(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2014 112 466 A1** 2015.12.03

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 112 466.9**
(22) Anmeldetag: **29.08.2014**
(43) Offenlegungstag: **03.12.2015**

(51) Int Cl.: ***H04L 9/00*** (2006.01)
H04L 9/32 (2006.01)
H04L 12/28 (2006.01)
H04L 12/701 (2013.01)

(66) Innere Priorität:
10 2014 107 790.3 03.06.2014

(71) Anmelder:
Fujitsu Technology Solutions Intellectual Property GmbH, 80807 München, DE

(74) Vertreter:
Epping Hermann Fischer, Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80639 München, DE

(72) Erfinder:
Claes, Heinz-Josef, Dr., 61130 Nidderau, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

AL-BAHADILI, Dr. [et al.]: Network Security Using Hybrid Port Knocking, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network S 8 ecurity, VOL.10 No.8, August 2010, URL: http://ijcsns.org/07_book/201008/20100802.pdf [abgerufen im Internet am 03.02.2015]

FAKARIA, A. [et al.]: Simple port knocking method: Against TCP replay attack and port scanning, Cyber Security, Cyber Warfare and Digital Forensic (CyberSec), 2012 International Conference on, DOI: 10.1109/CyberSec.2012.6246118, Publication Year: 2012 , Page(s): 247 – 252, IEEE Conference Publications, URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6246118 [abgerufen im Internet am 03.02.2015]

LIEW, J.H. [et al.]: One-Time Knocking framework using SPA and IPsec, Education Technology and Computer (ICETC), 2010 2nd International Conference on, Volume: 5, DOI: 10.1109/ICETC.2010.5529780, Publication Year: 2010 , Page(s): V5-209 - V5-213, IEEE Conference Publications, , URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5529780&tag=1 [abgerufen im Internet am 03.02.2015]

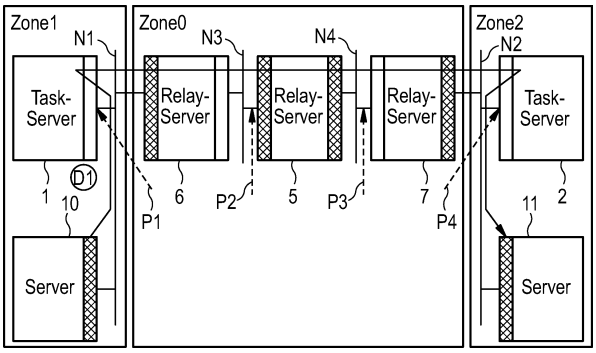
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Kommunikation zwischen abgesicherten Computersystemen, Computernetz-Infrastruktur sowie Computerprogramm-Produkt**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kommunikation zwischen abgesicherten Computersystemen in einer Computernetz-Infrastruktur. Daten-Pakete werden zwischen mehreren aus einer Gruppe von Bearbeitungs-Computersystemen übertragen, wobei eine derartige Übertragung vermittels zumindest eines Vermittlungs-Computersystems durchgeführt wird. Die Daten-Pakete werden vorteilhaft über zumindest ein Relay-System geleitet, das dem Vermittlungs-Computersystem in einem Übertragungsweg der Daten-Pakete nachgeschaltet ist. Alle aus der Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme halten zumindest vorübergehend vorbestimmte Netzwerk-Ports geschlossen, so dass ein Zugriff auf ein jeweiliges Bearbeitungs-Computersystem über ein Netzwerk vermittels dieser Netzwerk-Ports verhindert wird. Das Relay-System hält zumindest gegenüber dem Vermittlungs-Computersystem, dem das Relay-System nachgeschaltet ist, vorbestimmte Netzwerk-Ports geschlossen, so dass ein Zugriff auf das Relay-System über ein Netzwerk vermittels dieser Netzwerk-Ports verhindert wird.

Ferner werden eine Computernetz-Infrastruktur sowie ein Computerprogramm-Produkt zur Durchführung eines entsprechenden Verfahrens beschrieben.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kommunikation zwischen abgesicherten Computersystemen in einer Computernetz-Infrastruktur, eine entsprechende Computernetz-Infrastruktur sowie ein Computerprogramm-Produkt zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

[0002] Verteilte Rechnernetze bzw. so genannte Computernetz-Infrastrukturen beschreiben eine Mehrzahl von Computersystemen, die über Datenverbindungen miteinander kommunizieren können. Dabei werden zum Teil vertrauliche Inhalte ausgetauscht, auf die nicht-autorisierte Personen keine Zugriffsmöglichkeit haben sollen. Insbesondere in Computernetz-Infrastrukturen, welche Server-Client-Topologien umfassen, werden vertrauliche Daten, z. B. Kundendaten oder Benutzerdaten, zwischen dem Client und dem Server ausgetauscht, wobei ein Zugriff Dritter auf diese Daten unterbunden werden muss.

[0003] Herkömmliche Sicherheitsstrategien zur Erhöhung des Datenschutzes umfassen Vorschriften (Prozesse, die eingehalten werden sollen) oder Regeln (Gebote bzw. Verbote) für dritte Personen, beispielsweise Administratoren, wodurch nur ein eingeschränkter beziehungsweise kontrollierter Zugriff auf vertrauliche Daten möglich sein soll.

[0004] Andererseits sind technische Maßnahmen an beziehungsweise in den Computersystemen vorgesehen, welche eine physischen und/oder logischen Zugriff auf Computersysteme verhindern beziehungsweise auf autorisierte Personen einschränken sollen.

[0005] Derartige Ansätze zur Verbesserung des Datenschutzes sind zur Datensicherheit zwar förderlich, haben jedoch den Nachteil, dass sie in der Regel keine zwingenden Maßnahmen darstellen, um einen Zugriff auf vertrauliche Daten zu unterbinden.

[0006] Ferner arbeiten gängige Computernetz-Infrastrukturen für den Datenaustausch beziehungsweise zur Kommunikation untereinander mit Zugangsmöglichkeiten, beispielsweise über Netzwerk, beziehungsweise Möglichkeiten der Ansprechbarkeit von Diensten in den Computersystemen, welche die Computersysteme empfindlich gegen Angriffe von außen machen. Denn zu einer Ansprechbarkeit von Diensten ist ein laufendes Programm an einem oder mehreren Netzwerk-Ports eines Computersystems erforderlich. Dieses laufende Programm stellt eine potenzielle Sicherheitslücke für Angriffe von außen über Netzwerk dar.

[0007] Dabei besteht eine Gefahr darin, dass unter Umständen ein Angreifer (Cracker), der sich Zugang zu einem Computersystem verschafft, den Angriff über weitere Computersysteme in der Computernetz-Infrastruktur hinweg ausbreitet und auf andere Computersysteme fortsetzen kann. Andererseits bedarf es in einer Computernetz-Infrastruktur zur Kommunikation und Verarbeitung von Informationen zwischen einzelnen Computersystemen notwendiger Kommunikationsstrukturen.

[0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, durch technische Maßnahmen den Schutz vor Angriffen auf Computersysteme in einer Computernetz-Infrastruktur zