagerungsoperation ausgeführt wird. Die Endstation **202** und/oder die Endstation **206** können virtualisierte Endstationen sein. Alter-

nativ können die Endstation **202** und/oder die Endstation **206** nicht-virtualisierte Endstationen sein.

**[0039]** Die Umgebung **200** kann deshalb eine Kombination von virtualisierten und nicht-virtualisierten Endstationen enthalten.

**[0040]** Fig. 3 ist ein Blockschaubild, das eine Übersichts-Architekturansicht eines Überlagerungssystems **300** gemäß einer Ausführungsform darstellt. Die unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschriebene Überlagerungssystemarchitektur kann auf das Überlagerungssystem A **204** und/oder das Überlagerungssystem B **208** angewendet werden, die unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben wurden. Daher können das Überlagerungssystem A **204** und das Überlagerungssystem B **208** jeweils einige oder alle Elemente des Überlagerungssystems **300** enthalten. In der Beschreibung von Fig. 3 kann auf weitere Elemente von Fig. 1 und/oder Fig. 2 Bezug genommen werden. Das Überlagerungssystem **300** kann für ein IP-Netzwerk, ein Layer-2-Netzwerk oder weitere Netzwerke konfiguriert werden, die Fachleuten bekannt sind.

**[0041]** Das Überlagerungssystem **300** enthält einen Überlagerungs-Agent **302** und ein Überlagerungs-Hilfeprogramm **304**. Der Überlagerungs-Agent **302** kann sich an dem Zugriffsschalter **16** von Fig. 1 oder dem Router **210** oder Kantenschalter (nicht gezeigt) von Fig. 2 befinden. Das Überlagerungs-Hilfeprogramm **304** kann sich an dem Host-Computer **12** von Fig. 1 oder der Endstation **202** und/oder der Endstation **206** von Fig. 2 befinden, zum Beispiel in einem Ethernet-Einheitentreiber.

**[0042]** Der Überlagerungs-Agent **302** enthält eine Verwaltungsschnittstelle **306**, einen Richtlinien-Agent **308**, eine Adressverarbeitungsroutine (address handler) **310** und einen Klassifikator **312A**. Die Verwaltungsschnittstelle **306** stellt eine Schnittstelle zu der Verwaltungsstation **32** zum Konfigurieren von Überlagerungsparametern und Bereitstellen von verschiedenen Steuer- und Verwaltungsfunktionen für das aufgesetzte virtuelle Netzwerk bereit, in dem das Überlagerungssystem **300** umgesetzt ist. Zum Beispiel kann die Verwaltungsstation **32** über die Verwaltungsschnittstelle **306** virtuelle Netzwerke und ihre Mitglieder definieren. Die Verwaltungsstation **32** kann auch mit Einheiten und anderen spezialisierten Verwaltungsstationen in einem Rechenzentrum interagieren, wie beispielsweise Netzwerkschaltern, Virtualisierungsmanagern, Servermanagern und dergleichen, um Aufgaben auszuführen, die mit der Verwaltung eines aufgesetzten virtuellen Netzwerks in Beziehung stehen, wie beispielsweise Erstellen von Topologiezuordnungen, Ermitteln von Platzierungskriterien und dergleichen. In einer Ausführungsform ist die Verwaltungsschnittstelle **306** so konfiguriert, dass sie eine globale Ansicht des physischen Netzwerks und/oder des virtuellen Netz-

werks für die Verwaltungsstation **32** bereitstellt. Die Verwaltungsschnittstelle **306** kann lokale Parameter, zum Beispiel Paketklassifizierungskriterien, an andere Komponenten des Überlagerungssystems **300** übermitteln. Zum Beispiel kann die Verwaltungsstation **32** eine Kennung konfigurieren, die einem virtuellen Netzwerk zugehörig ist. Der Überlagerungs-Agent **302** kann dann den Klassifikator **312A** für eine vordefinierte Verkehrsklassifizierung auf der Grundlage einer physischen oder virtuellen Anschlussnummer, einer MAC-Adresse oder dergleichen konfigurieren.

**[0043]** Der Richtlinien-Agent **308** kann mit dem Richtlinien-Server **212**, der auch als Richtlinien-Engine bezeichnet wird, Daten austauschen, um einen Richtlinienzwischenspeicher zu erstellen, der die IP-Adresse oder in Beziehung stehende Daten eines Zielüberlagerungs-Agent enthält, der einer Zielendstation in einem bestimmten virtuellen Netzwerk entspricht. Der Richtlinienzwischenspeicher enthält Zuordnungen für Zielendstationen, mit denen lokale Endstationen Daten austauschen möchten. Der Richtlinien-Server **212** kann den Speicherort für eine oder mehrere Endstationen in dem Überlagerungsnetzwerk ermitteln und deren IP-Adressen erhalten, indem er mit verschiedenen Komponenten einer Rechenzentrums Umgebung interagiert wie beispielsweise den Endstationen **202**, **206**, den Überlagerungssystemen **204**, **208** und/oder Kantenschaltern (nicht gezeigt) in **Fig. 2**. In einer weiteren Ausführungsform tauscht die Verwaltungsstation **32** Daten mit dem Richtlinienserver **212** über die Verwaltungsschnittstelle **306** aus, um zur Zuordnung in Beziehung stehende Informationen zum Erstellen von Datenübertragungspfaden für die Endstationen **202**, **206** bereitzustellen.

**[0044]** Die Adressverarbeitungsroutine **310** empfängt und verarbeitet Anforderungen für ein Adressauflösungsprotokoll (ARP) oder von Layer-2-bezogenen Datenübertragungen von den Endstationen **202**, **206**. Details des ARP-Protokolls werden hierin der Kürze halber nicht offenbart, da es sich beim ARP um ein bekanntes Protokoll handelt, das verwendet wird, um IP-Adressen zu MAC-Adressen oder anderen Layer-2-Adressen zuzuordnen. Die Adressverarbeitungsroutine **310** kann den Richtlinien-Agent **308** nach einer IP-Adresse des Zielüberlagerungs-Agent zum Austauschen von Daten mit einer Zielendstation abfragen, die sich in dem virtuellen Netzwerk der Quellenendstation befindet, und eine nächste MAC-Hop-Adresse gemäß dem ARP-Protokoll ermitteln, zum Beispiel für die IP-Adresse des Zielüberlagerungs-Agent. Die nächste Hop-Ermittlung kann über normale ARP-Mechanismen erfolgen, zum Beispiel in dem physischen Netzwerk. In Ausführungsformen, in denen ein Layer-2-Netzwerk und ein entsprechender virtueller Layer-2-Netzwerkdienst bereitgestellt werden, ist die Adressverarbeitungsroutine nicht Be-

standteil des Überlagerungssystems **300**. Hier können Pakete auf der Grundlage einer MAC-Zieladresse statt einer IP-Zieladresse klassifiziert werden. Eine Kennung eines virtuellen Netzwerks kann daher alternativ eine MAC-Adresse statt einer IP-Adresse bezeichnen.

**[0045]** Das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** des Überlagerungssystems **300** enthält eine IP-Verarbeitungsroutine (IP handler) **314** und einen Klassifikator **312B**, der Teil des Klassifikators **312A** des Überlagerungs-Agent **302** ist. Der Klassifikator **312A** in dem Überlagerungs-Agent **302** verarbeitet empfangenen Datenverkehr, insbesondere Verkehr, der für eine der lokalen Endstationen bestimmt ist, die durch das Überlagerungssystem bedient werden. Der Klassifikator **312B** in dem Überlagerungs-Hilfprogramm **304** verarbeitet andererseits Pakete zur Übertragung. Zum Beispiel empfängt der Klassifikator **312B** IP-Pakete über Layer-2-Daten und dergleichen von der Endstation, zum Beispiel der Endstation **202**, und ordnet die Pakete einem virtuellen Netzwerk zu. Diese Zuordnung kann über die Verwaltungsschnittstelle **306** konfiguriert werden. Wie hierin verwendet, können der Klassifikator **312A** des Überlagerungs-Agent **302** und der Klassifikator **312B** des Überlagerungs-Hilfprogramms **304** allgemein als ein Klassifikator **312** bezeichnet werden. Kurz gesagt, der Klassifikator **312** ordnet alle Pakete, die von einer lokalen Endstation kommen, zu einem virtuellen Netzwerk zu auf der Grundlage eines vorher konfigurierten virtuellen Anschlusses oder einer Klassifizierung auf MAC-Grundlage, die zum Beispiel durch die Verwaltungsstation **32** konfiguriert wurde. Daher werden alle Pakete, die durch die Endstation übertragen werden, über den Klassifikator **312** übertragen, wobei der Klassifikator **312** die empfangenen Pakete zu einem virtuellen Netzwerk zuordnet.

**[0046]** Die IP-Verarbeitungsroutine **314** empfängt IP-Pakete von der Endstation über den Klassifikator **312** und fügt eine Überlagerungskapselung zu jedem empfangenen IP-Paket hinzu. Die Überlagerungskapselung kann einen äußeren MAC-Überlagerungskopf, einen äußeren IP-Überlagerungskopf und einen überlagerungsspezifischen Kopf enthalten. Der äußere MAC-Überlagerungskopf kann eine MAC-Quellenadresse enthalten, die dem Überlagerungssystem **A 204** entspricht, und eine MAC-Zieladresse, die der nächsten IP-Hop-Adresse der Zielüberlagerungs-IP-Adresse entspricht. Der äußere IP-Überlagerungskopf kann die IP-Adresse des Quellenüberlagerungssystems **204** und die IP-Adresse des Überlagerungssystems **B 208** enthalten. Der überlagerungsspezifische Kopf kann eine eindeutige Kennung enthalten, die das virtuelle Netzwerk identifiziert.

**[0047]** Die IP-Verarbeitungsroutine **314** des Zielüberlagerungssystems **208** kann gekapselte IP-Pakete empfangen, die von dem Quellenüberlagerungs-

system **204** gesendet wurden, und kann die Zielendstation **206**, für die das Paket bestimmt ist, auf der Grundlage des inneren IP-Ziels, d. h. der IP-Adresse der Zielendstation **206**, und der Kennung des virtuellen Netzwerks suchen. Die IP-Verarbeitungsroutine **314** des Zielüberlagerungssystems **208** kann mit dem Richtlinien-Agent **308** Daten austauschen, um Zuordnungsinformationen für die Zielendstation **206** abzurufen. Das lokale Ziel kann aus den Paketinhalten abgeleitet werden, und der Zielanschluss kann aus seinen Einstellungen identifiziert werden. Hier ist eine Suche gegebenenfalls nicht erforderlich. Andererseits kann eine Suche trotzdem erforderlich sein, wenn das Ziel geänderte Speicherorte aufweist. Die IP-Verarbeitungsroutine **314** kann den lokalen Richtlinien-Agent **308** abfragen, der wiederum den globalen Richtlinienserver **212** abfragt, wenn die Zuordnung nicht in dem lokalen Zwischenspeicher gefunden wird. Wenn die Endstation identifiziert ist, streift die IP-Verarbeitungsroutine **314** den Überlagerungskopf ab, bevor der Paket-Datenübertragungsblock an die Zielendstation **206** weitergeleitet wird.

**[0048]** Fig. 4 ist ein schematisches Blockschaubild, das einen Prozessablauf **400** zum Austauschen von Daten zwischen den Endstationen **202**, **206** und den Überlagerungssystemen **204**, **208** von Fig. 2 gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht. Beim Beschreiben des Prozessablaufs **400** wird auch auf Fig. 1 bis Fig. 3 Bezug genommen. Der Prozessablauf **400** kann durch Anweisungen gesteuert werden, die in einer Speichereinheit gespeichert sind und durch einen Prozessor von mindestens einem von Endstation **202**, Endstation **206**, Router **210**, Richtlinienserver **212** und/oder einem oder mehreren Zwischenschaltern (nicht gezeigt) zwischen den Endstationen **202**, **206** und dem Router **210** ausgeführt werden. In Fig. 4 kann die Endstation **202** als eine Quellenendstation bezeichnet werden, und die Endstation **206** kann als eine Zielendstation bezeichnet werden. Außerdem kann in Fig. 4 das Überlagerungssystem A **204** als ein Quellenüberlagerungssystem bezeichnet werden, und das Überlagerungssystem B **208** kann als ein Zielüberlagerungssystem bezeichnet werden. Obwohl hierin auf die Überlagerungssysteme **204**, **208** verwiesen wird, trifft dies auch auf das Überlagerungssystem **300** zu, das in Fig. 3 beschrieben wurde.

**[0049]** Eine Zielforderungsnachricht wird von der Endstation **202** an das Überlagerungssystem A **204** zum Beispiel als eine Rundsendung ausgegeben (**402**). Die Rundsendungsnachricht kann auf eine bekannte Weise ausgegeben werden, zum Beispiel einem Ausgeben gemäß dem ARP zur Adressauflösung. Alternativ kann die Zielforderungsnachricht in einem Layer-2-Format ausgegeben werden. Hier kann der Richtlinienzwischenspeicher aktualisiert werden, wenn eine Unicast-Nachricht an den

Zielendpunkt von dem Überlagerungssystem **300** empfangen wird.

**[0050]** Das Quellenüberlagerungssystem **204** kann die Zielforderungsnachricht empfangen, wobei die Adressverarbeitungsroutine **310** des Überlagerungs-Agent **302** des Quellenüberlagerungssystems **204** den Richtlinien-Agent **308** nach der IP-Adresse des Zielüberlagerungssystems **208** abfragen kann, das mit der Zielendstation **206** in einem vordefinierten virtuellen Netzwerk in Beziehung steht. Der Richtlinien-Agent **308** des Quellenüberlagerungssystems **204** kann zuerst auf seinen Richtlinienzwischenspeicher (nicht gezeigt) zugreifen, der Zuordnungsinformationen speichern kann, die zu dem Zielüberlagerungssystem **208** der Zielendstation **206** in Beziehung stehen, mit dem die Quellenendstation **202** Daten austauschen möchte. Wenn in dem Richtlinienzwischenspeicher keine derartigen Zuordnungsinformationen gefunden werden, kann die Adressverarbeitungsroutine **310** eine Nachricht, zum Beispiel eine Unicast-Nachricht, an den Richtlinienserver **212** ausgeben (**404**), um die Zuordnungsinformationen zu erhalten. Insbesondere fragt das Überlagerungssystem **300** den Richtlinienserver **212** nach dem Speicherort des Zielüberlagerungssystems ab, mit dem der Zielendpunkt **206** in demselben virtuellen Netzwerk wie der Quellenendpunkt **202** verbunden ist. Der Richtlinienserver **212** kann den physischen Speicherort der Zielendstation **206** ermitteln, indem er mit Elementen des Rechenzentrums und mit dem Quellenüberlagerungssystem **204** interagiert.

**[0051]** Wenn angenommen wird, dass der Richtlinien-Server **212** den Speicherort der Zielendstation **206** ermittelt und die angeforderten Zuordnungsinformationen bereitstellen kann, kann der Richtlinienserver **212** die angeforderten Zuordnungsinformationen für das Zielüberlagerungssystem **208** bereitstellen (**406**), insbesondere eine Zuordnung der IP-Adresse der Zielendstation **206**. Zum Beispiel kann die Adressverarbeitungsroutine **310** den Richtlinienzwischenspeicher abfragen, und wenn dort nichts gefunden wird, nimmt der Richtlinien-Agent **308** mit dem Richtlinienserver **212** Verbindung auf, um die Zuordnungsinformationen abzurufen und sie an die Adressverarbeitungsroutine **310** zurückzugeben. Die Adressverarbeitungsroutine **310** kann dann die ARP-Anforderung erfüllen, die von der lokalen Endstation stammt, d. h. dem Quellenendpunkt **202**. Außerdem kann der Richtlinien-Agent **308** mit dem Richtlinienserver **212** Daten austauschen, um den Speicherort der Zielendstation **206** zu ermitteln und den Richtlinienzwischenspeicher mit den Zuordnungsinformationen zu aktualisieren.

**[0052]** Die Adressverarbeitungsroutine **310** des Quellenüberlagerungssystems **204** kann die IP-Adresse der Zielendstation **206** und eine entsprechende nächste MAC-Hop-Adresse ausgeben (**408**),



die in Reaktion auf die ursprüngliche ARP-Anforderung an die Endstation **202** erzeugt wurde. Nach der Adressauflösung kann die Quellenendstation **202** ein Paket ausgeben (**410**), das einen Layer-2-Kopf, z. B. Ethernet-Kopf **411**, einen IP-Kopf **412** und Nutzdaten (PL) **413** enthält. Der Layer-2-Kopf **411** kann die nächste MAC-Hop-Adresse (R1-MAC-Adr.) und die Ziel-IP-Adresse (ES2-IP-Adr.) enthalten, die von dem Richtlinienserver **212** und/oder dem Richtlinien-Agent **308** empfangen werden.

**[0053]** Das Überlagerungssystem A **204**, insbesondere die IP-Verarbeitungsroutine **314**, empfängt das Paket von der Endstation **202**. Die IP-Verarbeitungsroutine **314** fügt eine Überlagerungskapselung **418** zum dem Paket hinzu und gibt das gekapselte Paket aus (**414**). Die Überlagerungskapselung **418** enthält einen äußeren MAC-Überlagerungskopf **415**, einen äußere IP-Überlagerungskopf **416** und einen Überlagerungskopf **417**. Ein optionaler Layer-4-Kopf (nicht gezeigt), zum Beispiel ein UDP-Kopf, kann zwischen dem IP-Kopf **416** und dem Überlagerungskopf **417** positioniert werden. Der äußere MAC-Überlagerungskopf **413** enthält eine MAC-Quellenadresse (omac1), die dem Quellenüberlagerungssystem **204** entspricht, und eine MAC-Zieladresse, z. B. die nächste MAC-Hop-Adresse (rmac1). Wenn das Ziel in einer Ausführungsform in demselben Teilnetz liegt wie die Quelle, ist die MAC-Zieladresse diejenige des Zielüberlagerungssystems **208**. In einer weiteren Ausführungsform, wie in **Fig. 2** gezeigt, ist die MAC-Zieladresse diejenige einer Gateway-Schnittstelle (R1), die Pakete jeweils zwischen den Teilnetzen der Endstationen **202**, **206** weiterleitet.

**[0054]** Der äußere IP-Überlagerungskopf **416** kann die IP-Adresse des Quellenüberlagerungssystems **204** und die IP-Adresse des Zielüberlagerungssystems **208** enthalten. Der Überlagerungskopf **417** kann eine eindeutige Kennung enthalten, die das virtuelle Netzwerk identifiziert. Wenn die Überlagerungskapselung **418** zu dem Paket hinzugefügt wird, das von der Quellenendstation **202** empfangen wird, werden die Inhalte des ursprünglichen Pakets **411**, **412**, **413** kombiniert, um neue Nutzdaten PL1 **419** zu bilden, die mit der Überlagerungskapselung **418** an den Router **210** oder alternativ an einen Kanten-schalter oder einen in Beziehung stehenden Netzwerkschalter ausgegeben werden (**414**).

**[0055]** Der Router **210**, insbesondere eine erste Teilnetz-schnittstelle R1 des Routers **210**, die aus der nächsten MAC-Hop-Adresse identifiziert wird, empfängt das Paket mit den Nutzdaten PL1 **419** und gibt die Nutzdaten PL1 **419** sowie Inhalte des Überlagerungskopfs **417** und des äußeren IP-Überlagerungskopfs **416** von einer zweiten Schnittstelle R2 aus (**420**), die ein zweites Teilnetz bedient, von dem die Zielendstation **206** und/oder das Zielüberlagerungssystem **208** ein Mitglied sind. Ein MAC-Adresskopf

**421** wird hinzugefügt, der die MAC-Quellenadresse, d. h. die MAC-Adresse der zweiten Router-Schnittstelle R2, und die MAC-Adresse des Zielüberlagerungs-Agent **208** enthält, die der IP-Adresse des Zielüberlagerungssystems **208** in dem äußeren IP-Überlagerungskopf **416** entspricht.

**[0056]** Das Überlagerungssystem B **208** kann den Überlagerungskopf **417** aus dem Paket entfernen, das von dem Router **210** empfangen wird, und die ursprünglichen Nutzdaten **413** an die Zielendstation **206** ausgeben. Die IP-Verarbeitungsroutine **314** des Zielüberlagerungssystems **208** kann die beabsichtigte Zielendstation zum Empfangen des Pakets auf der Grundlage der inneren IP-Ziels (esip2), das in dem IP-Zieladressfeld **412** bereitgestellt wird, und aus virtuellen Netzwerkinformationen in dem Überlagerungskopf **417** ermitteln, zum Beispiel einer eindeutigen Kennung des virtuellen Netzwerks. Das Überlagerungssystem B **208** kann diese Informationen verwenden, um die Zielendstation **206** zu ermitteln und ein Datenpaket, das die ursprünglichen Nutzdaten **413** enthält, an die Zielendstation **206** auszugeben (**422**).

**[0057]** **Fig. 5** ist ein Ablaufplan eines Verfahrens **500** zum Ausführen einer Überlagerungsoperation gemäß einer Ausführungsform. Beim Beschreiben des Verfahrens **500** wird auch auf Elemente von **Fig. 1** bis **Fig. 4** Bezug genommen.

**[0058]** Im Block **502** kann der Überlagerungs-Agent **302** des Überlagerungssystems **300** in dem Zugriffsschalter **16** oder einer in Beziehung stehenden Netzwerkkanteneinheit umgesetzt werden. Wie oben beschrieben, kann der Überlagerungs-Agent **302** eine Verwaltungsschnittstelle **306**, einen Richtlinien-Agent **308**, eine Adressverarbeitungsroutine **310** und einen Klassifikator **312A** enthalten.

**[0059]** Im Block **504** wird das Überlagerungs-Hilfeprogramm **304** in dem Host-Computer **12** umgesetzt. Wie oben beschrieben, kann das Überlagerungs-Hilfeprogramm **304** eine IP-Verarbeitungsroutine **314** und einen Klassifikator **312** enthalten. In einer Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfeprogramm **304** in einem Hypervisor-NIC-Treiber umgesetzt. In einer weiteren Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfeprogramm **304** in einem SR IOV NIC umgesetzt. In einer weiteren Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfeprogramm **304** in einem übernommenen NIC, einem OS-NIC-Treiber und/oder NIC-Firmware oder Hardware umgesetzt.

**[0060]** Im Block **506** können Überlagerungsparameter über ein Inband-Protokoll von dem Überlagerungs-Agent **302** zu dem Überlagerungs-Hilfeprogramm **304** übertragen werden. Klassifizierungskriterien auf der Grundlage von physischen oder virtuellen Anschlussnummern, MAC-Adressen und der-

gleichen können vor dem Start eines Verkehrsflusses zwischen den beiden Endstationen ausgetauscht werden. Einträge des Richtlinienzwischenspeichers und dergleichen können beim Start des Verkehrsflusses ausgetauscht werden. Eine Kapselung kann durch Hinzufügen eines Überlagerungskopfs zu einem empfangenen Paket erfolgen, der IP- und/oder MAC-Adressinformationen, virtuelle Netzwerkinformationen und/oder in Beziehung stehende Informationen enthält, um die Zielendstation des Pakets in dem aufgesetzten virtuellen Netzwerk zu ermitteln. Dementsprechend kann durch Umsetzen eines Überlagerungssystems **300** sowohl in einem Zugriffsschalter als auch einer Endstation ein virtuelles Netzwerk so skaliert werden, dass es neben virtualisierten Einheiten auch übernommene Einheiten enthält, wodurch eine Abhängigkeit von Hypervisor-Plattformen und dergleichen verringert wird. Damit kann die Funktionalität des aufgesetzten virtuellen Netzwerks von dem Betriebssystem oder Hypervisor getrennt werden. Ferner können Hinzufügungs-, Löscho- oder Modifikationsvorgänge für den Überlagerungskopf, die durch das Überlagerungs-Hilfprogramm ausgeführt werden, in einer Hardware-, Firmware- oder Softwareschicht unter dem Betriebssystem des Host-Computers erfolgen. Somit können Überlagerungsfunktionen ohne die Notwendigkeit erfolgen, das Betriebssystem zu modifizieren.

**[0061]** Fig. 6 ist ein Blockschaubild einer Umgebung **600**, die einen Host-Computer **612** und einen Zugriffsschalter **616** enthält, der gemäß einer Ausführungsform mit dem virtuellen Netzwerküberlagerungssystem **300** konfiguriert ist.

**[0062]** Der Host-Computer **612** enthält einen Hypervisor **606** zum Abstrahieren der Hardware des Host-Computers **12** in virtuelle Maschinen **602-1** bis **602-N** (allgemein **602**). Die virtuellen Maschinen **602** nutzen gemeinsam einen physischen Netzwerkschnittstellen-Controller (NIC) **614** zum Ausführen von externen Netzwerk-E/A-Operationen. Der Hypervisor **606** kann einen virtuellen Schalter **608** oder vSchalter auf Software-Grundlage enthalten, der eine hohe Vernetzungsfähigkeit zwischen den virtuellen Maschinen **602** bereitstellt. Der virtuelle Schalter **608** bildet eine Schnittstelle zwischen dem physischen NIC **614** und einer Vielzahl von virtuellen NICs **604** oder vNICs der virtuellen Maschinen **602** zum Weiterleiten von Paketen zwischen den virtuellen Maschinen **602** und dem physischen NIC **614**.

**[0063]** Jeder virtuellen Maschine **602** können eine oder mehrere vNICs **604** zugehörig sein. Jede virtuelle Maschine kann auch einen VM-Netzwerkstapel **620** und einen VM-vNIC-Treiber **622** enthalten, der einen entsprechenden vNIC **604** steuert. Im Allgemeinen arbeitet jeder vNIC **604** wie eine physische Netzwerkschnittstelle. Zum Beispiel kann jedem

vNIC **604** eine eindeutige MAC-(Media Access Control)Adresse zugewiesen werden.

**[0064]** Die vNICs **604** sind mit dem physischen NIC **614** über den Hypervisor-NIC-Treiber **610** und den virtuellen Schalter **608** logisch verbunden. In einer Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** des Überlagerungssystems **300** in dem Hypervisor-NIC-Treiber **610** oder alternativ in der NIC-Firmware oder Hardware umgesetzt. Der Überlagerungs-Agent **302** des Überlagerungssystems **300** kann in dem Zugriffsschalter **616** umgesetzt werden. In einer weiteren Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** in dem VM-Netzwerkstapel **620** umgesetzt. In einer weiteren Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** in dem VM-vNIC-Treiber **622** umgesetzt. In einer weiteren Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** in einer Kombination aus dem VM-Netzwerkstapel **620**, dem VM-vNIC-Treiber **622** und Hypervisor-NIC-Treiber **610** umgesetzt. Der Überlagerungs-Agent **302** und das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** tauschen über ein Inband-Protokoll miteinander Daten aus, um Überlagerungsparameter, zum Beispiel Klassifizierungskriterien und Daten des Richtlinienzwischenspeichers wie beispielsweise virtuelle Netzwerkzuordnungsinformationen, zwischen dem Überlagerungs-Agent **302** und dem Überlagerungs-Hilfprogramm **304** zu übertragen.

**[0065]** Fig. 7 ist ein Blockschaubild einer Umgebung **700**, die einen Host-Computer **712** und einen Zugriffsschalter **716** enthält, der gemäß einer weiteren Ausführungsform mit dem virtuellen Netzwerküberlagerungssystem **300** konfiguriert ist. Die Umgebung **700** ähnelt der Umgebung **600**, die in Fig. 6 beschrieben wurde, mit Ausnahme dessen, dass die Umgebung **700** einen SR-IOV NIC **714** enthält. Hier kann ein vNIC **704** mit dem physischen NIC **714** über eine virtuelle Funktions-(VF)Engine **730** logisch verbunden werden, die eine virtualisierte Instanz des NIC **714** enthalten kann. Ein Hypervisor-NIC-Treiber **710** kann eine physische Funktions-(PF)Engine steuern, ähnlich der Konfiguration von Fig. 6, sodass der Hypervisor **706** auf die PF **732** zugreifen kann, bei der es sich um die Schnittstelle zu der physischen Karte handelt. Die VF-Engines **730** gestatten ein Umschalten von Verkehrsleistung, die durch ein Umschalten des Verkehrs zwischen den virtuellen Maschinen **702** verbessert werden soll, indem der vSchalter **708** umgangen wird. Daher können die VMs **702A**, **702D** über die virtuellen Funktionen direkt auf den physischen NIC **714** zugreifen, ohne auf den Hypervisor **706** für Steuerungs- oder Datenoperationen zurückgreifen zu müssen.

**[0066]** In einer Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** des Überlagerungssystems **300** in dem NIC-Treiber **710**, der die PF **732**

steuert, oder in der NIC-Firmware oder Hardware umgesetzt. Der Überlagerungs-Agent **302** des Überlagerungssystems **300** kann in dem Zugriffsschalter **616** umgesetzt werden. In einer weiteren Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** in einem VM-Netzwerkstapel **720** umgesetzt. In einer weiteren Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** in dem VM-vNIC-Treiber **722** umgesetzt. In einer weiteren Ausführungsform wird das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** in einer Kombination aus dem VM-Netzwerkstapel **720**, dem VM-vNIC-Treiber **722** und dem NIC-Treiber **710** umgesetzt.

**[0067]** Fig. 8 ist ein Blockschaubild einer Umgebung **800**, die einen Host-Computer **812** und einen Zugriffsschalter **816** enthält, der gemäß einer weiteren Ausführungsform mit dem virtuellen Netzwerküberlagerungssystem **300** konfiguriert ist. Der Host-Computer **812** kann ein herkömmliches Betriebssystem enthalten und erfordert keinen Hypervisor oder VMM.

**[0068]** Der Host-Computer **812** kann einen NIC **804** enthalten, der zum Beispiel für Netzwerkvirtualisierung konfiguriert ist und Warteschlangen enthält, die jeweils einer virtualisierten oder nicht-virtualisierten Entität auf dem physischen Host-Computer **12** fest zugeordnet sind. Hier kann jeder Warteschlange eine eindeutige MAC-Adresse zugewiesen werden, um die Entitäten voneinander zu unterscheiden. Das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** des Überlagerungs-Systems **300** kann in einem OS-NIC-Treiber **806**, der den NIC **804** steuert, oder in der Firmware oder Hardware des NIC **804** umgesetzt werden. Der Überlagerungs-Agent **302** des Überlagerungssystems **300** kann in dem Zugriffsschalter **816** umgesetzt werden. Der Überlagerungs-Agent **302** und das Überlagerungs-Hilfprogramm **304** tauschen Daten über ein Inband-Protokoll miteinander aus, das so konfiguriert werden kann, dass Überlagerungsparameter und dergleichen ausgetauscht werden. Daher können virtualisierte Endstationen und/oder nicht-virtualisierte Endstationen Teil eines skalierbaren aufgesetzten virtuellen Netzwerks sein.

**[0069]** Fig. 9A ist ein schematisches Blockschaubild, das einen Prozessablauf **900** zum Initialisieren eines Quellenüberlagerungssystems gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht. Fig. 9B ist ein schematisches Blockschaubild, das einen Prozessablauf **920** zum Initialisieren eines Zielüberlagerungssystems gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht. Beim Beschreiben der Prozessabläufe **900** und **920** wird auch auf Fig. 1 bis Fig. 8 Bezug genommen. In Fig. 9A und Fig. 9B werden zwei Überlagerungssysteme initialisiert, die jeweils einer Quellenendstation (ES1) und einer Zielendstation entsprechen, um zu gestatten, dass eine Datenübertragung zwischen den beiden Endstationen in demselben aufgesetzten virtuellen Netzwerk er-

folgt. Jedes der beiden Überlagerungssysteme kann auf das Überlagerungssystem **300** von Fig. 3 und/oder jeweils die Überlagerungssysteme **204**, **208** von Fig. 2 verweisen.

**[0070]** In Fig. 9A erfolgt der Prozessablauf **900** zwischen dem Quellenüberlagerungs-Hilfprogramm **304**, das in der Quellenendstation **202** umgesetzt wird (allgemein **902**), dem Quellenüberlagerungs-Agent **302**, der in einem Quellenzugriffsschalter umgesetzt wird (allgemein **904**), einer Verwaltungsstation, die mit dem Quellenzugriffsschalter Daten austauschen kann (allgemein **906**), und einer Topologiezuordnungsfunktion (topology mapper), die für den Richtlinienserver **212** konfiguriert ist (allgemein **908**).

**[0071]** Die Verwaltungsstation **906** kann eine Anforderung zum Aktivieren einer Überlagerung an den Quellenzugriffsschalter **904** ausgeben (**910**). Die Verwaltungsstation **906** kann mit der Verwaltungsschnittstelle **306** des Quellenüberlagerungs-Agent **904** Daten austauschen, um das Quellenüberlagerungssystem **300** in die Lage zu versetzen, Pakete zu klassifizieren, einen Überlagerungskopf zu einem empfangenen Paket hinzuzufügen, mit dem Quellenüberlagerungs-Hilfprogramm **902** über ein Inband-Protokoll Daten auszutauschen und/oder andere Funktionen des Überlagerungssystems **300** auszuführen, wie diejenigen, die hierin beschrieben werden. Die Verwaltungsstation **906** kann die Anforderung zum Aktivieren eines vordefinierten Anschlusses des Quellenzugriffsschalters konfigurieren, um Pakete zu verarbeiten, die zu dem aufgesetzten virtuellen Netzwerk in Beziehung stehen, zu dem die Quellenendstation **202** gehört. Der Anschluss kann so gekennzeichnet werden, dass er in dem benutzerdefinierten virtuellen Netzwerk liegt. Daher werden Pakete, die aus diesem Anschluss ausgegeben werden, automatisch als zu dem gekennzeichneten virtuellen Netzwerk zugehörig klassifiziert. Das Quellenüberlagerungssystem **300** kann die erforderliche Kapselung wie hierin beschrieben ausführen, um das Paket durch das physische Netzwerk zu dem Zielüberlagerungssystem zu übertragen.

**[0072]** Der Überlagerungs-Agent **904** kann in Reaktion darauf, dass er für eine virtuelle Überlagerungsoperation aktiviert wird, Adressinformationen, zum Beispiel die MAC-Adresse und/oder die IP-Adresse des Quellenüberlagerungs-Agent **904**, an das Quellenüberlagerungs-Hilfprogramm **902** ausgeben (**912**).

**[0073]** Die Verwaltungsstation **906** kann über die Verwaltungsschnittstelle **306** eine Anforderung an die Topologiezuordnungsfunktion **908** für physische Speicherorte der Endstationen senden (**914**), um eine Topologiezuordnung zu erstellen oder Platzierungskriterien zu ermitteln, die mit dem aufgesetzten virtuellen Netzwerk (OVNX) in Beziehung stehen,

dem die Quellenendstation **202** zugehörig ist, d. h., die Quellenendstation **902** kann ein Mitglied von OVNX sein.

**[0074]** Die Verwaltungsstation **906** kann Topologiezuordnungsinformationen, die von der Topologiezuordnungsfunktion **908** empfangen wurden, an den Quellenüberlagerungs-Agent **904**, insbesondere an den Richtlinien-Agent **308** ausgeben (**916**). Diese Informationen können von anderen Überlagerungs-Agents in einer virtuellen Netzwerkoperation verwendet werden, wobei Datenübertragungen erfolgen können, wenn zum Beispiel die Endstation **902** ein Paket von einer anderen Endstation empfängt, d. h., die Endstation **902** ist eine Zielendstation. Die Topologiezuordnungsinformationen können eine MAC-Adresse einer Quellenendstation, Zugriffsschalter-Anschlussinformationen, eine Kennung eines virtuellen Netzwerks und dergleichen enthalten.

**[0075]** Einige oder alle Elemente der Topologiezuordnungsdaten, zum Beispiel MAC-Adresse der Quellenendstation und Kennung des virtuellen Netzwerks, können an das Überlagerungs-Hilfeprogramm **902** ausgegeben werden (**918**), um einen Speicherort der Quellenendstation **202** zu erstellen.

**[0076]** In Fig. 9B erfolgt ein Prozessablauf **920** zwischen dem Überlagerungs-Hilfeprogramm **304**, das in der Zielendstation **206** umgesetzt wird (allgemein **922**), dem Überlagerungs-Agent **302**, der in einem Zielzugriffsschalter umgesetzt wird (allgemein **924**), einer Verwaltungsstation, die mit dem Zielzugriffsschalter Daten austauschen kann (allgemein **926**), und der Topologiezuordnungsfunktion, die für den Richtlinienserver **212** konfiguriert ist (allgemein **928**). Der Zielzugriffsschalter **924** kann derselbe Schalter oder ein ähnlicher Schalter wie der Quellenzugriffsschalter **904** von Fig. 9A sein. Die Verwaltungsstation **926** kann dieselbe oder ähnlich der Verwaltungsstation **906** von Fig. 9A sein. Die Topologiezuordnungsfunktion **928** kann dieselbe wie die Topologiezuordnungsfunktion **908** von Fig. 9A sein.

**[0077]** Die Verwaltungsstation **926** kann eine Anforderung zum Aktivieren einer Überlagerung an den Zielzugriffsschalter **924** ausgeben (**930**). Die Verwaltungsstation **926** kann mit der Verwaltungsschnittstelle **306** des Zielüberlagerungs-Agent **924** Daten austauschen, um das Überlagerungssystem **300** in die Lage zu versetzen, Pakete zu klassifizieren, einen Überlagerungskopf zu einem empfangenen Paket hinzuzufügen, mit dem Zielüberlagerungs-Hilfeprogramm **922** über ein Inband-Protokoll Daten auszutauschen und/oder andere Funktionen des Überlagerungssystems **300** auszuführen, wie diejenigen, die hierin beschrieben werden. Die Verwaltungsstation **926** kann die Anforderung zum Aktivieren eines vordefinierten Anschlusses Q des Zielzugriffsschalters konfigurieren, um Pakete zu verarbeiten, die zu

dem aufgesetzten virtuellen Netzwerk in Beziehung stehen, zu dem die Zielendstation **222** gehört.

**[0078]** In Reaktion darauf, dass er für eine virtuelle Überlagerungsoperation aktiviert wird, kann der Überlagerungs-Agent **924** Adressinformationen, zum Beispiel die MAC-Adresse und/oder die IP-Adresse des Zielüberlagerungs-Agent **924**, an das Zielüberlagerungs-Hilfeprogramm **922** ausgeben (**932**).

**[0079]** Die Verwaltungsstation **926** kann über die Verwaltungsschnittstelle **306** eine Anforderung an die Topologiezuordnungsfunktion **928** für Endstations-Speicherplatzinformationen senden (**934**), um eine Topologiezuordnung zu erstellen, Platzierungskriterien zu ermitteln usw., die mit dem aufgesetzten virtuellen Netzwerk (OVNX) in Beziehung stehen, dem die Zielendstation **206** zugehörig ist, d. h., die Zielendstation **922** kann ein Mitglied von OVNX sein. Die Verwaltungsstation **926** kann Topologiezuordnungsinformationen an den Richtlinienserver **928** ausgeben (**936**), der von dem Überlagerungs-Agent **924** abgefragt wird, um einen Übertragungspfad zu erstellen. Diese Informationen können von anderen Überlagerungs-Agents in einer virtuellen Netzwerkoperation verwendet werden, wenn zum Beispiel die Endstation eine Zielendstation ist. Die Topologiezuordnungsinformationen können eine MAC-Adresse einer Zielendstation, Zugriffsschalter-Anschlussinformationen, eine Kennung eines virtuellen Netzwerks und dergleichen enthalten.

**[0080]** Einige oder alle Elemente der Topologiezuordnungsdaten, zum Beispiel MAC-Adresse der Zielendstation und Kennung des virtuellen Netzwerks, können an das Überlagerungs-Hilfeprogramm **922** ausgegeben werden (**938**), um einen Speicherort der Zielendstation **206** zu erstellen.

**[0081]** Fig. 10 ist ein schematisches Blockschaubild, das einen Prozessablauf **1000** zum Austauschen von Daten mit einem Quellenüberlagerungssystem gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht. Beim Beschreiben des Prozessablaufs **1000** wird auch auf Elemente von Fig. 1 bis Fig. 9 Bezug genommen. Insbesondere wird der Prozessablauf **1000** so beschrieben, dass er zwischen der ersten Endstation **202**, dem Router **210** und dem Richtlinienserver **212** von Fig. 2 und dem Quellenüberlagerungs-Hilfeprogramm **304**, der in der Quellenendstation **202** umgesetzt wird (allgemein **902**), und dem Quellenüberlagerungs-Agent **302** erfolgt, der in dem Quellenzugriffsschalter von Fig. 9 umgesetzt wird (allgemein **904**). Der Prozessablauf **1000** kann jedoch ebenfalls zwischen Endstationen und den Zugriffsschaltern erfolgen, auf die in Fig. 6 bis Fig. 8 oder in anderen hierin beschriebenen Figuren Bezug genommen wird.

**[0082]** Eine Zielforderungsanforderungsnachricht wird von der Endstation **202** an den Quellenüberlagerungs-Agent

**904** zum Beispiel als eine Rundsendungsnachricht ausgegeben (**1002**). Die Rundsendungsnachricht kann auf eine bekannte Weise ausgegeben werden, zum Beispiel einem Ausgeben gemäß dem ARP zur Adressauflösung.

**[0083]** Die Adressverarbeitungsroutine **310** des Quellenüberlagerungs-Agent **904** kann die Anforderung über den Klassifikator **312** empfangen und den Richtlinien-Agent **308** nach der IP-Adresse der Zielendstation **206** abfragen, zum Beispiel das virtuelle Netzwerk (OVNX) der Quellenendstation **202**. Der Richtlinien-Agent **308** des Quellenüberlagerungs-Agent **904** kann zuerst auf seinen Richtlinienzwischenspeicher (nicht gezeigt) zugreifen, der Zuordnungsinformationen speichern kann, die zu der Zielendstation **206** in Beziehung stehen, mit der die Quellenendstation **202** Daten austauschen möchte. Die Adressverarbeitungsroutine **310** kann mit dem Richtlinien-Agent **308** Daten austauschen, der einen lokalen Zwischenspeicher überprüfen kann. Wenn die Zuordnungsinformationen nicht gefunden werden, kann der Richtlinienserver **212** die Zuordnungsinformationen bereitstellen. Eine Unicast-Nachricht kann an den Richtlinienserver **212** ausgegeben werden (**1004**), um die Zuordnungsinformationen zu erhalten.

**[0084]** Der Richtlinienserver **212** kann den physischen Speicherort der Zielendstation **206** gemäß Ansätzen ermitteln, die denjenigen ähnlich sind, die oben unter Bezugnahme auf **Fig. 4** beschrieben wurden. Derartige Ansätze werden der Kürze halber hier nicht wiederholt. Der Richtlinienserver **212** kann die angeforderten Zuordnungsinformationen, insbesondere eine Zuordnung der IP-Adresse der Zielendstation **206** an das Zielüberlagerungssystem ausgeben (**1006**). Außerdem kann der Richtlinien-Agent **308** mit dem Richtlinienserver **212** Daten austauschen, um den Speicherort der Zielendstation **206** zu ermitteln und den Richtlinienzwischenspeicher mit den Zuordnungsinformationen zu aktualisieren. Der Quellenüberlagerungs-Agent **904** kann Überlagerungsparameter wie Klassifizierungsdaten und Daten des Richtlinienzwischenspeichers an das Quellenüberlagerungs-Hilfeprogramm **902** senden (**1008**). Zum Beispiel kann der Quellenüberlagerungs-Agent **904** beispielsweise nächste MAC- und IP-Hop-Adressdaten sowie in Beziehung stehende Überlagerungskapselungsinformationen senden, die hierin beschrieben werden. Der Quellenüberlagerungs-Agent **904** kann mit dem Quellenüberlagerungs-Hilfeprogramm **902** über ein Inband-Protokoll Daten austauschen. Der Quellenüberlagerungs-Agent **904** kann die IP-Adresse der Zielendstation **206** und eine entsprechende nächste MAC-Hop-Adresse an die Endstation **202** ausgeben (**1010**).

**[0085]** Die Endstation **202** kann ein Paket ausgeben (**1012**). Das Paket kann ein Netzwerkpaket enthalten,

zum Beispiel einen Datenübertragungsblock oder ein IP-Paket. Das Paket kann eine MAC-Zieladresse **1013** und eine IP-Zieladresse **1014** enthalten, die von dem Quellenüberlagerungs-Hilfeprogramm **902** empfangen werden. Das Paket kann auch Nutzdaten (PL) **1015** und/oder weitere Felder mit Inhalten enthalten, die einem Fachmann bekannt sind.

**[0086]** Die IP-Verarbeitungsroutine **314** des Quellenüberlagerungs-Hilfeprogramms **902** empfängt das Paket von der Endstation **202**. Die IP-Verarbeitungsroutine **314** fügt eine Überlagerungskapselung **1020** zu dem Paket hinzu und gibt das gekapselte Paket an den Quellenzugriffsschalter aus (**904**). Die Überlagerungskapselung **1020** enthält einen äußeren MAC-Überlagerungskopf **1017**, einen äußeren IP-Überlagerungskopf **1018** und einen Überlagerungskopf **1019**. Der äußere MAC-Überlagerungskopf **1017** enthält eine MAC-Quellenadresse (omac1), die dem Anschluss des Quellenzugriffsschalters entspricht, und eine nächste MAC-Hop-Adresse (rmac1). Wenn das Ziel in einer Ausführungsform in demselben Teilnetz liegt wie die Quelle, ist die MAC-Zieladresse diejenige des Zielüberlagerungssystems **208**. In einer weiteren Ausführungsform, wie in **Fig. 2** gezeigt, ist die MAC-Zieladresse diejenige eines Routers oder einer Gateway-Schnittstelle (R1), die Pakete jeweils zwischen den Teilnetzen der Endstationen **202**, **206** weiterleitet. Der äußere IP-Überlagerungskopf **1018** kann die IP-Adresse des Quellenüberlagerungs-Agent **904** und die IP-Adresse des Zielüberlagerungs-Agent enthalten. Der Überlagerungskopf **1019** kann eine eindeutige Kennung enthalten, die das virtuelle Netzwerk identifiziert. Wenn die Überlagerungskapselung **1020** zu dem Paket hinzugefügt wird, das von der Quellenendstation **202** empfangen wird, werden die Inhalte des ursprünglichen Pakets **1013**, **1014**, **1015** kombiniert, um neue Nutzdaten PL1 **1021** zu bilden, die mit der Überlagerungskapselung **1020** von dem Überlagerungs-Hilfeprogramm **902** an den Quellenzugriffsschalter mit dem Quellenüberlagerungs-Agent **904** ausgegeben werden (**1016**), der wiederum das Paket **1020**, **1021** an den Router **210** oder an einen Netzwerkschalter oder eine in Beziehung stehende Netzwerkeinheit ausgibt (**1022**).

**[0087]** **Fig. 11** ist ein schematisches Blockschaubild, das einen Prozessablauf **1100** zum Austauschen von Daten mit einem Zielüberlagerungssystem gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht. Beim Beschreiben des Prozessablaufs **1100** wird auch auf Elemente von **Fig. 1** bis **Fig. 10** Bezug genommen. Insbesondere wird der Prozessablauf **1100** so beschrieben, dass er zwischen der zweiten Endstation **206**, dem Router **210** und dem Richtlinienserver von **Fig. 2** und dem Zielüberlagerungs-Hilfeprogramm **304**, das in der Zielendstation **206** umgesetzt wird (allgemein **922**), und dem Zielüberlagerungs-Agent **302** erfolgt, der in dem Zielzugriffsschalter von

**Fig. 9** umgesetzt wird (allgemein **924**). Der Prozessablauf **1100** kann jedoch ebenfalls zwischen Endstationen und den Zugriffsschaltern erfolgen, auf die in **Fig. 6 bis Fig. 8** oder in anderen hierin beschriebenen Figuren Bezug genommen wird.

**[0088]** Der Prozessablauf **1100** beginnt damit, dass der Router **210** die Paketzustandsdaten PL1 **1021**, den Überlagerungskopf **1019** und den äußeren IP-Überlagerungskopf **1018**, die in dem Prozessablauf **1000** bereitgestellt werden, an den Zielzugriffsschalter mit dem Überlagerungs-Agent **924** ausgibt (**1102**), der wiederum diese Paketzustandsdaten an den Zielüberlagerungskopf **922** ausgibt (**1104**). Ein MAC-Adresskopf **1103** wird hinzugefügt, der die MAC-Quellenadresse enthalten kann, d. h. die MAC-Adresse der Router-Schnittstelle oder des Zugriffsschalteranschlusses, die bzw. der die Paketzustandsdaten PL1 **1021** ausgibt (**1102**). Der MAC-Adresskopf **1103** enthält auch die MAC-Adresse des Zielüberlagerungs-Agent **924**.

**[0089]** Das Zielüberlagerungs-Hilfeprogramm **304** kann den Überlagerungskopf **1019** aus dem empfangenen Datenübertragungsblock entfernen und ermittelt die Zielendstation **206** aus dem inneren IP-Ziel, d. h. der ES2-IP-Adresse **1014** in den Paketzustandsdaten PL1 **1021** und oder der Kennung des virtuellen Netzwerks in dem Kopf **1019**. Ein MAC-Kopf **1107** wird hinzugefügt, der die MAC-Adresse der Zielendstation enthält, die dem Überlagerungs-Hilfeprogramm **302** während des in **Fig. 9** beschriebenen Initialisierungsprozesses bereitgestellt werden kann.

**[0090]** Dementsprechend können die ursprünglichen Zustandsdaten PL **1015** zu der beabsichtigten Zielendstation **206** geleitet werden.

**[0091]** Wie einem Fachmann klar sein wird, können Aspekte der vorliegenden Erfindung als ein System, Verfahren oder Computerprogrammprodukt verkörpert werden. Dementsprechend können Aspekte der vorliegenden Erfindung in der Form einer vollständigen Hardware-Ausführungsform, einer vollständigen Software-Ausführungsform (einschließlich Firmware, residente Software, Mikrocode usw.) oder einer Ausführungsform vorliegen, die Software- und Hardware-Aspekte kombiniert, auf die alle hierin allgemein als „Schaltung“, „Modul“ oder „System“ Bezug genommen werden kann. Des Weiteren können Aspekte der vorliegenden Erfindung die Form eines Computerprogrammprodukts annehmen, das in einem oder mehreren computerlesbaren Medien mit einem darin ausgeführten computerlesbaren Programmcode verkörpert ist.

**[0092]** Jede Kombination von einem oder mehreren computerlesbaren Medien kann verwendet werden. Das computerlesbare Medium kann ein computerlesbares Signalmedium oder ein computerlesbares Speichermedium sein. Ein computerlesbares Spei-

chermedium kann zum Beispiel ein elektronisches, magnetisches, optisches, elektromagnetisches, Infrarot- oder Halbleitersystem, eine derartige Vorrichtung oder Einheit oder jede geeignete Kombination aus dem Vorgenannten sein, es ist aber nicht darauf beschränkt. Zu spezielleren Beispielen (eine nicht erschöpfende Liste) für das computerlesbare Speichermedium würde Folgendes zählen: eine elektrische Verbindung mit einer oder mehreren Drahtleitungen, eine tragbare Computerdiskette, eine Festplatte, ein Direktzugriffsspeicher (RAM), ein Nur-Lese-Speicher (ROM), ein löschbarer programmierbarer Nur-Lese-Speicher (EPROM oder Flash-Speicher), ein Lichtwellenleiter, ein tragbarer CD-ROM, eine optische Speichereinheit, eine Magnetspeichereinheit oder jede geeignete Kombination des Vorgenannten. In dem Kontext dieses Dokuments kann ein computerlesbares Speichermedium jedes konkrete Medium sein, das ein Programm zur Verwendung durch oder in Verbindung mit einem System, einer Vorrichtung oder einer Einheit zur Anweisungsausführung enthalten oder speichern kann.

**[0093]** Ein computerlesbares Signalmedium kann ein verbreitetes Datensignal mit einem darin verkörperten computerlesbaren Programmcode enthalten, zum Beispiel im Basisband oder als Teil einer Trägerwelle. Ein derartiges verbreitetes Signal kann jede einer Vielfalt von Formen annehmen, einschließlich elektromagnetisch, optisch oder jede geeignete Kombination davon, es ist aber nicht darauf beschränkt. Ein computerlesbares Signalmedium kann jedes computerlesbare Medium sein, das kein computerlesbares Speichermedium ist und das ein Programm zur Verwendung durch oder in Verbindung mit einem System, einer Vorrichtung oder einer Einheit zur Anweisungsausführung übertragen, verbreiten oder transportieren kann. In einem computerlesbaren Medium verkörperter Programmcode kann unter Verwendung jedes geeigneten Mediums übertragen werden, einschließlich drahtlos, drahtgebunden, über ein Lichtwellenleiterkabel, HF usw. oder eine geeignete Kombination des Vorgenannten, er ist aber nicht darauf beschränkt.

**[0094]** Computerprogrammcode zum Ausführen von Operationen für Aspekte der vorliegenden Erfindung kann in jeder Kombination von einer oder mehreren Programmiersprachen geschrieben werden, einschließlich einer objektorientierten Programmiersprache wie Java, Smalltalk, C++ oder dergleichen und herkömmlichen prozeduralen Programmiersprachen wie der Programmiersprache „C“ oder ähnlichen Programmiersprachen. Der Programmcode kann vollständig auf dem Computer des Benutzers, teilweise auf dem Computer des Benutzers, als eigenständiges Softwarepaket, teilweise auf dem Computer des Benutzers und teilweise auf einem entfernt angeordneten Computer oder vollständig auf dem entfernt angeordneten Computer oder Server ausge-

führt werden. In dem letzteren Szenario kann der entfernt angeordnete Computer mit dem Computer des Benutzers über jeden Typ von Netzwerk verbunden sein, einschließlich ein lokales Netzwerk (LAN) oder ein Weitverkehrsnetz (WAN), oder die Verbindung kann zu einem externen Computer hergestellt werden (zum Beispiel über das Internet unter Nutzung eines Internet-Diensteanbieters).

**[0095]** Aspekte der vorliegenden Erfindung werden im hierin unter Bezugnahme auf Veranschaulichungen des Ablaufplans und/oder der Blockschaubilder von Verfahren, Vorrichtungen (Systemen) und Computerprogrammprodukten gemäß Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Es versteht sich, dass jeder Block in den Ablaufplan-Veranschaulichungen und/oder Blockschaubildern und Kombinationen von Blöcken in den Ablaufplan-Veranschaulichungen und/oder Blockschaubildern durch Computerprogrammanweisungen umgesetzt werden können. Diese Computerprogrammanweisungen können für einen Prozessor eines Mehrzweckcomputers, eines Spezialcomputers oder andere Vorrichtungen, die programmierbare Daten verarbeiten, bereitgestellt werden, um eine Maschine zu erzeugen, sodass die Anweisungen, die über den Prozessor des Computers oder andere Vorrichtungen, die programmierbare Daten verarbeiten, ausgeführt werden, Mittel zum Umsetzen der Funktionen/Handlungen erstellen, die in dem Ablaufplan und/oder dem Block oder den Blöcken des Blockschaubilds angegeben sind.

**[0096]** Diese Computerprogrammanweisungen können auch in einem computerlesbaren Medium gespeichert werden, das einen Computer, eine andere Vorrichtung, die programmierbare Daten verarbeitet, oder andere Einheiten so steuern kann, dass sie auf eine bestimmte Weise funktionieren, sodass die in dem computerlesbaren Medium gespeicherten Anweisungen einen Fertigungsartikel erzeugen, einschließlich Anweisungen, die die in dem Ablaufplan und/oder dem Block oder den Blöcken des Blockschaubilds angegebene Funktion/Handlung umsetzen. Die Computerprogrammanweisungen können auch auf einen Computer, eine andere Vorrichtung, die programmierbare Daten verarbeitet, oder andere Einheiten geladen werden, um die Ausführung einer Serie von Arbeitsschritten auf dem Computer, einer anderen Vorrichtung, die programmierbare Daten ausführt, oder anderen Einheiten zu veranlassen, um einen über den Computer umgesetzten Prozess zu erzeugen, sodass die Anweisungen, die auf dem Computer oder einer anderen programmierbaren Vorrichtung ausgeführt werden, Prozesse zum Umsetzen der Funktionen/Handlungen bereitstellen, die in dem Ablaufplan und/oder dem Block oder den Blöcken des Blockschaubilds angegeben sind.

**[0097]** Der Ablaufplan und die Blockschaubilder in den Figuren veranschaulichen die Architektur, die Funktionalität und den Betrieb von möglichen Umsetzungen von Systemen, Verfahren und Computerprogrammprodukten gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Diesbezüglich kann jeder Block in dem Ablaufplan oder in den Blockschaubildern ein Modul, ein Segment oder einen Codeabschnitt darstellen, der eine oder mehrere ausführbare Anweisungen zum Umsetzen der angegebenen logischen Funktion(en) aufweist. Es ist ebenfalls anzumerken, dass in einigen alternativen Umsetzungen die in dem Block angegebenen Funktionen in einer anderen Reihenfolge auftreten können als in den Figuren angegeben. Zum Beispiel können zwei nacheinander gezeigte Blöcke tatsächlich im Wesentlichen parallel ausgeführt werden, oder die Blöcke können manchmal in der umgekehrten Reihenfolge ausgeführt werden, was von der beteiligten Funktionalität abhängt. Es wird ebenfalls angemerkt, dass jeder Block in den Blockschaubildern und/oder in der Ablaufplan-Veranschaulichung und Kombinationen von Blöcken in den Blockschaubildern und/oder der Ablaufplan-Veranschaulichung durch spezielle Systeme auf der Grundlage von Hardware, die die angegebenen Funktionen oder Handlungen ausführen, oder Kombinationen von spezieller Hardware und Computeranweisungen umgesetzt werden können.

**[0098]** Die Erfindung wurde zwar unter Bezugnahme auf spezifische Ausführungsformen gezeigt und beschrieben, doch sollte einem Fachmann klar sein, dass verschiedene Änderungen in Form und Detail daran vorgenommen werden können, ohne von dem Umfang der Erfindung abzuweichen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufsetzen eines virtuellen Netzwerks auf ein physisches Netzwerk in einer Rechenzentrumsumgebung, wobei das Verfahren aufweist: Anordnen eines Überlagerungssystems in einem aufgesetzten virtuellen Netzwerk, das einen Überlagerungs-Agent und ein Überlagerungs-Hilfeprogramm enthält; Umsetzen des Überlagerungs-Agent in einem Zugriffsschalter; Umsetzen des Überlagerungs-Hilfeprogramms in einer Endstation, die mit dem Zugriffsschalter Daten austauschen kann; und Übertragen von Überlagerungsparametern in Übereinstimmung mit einem Inband-Protokoll zwischen dem Überlagerungs-Agent und dem Überlagerungs-Hilfeprogramm.
2. Verfahren nach Anspruch 1, das des Weiteren aufweist: Ausgeben eines Datenpakets aus der Endstation; und

Anweisen des Überlagerungs-Hilfeprogramms, ein Überlagerungskapselungsfeld zu einem Datenpaket hinzuzufügen, das durch das Überlagerungs-Hilfeprogramm von der Endstation empfangen wurde.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Überlagerungskapselungsfeld in Übereinstimmung mit dem Inband-Protokoll von dem Überlagerungs-Hilfeprogramm zu dem Überlagerungs-Agent übertragen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Überlagerungskapselungsfeld Überlagerungsparameter enthält, die zu Paketklassifizierungskriterien und virtuellen Netzwerktopologiedaten in Beziehung stehen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, das des Weiteren aufweist:

Empfangen, durch den Überlagerungs-Agent, eines Datenpakets, das ein Überlagerungskapselungsfeld enthält;

Ausgeben des Datenpakets von dem Überlagerungs-Agent an das Überlagerungs-Hilfeprogramm; und Ermitteln, durch das Überlagerungs-Hilfeprogramm, einer Zielendstation aus mindestens einem von einer Kennung eines virtuellen Netzwerks und Zieladressdaten in dem Überlagerungskapselungsfeld.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Zielendstation mindestens eines von einer physischen Endstation und einer virtuellen Endstation ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Endstation einen Hypervisor enthält, und wobei das Überlagerungs-Hilfeprogramm in einem Hypervisor-Netzwerkschnittstellen-(NIC)Treiber oder Firmware der Endstation umgesetzt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Überlagerungs-Hilfeprogramm in einem Einzelstamm-E/A-Virtualisierungs-NIC (Single-Root I/O Virtualization (SR IOV) NIC) der Endstation umgesetzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Überlagerungs-Hilfeprogramm in einem Betriebssystem-NIC-Treiber oder Firmware der Endstation umgesetzt wird.

10. Verfahren zur Datenübertragung in einem aufgesetzten virtuellen Netzwerk, wobei das Verfahren aufweist:

Anordnen eines ersten Überlagerungssystems, das einen Überlagerungs-Agent enthält, der in einem ersten Zugriffsschalter umgesetzt wird, und ein Überlagerungs-Hilfeprogramm, das in einer ersten Endstation umgesetzt wird, die mit dem ersten Zugriffsschalter Daten austauschen kann;

Anordnen eines zweiten Überlagerungssystems, das einen Überlagerungs-Agent enthält, der in einem zweiten Zugriffsschalter umgesetzt wird, und ein

Überlagerungs-Hilfeprogramm, das in einer zweiten Endstation umgesetzt wird, die mit dem zweiten Zugriffsschalter Daten austauschen kann; und Übertragen von Überlagerungsparametern von dem Überlagerungs-Agent des ersten Überlagerungssystems zu dem Überlagerungs-Hilfeprogramm des ersten Überlagerungssystems, wobei die Überlagerungsparameter Daten zum Übertragen eines Datenpakets von der ersten Endstation zu der zweiten Endstation enthalten.

11. Verfahren nach Anspruch 10, das des Weiteren aufweist:

Übertragen des Datenpakets von der ersten Endstation zu dem zweiten Zugriffsschalter;

Übertragen des Datenpakets von dem Überlagerungs-Agent, der in dem zweiten Zugriffsschalter umgesetzt wird, zu dem Überlagerungs-Hilfeprogramm, das in der zweiten Endstation umgesetzt wird; und Ermitteln, durch das Überlagerungs-Hilfeprogramm der zweiten Endstation, einer Zielendstation aus den Überlagerungsparametern.

12. Verfahren nach Anspruch 10, das des Weiteren aufweist:

Anweisen des Überlagerungs-Hilfeprogramms der ersten Endstation, ein Überlagerungskapselungsfeld zu dem Datenpaket hinzuzufügen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Überlagerungskapselungsfeld in Übereinstimmung mit einem Inband-Protokoll von dem Überlagerungs-Hilfeprogramm der ersten Endstation zu dem Überlagerungs-Agent der ersten Endstation übertragen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Überlagerungskapselungsfeld Überlagerungsparameter enthält, die zu Paketklassifizierungskriterien und virtuellen Netzwerktopologiedaten in Beziehung stehen.

15. Verfahren nach Anspruch 10, das des Weiteren aufweist:

Empfangen, durch das Überlagerungs-Hilfeprogramm der zweiten Endstation, des Überlagerungskapselungsfelds; und

Ermitteln, durch das Überlagerungs-Hilfeprogramm, einer Zielendstation aus mindestens einem von einer Kennung eines virtuellen Netzwerks und Zieladressdaten in dem Überlagerungskapselungsfeld.

16. Verfahren nach Anspruch 10, wobei mindestens eine der ersten und zweiten Endstationen einen Hypervisor enthält, und wobei das Überlagerungs-Hilfeprogramm in einem Hypervisor-Netzwerkschnittstellen-(NIC)Treiber oder Firmware von der mindestens einen der ersten und zweiten Endstationen umgesetzt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 10, wobei mindestens eines von dem Überlagerungs-Hilfeprogramm



der ersten Endstation und dem Überlagerungs-Hilfeprogramm der zweiten Endstation in einem Einzelstamm-E/A-Virtualisierungs-(SR IOV)NIC umgesetzt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 10, wobei mindestens eines von dem Überlagerungs-Hilfeprogramm der ersten Endstation und dem Überlagerungs-Hilfeprogramm der zweiten Endstation in mindestens einem von einem Betriebssystem-NIC-Treiber und Firmware umgesetzt wird.

19. Überlagerungssystem für eine Netzwerkvirtualisierungsumgebung, wobei das Überlagerungssystem aufweist:

einen Überlagerungs-Agent an einem Zugriffsschalter an der Kante eines Netzwerks, wobei der Überlagerungs-Agent so konfiguriert ist, dass er ein Überlagerungskapselungsfeld erzeugt, das Überlagerungsparameter enthält, die zu einer Zielendstation in Beziehung stehen; und

ein Überlagerungs-Hilfeprogramm an einem Host-Computer, der mit dem Zugriffsschalter in Verbindung steht, wobei das Überlagerungs-Hilfeprogramm so konfiguriert ist, dass es das Überlagerungskapselungsfeld zu einem ersten Paket hinzufügt und das erste Paket, welches das Überlagerungskapselungsfeld enthält, zu der Zielendstation überträgt.

20. Überlagerungssystem nach Anspruch 19, wobei das Überlagerungs-Hilfeprogramm ferner ein zweites Paket zu einer richtigen Zielendstation überträgt, wenn das zweite Paket von dem Überlagerungs-Agent empfangen wird.

21. Überlagerungssystem nach Anspruch 19, wobei der Überlagerungs-Agent aufweist:

eine Verwaltungsschnittstelle, die durch eine Verwaltungsstation zum Konfigurieren der Überlagerungsparameter aufgerufen wird; und

einen Richtlinien-Agent, der mit einem Richtlinienserver Daten austauscht, um Daten zum Zuordnen der Zielendstation zu dem Überlagerungs-Agent am Zugriffsschalter zu erhalten.

22. Überlagerungssystem nach Anspruch 19, wobei das Überlagerungs-Hilfeprogramm aufweist:

eine IP-Verarbeitungsroutine, die ein Überlagerungskapselungsfeld zu einem Paket hinzufügt, das von dem Host-Computer empfangen wurde, und das Paket, welches das Überlagerungskapselungsfeld enthält, zu der Zielendstation überträgt; und einen Klassifikator, der das Paket zu einem virtuellen Netzwerk hinzufügt.

23. Überlagerungssystem nach Anspruch 19, wobei das Überlagerungs-Hilfeprogramm in mindestens einem von einem Hypervisor-Netzwerkschnittstellen-(NIC)Treiber, einem Einzelstamm-E/A-Virtu-

alisierung-(SR IOV)NIC, einem Betriebssystem-NIC-Treiber und NIC-Firmware umgesetzt wird.

24. Rechenzentrumsumgebung, das aufweist:

einen Netzwerkkantenschalter;

einen Host-Computer, der mit dem Zugriffsschalter über eine lokale Netzwerkverbindung Daten austauschen kann; und

ein Überlagerungssystem, wobei das Überlagerungssystem einen Überlagerungs-Agent an dem Zugriffsschalter und ein Überlagerungs-Hilfeprogramm an dem Host-Computer aufweist, wobei der Überlagerungs-Agent so konfiguriert ist, dass er ein Überlagerungskapselungsfeld erzeugt, das Überlagerungsparameter enthält, die zu einer Zielendstation in Beziehung stehen, wobei das Überlagerungs-Hilfeprogramm so konfiguriert ist, dass es das Überlagerungskapselungsfeld zu einem Paket hinzufügt und das Paket, welches das Überlagerungskapselungsfeld enthält, zu der Zielendstation überträgt.

25. Computerprogrammprodukt zum Aufsetzen eines virtuellen Netzwerks auf ein physisches Netzwerk in einer Rechenzentrumsumgebung, wobei das Computerprogrammprodukt aufweist:

ein computerlesbares Speichermedium, das einen darin ausgeführten computerlesbaren Programmcode hat, wobei der computerlesbare Programmcode, wenn er durch einen Computer ausgeführt wird, den Computer veranlasst, die Schritte nach einem der Ansprüche 1 bis 9 auszuführen.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

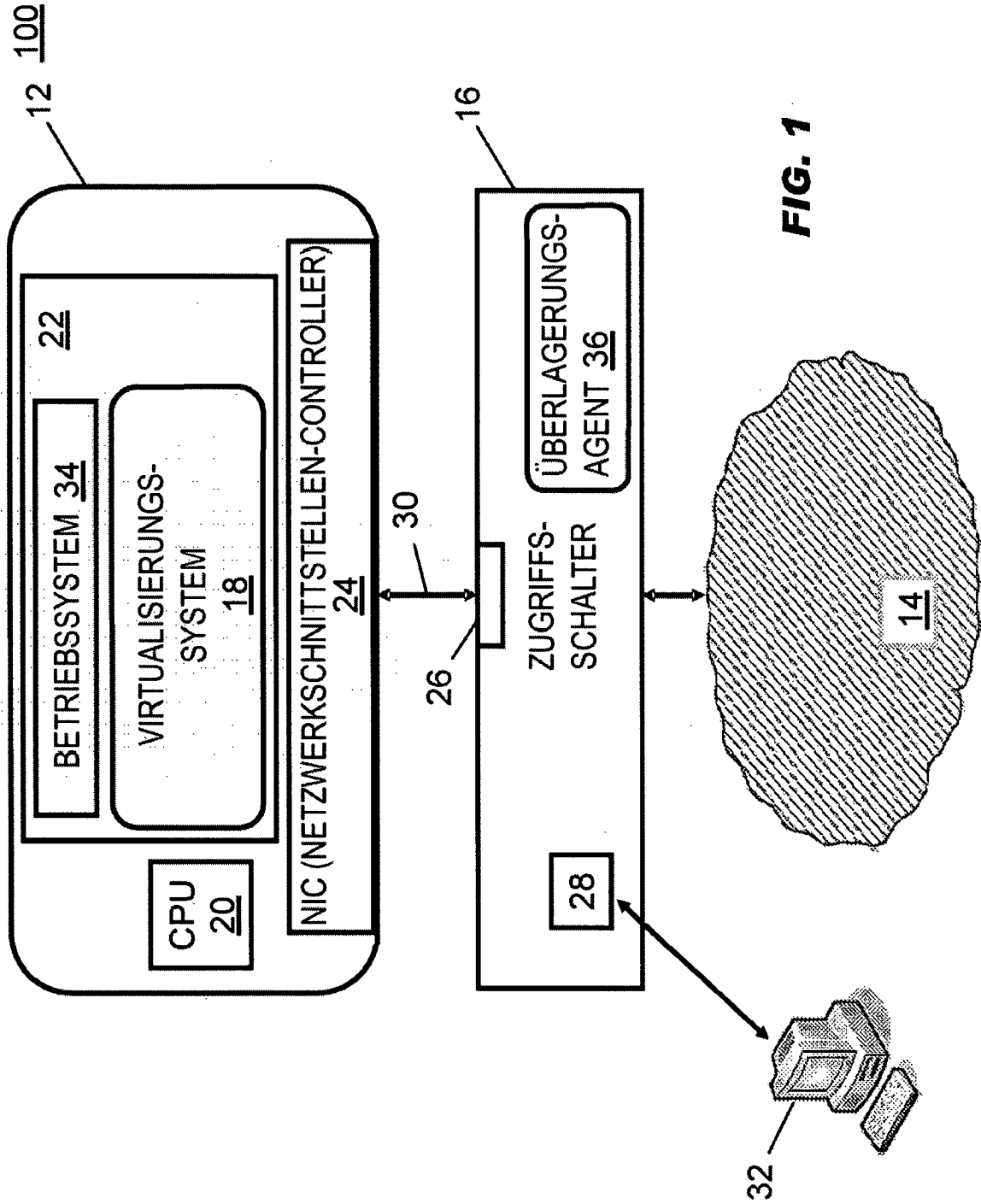
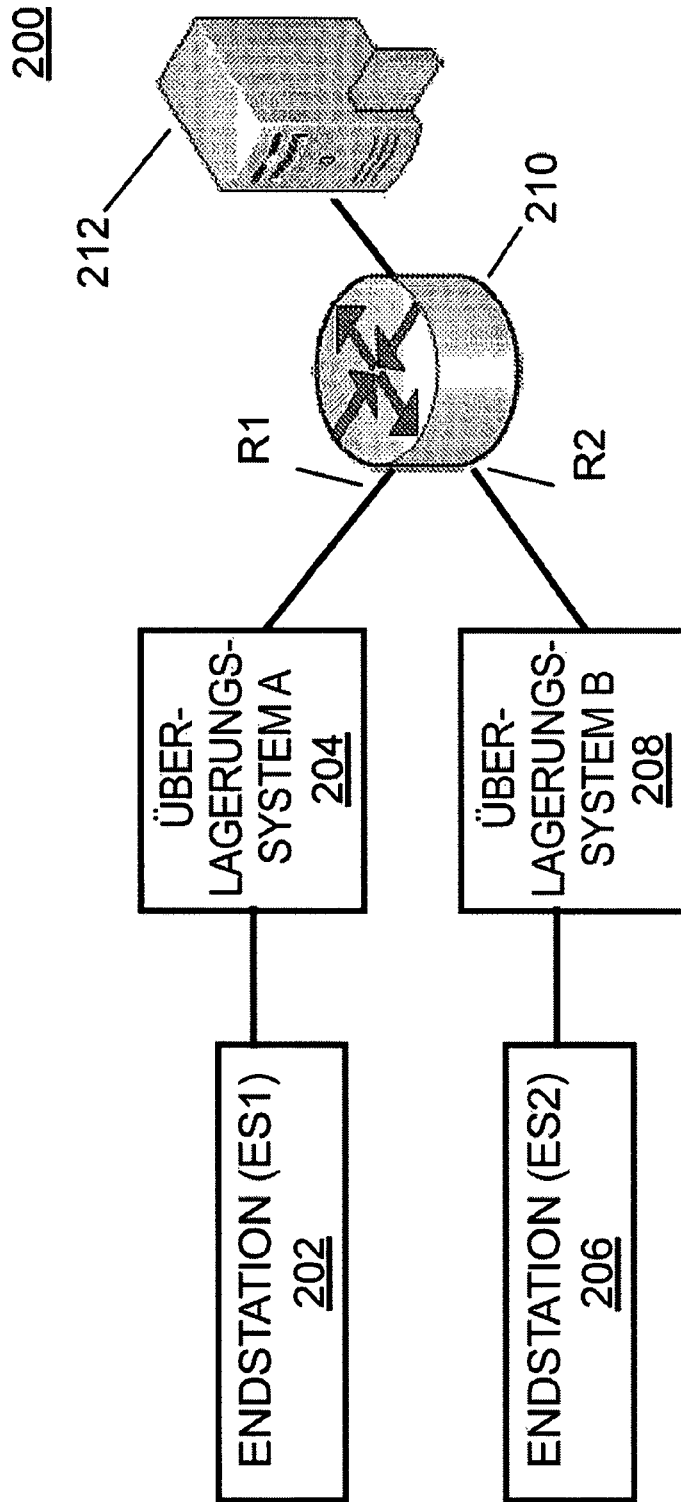
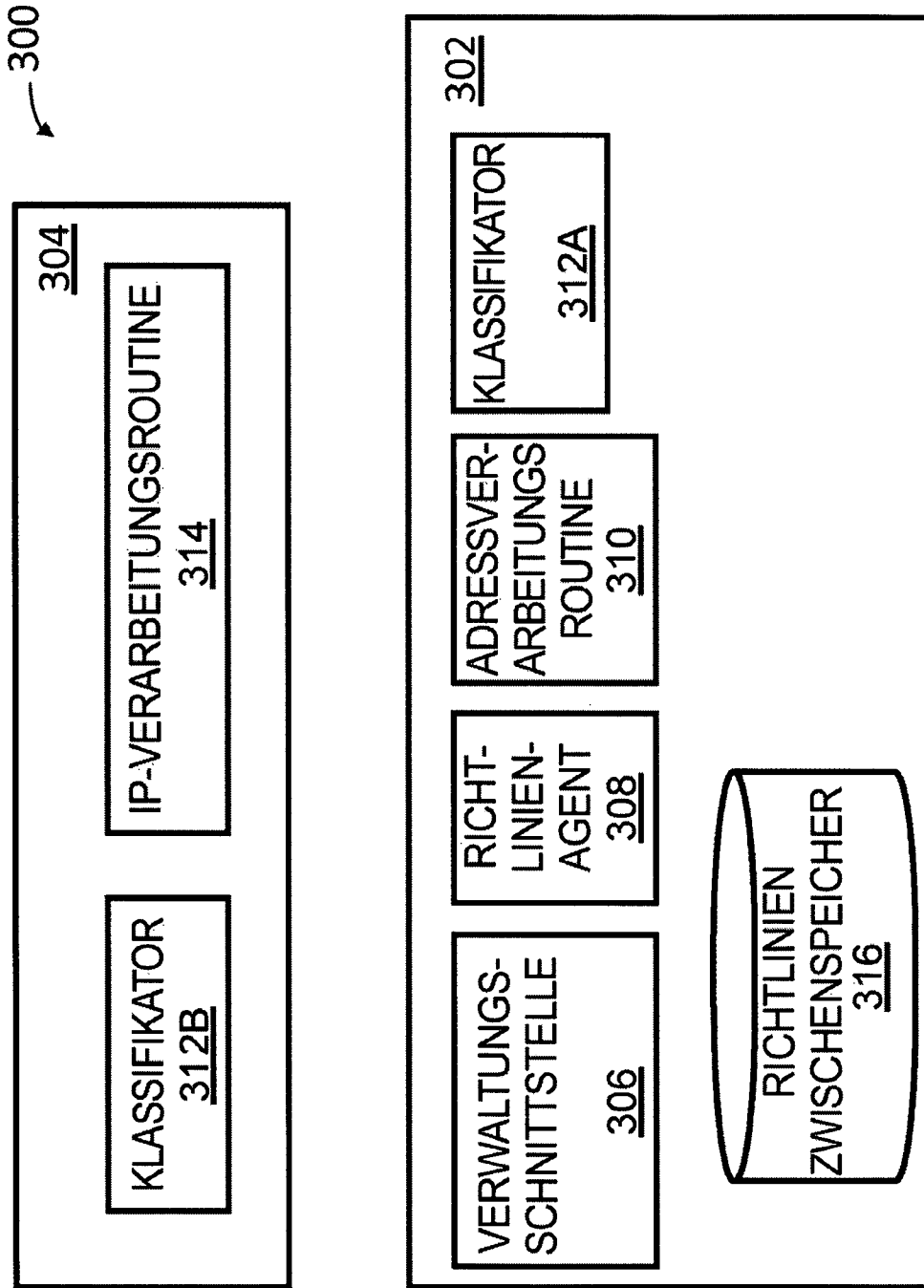


FIG. 1



**FIG. 2**



**FIG. 3**

400

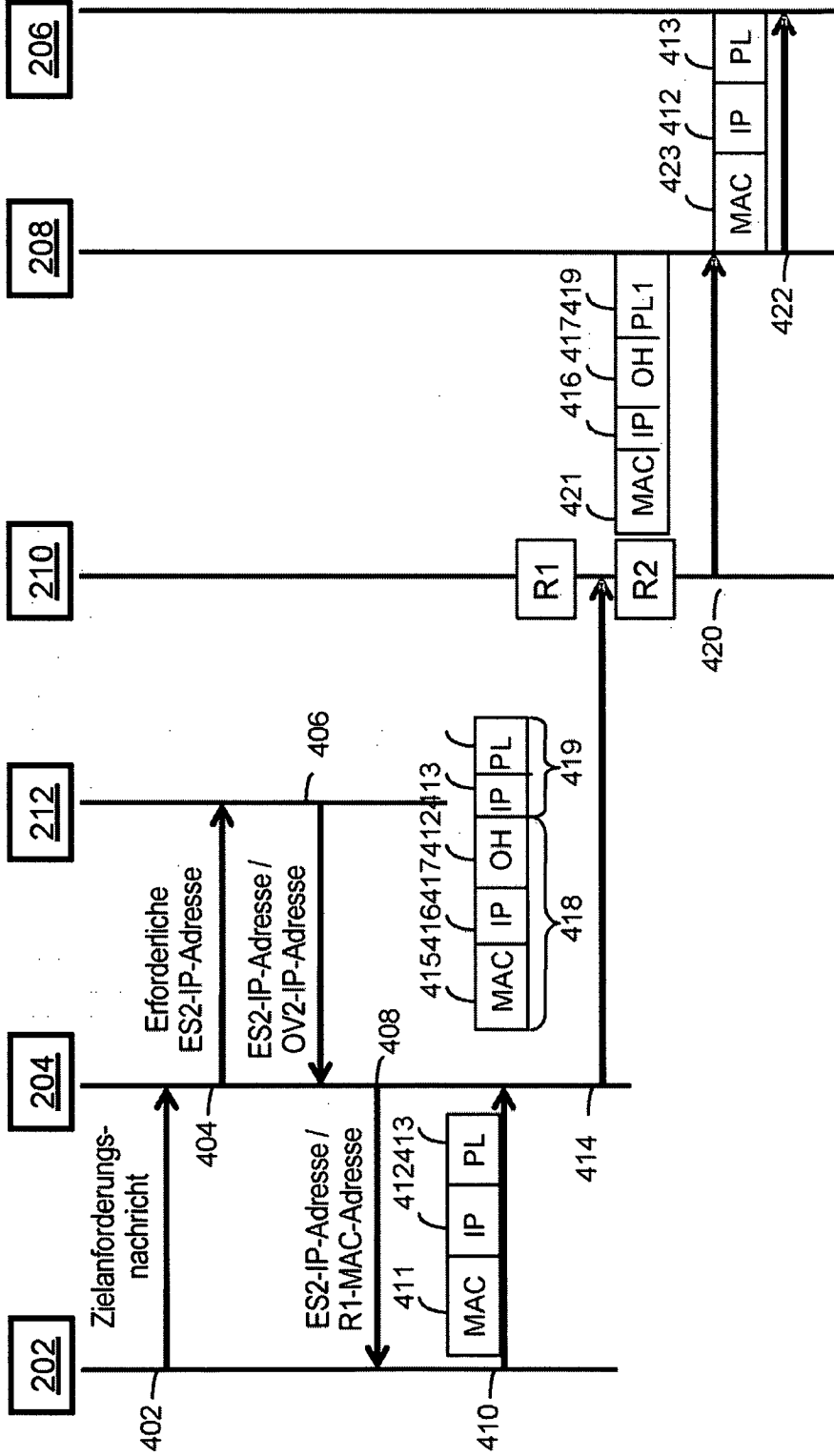
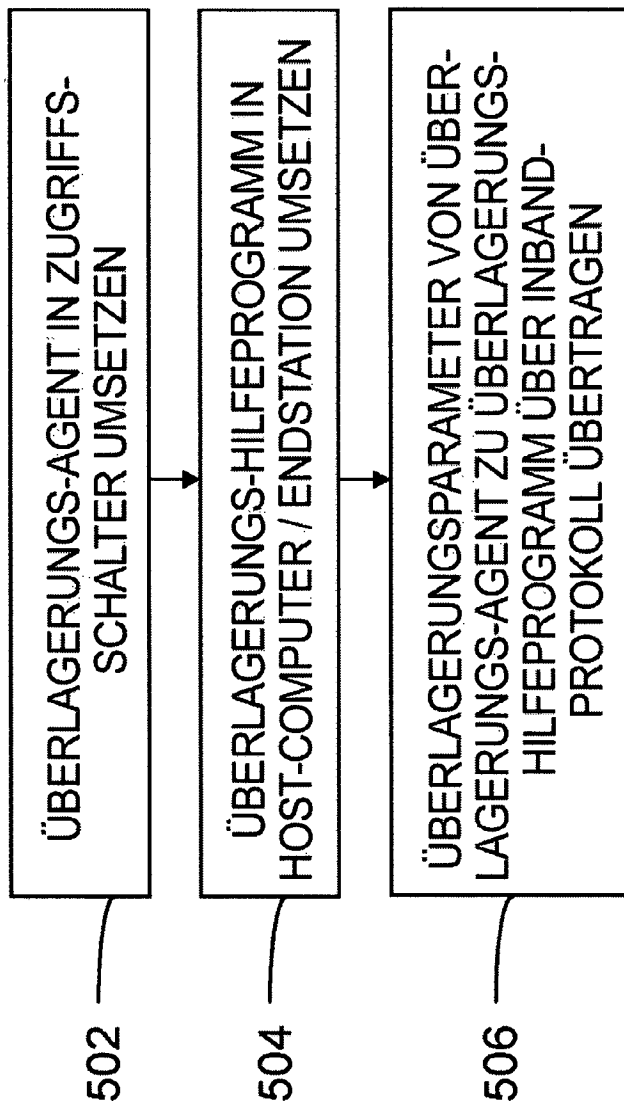
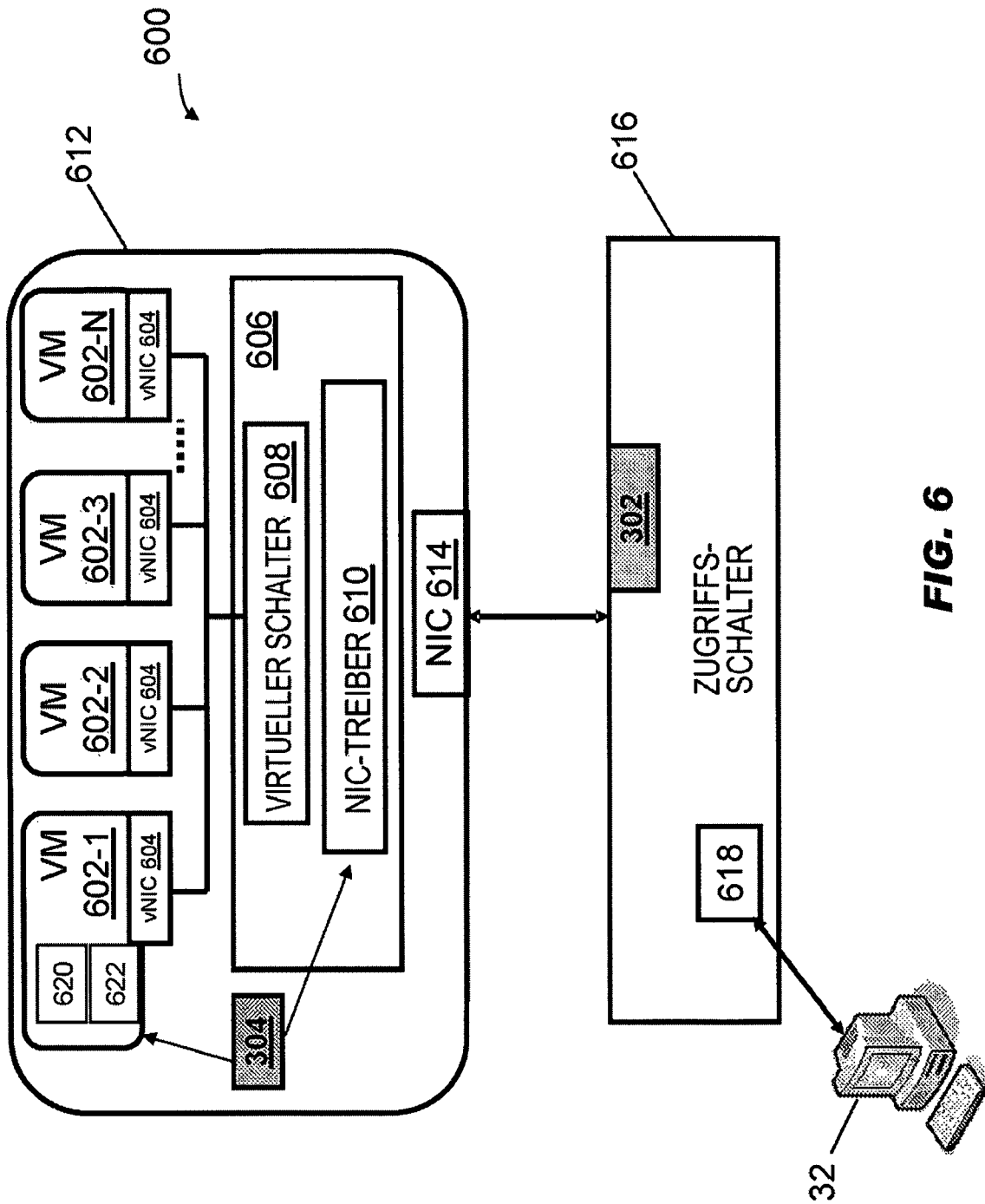


FIG. 4

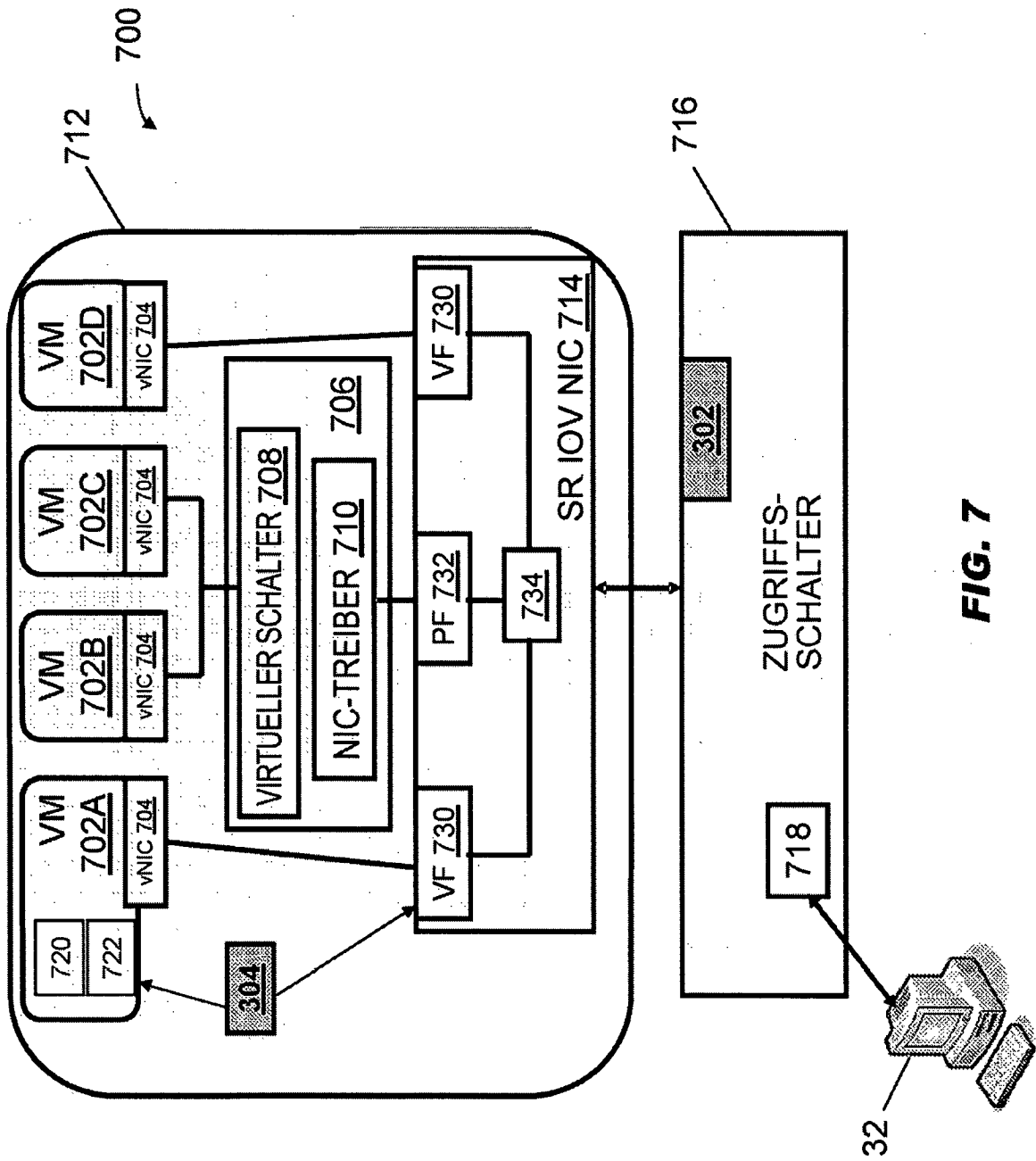
500



**FIG. 5**

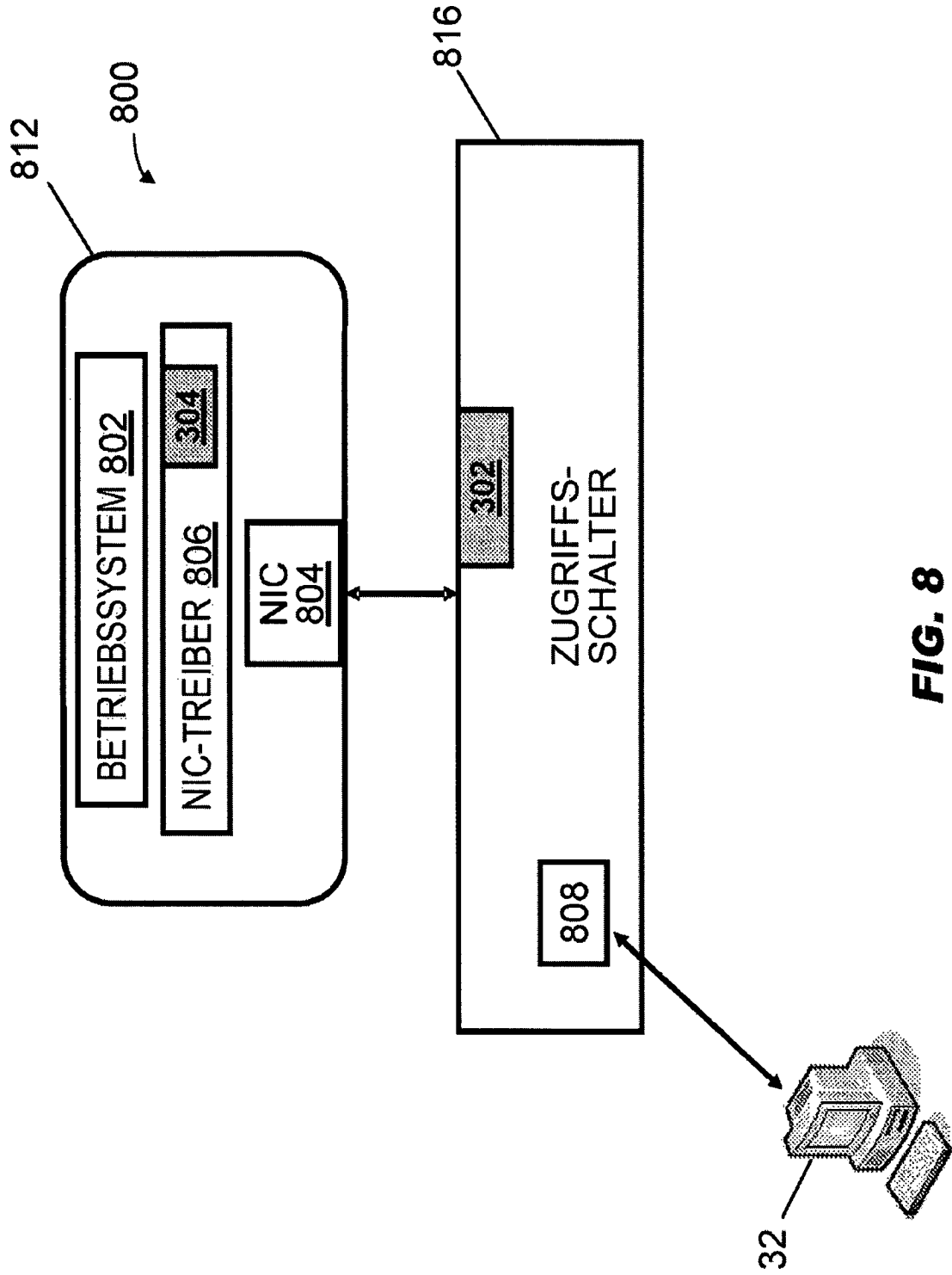


**FIG. 6**

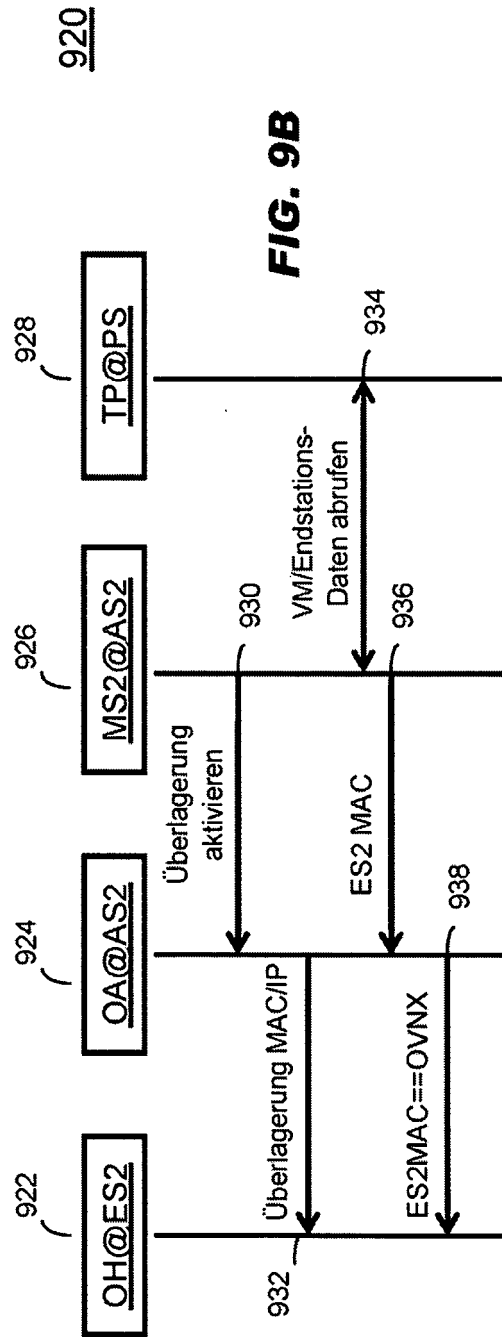
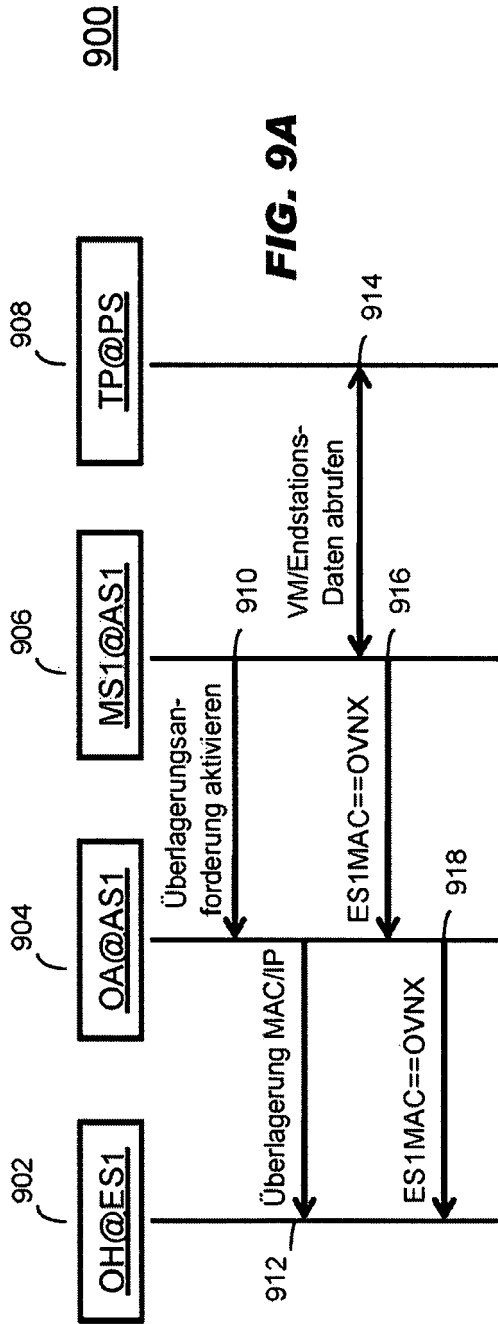


**FIG. 7**





**FIG. 8**



1000

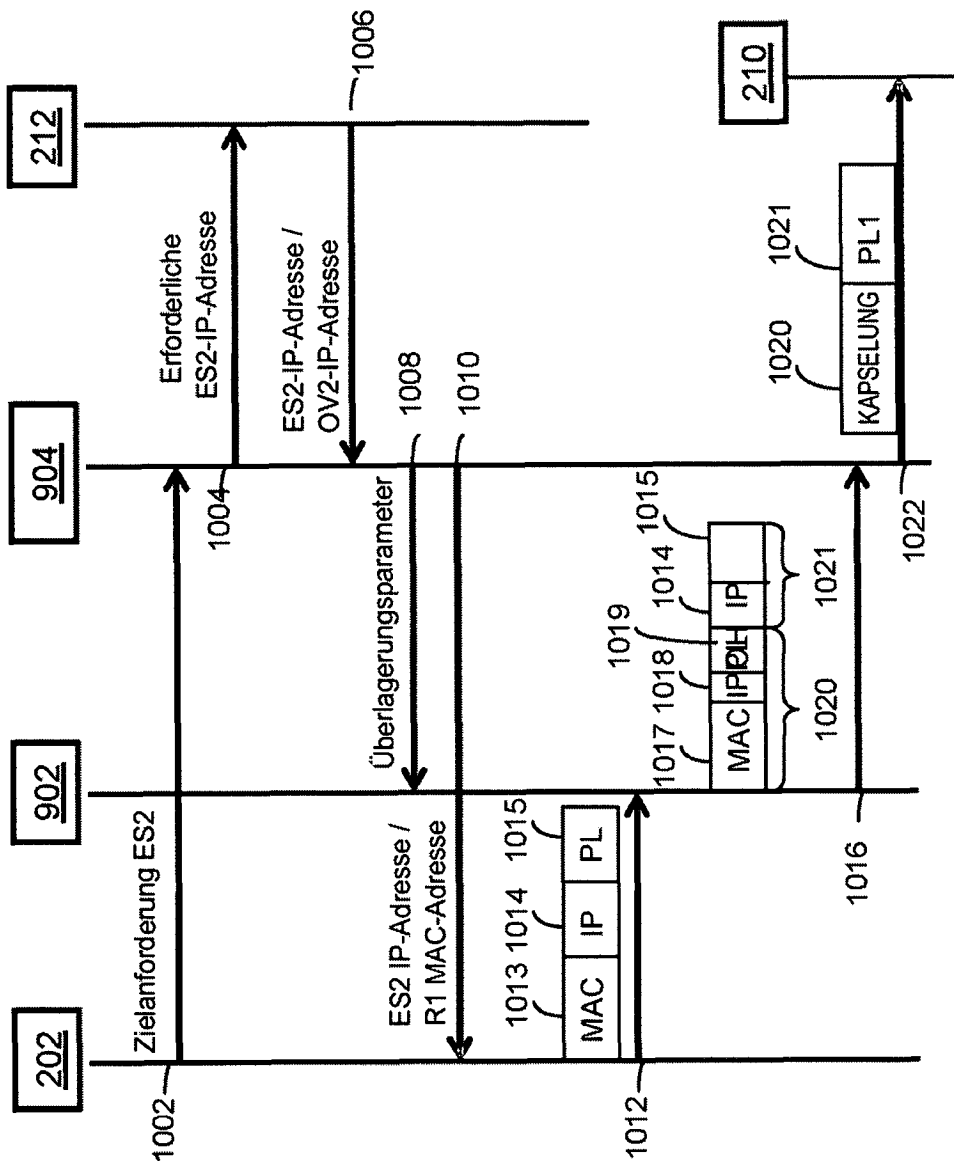
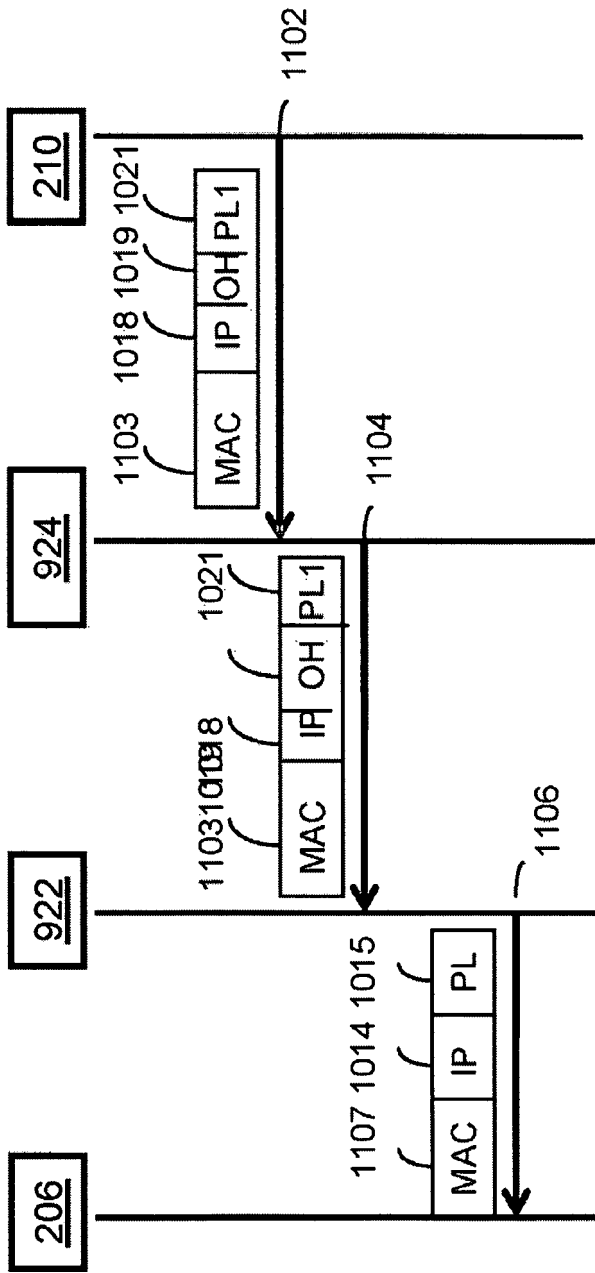


FIG. 10

1100



**FIG. 11**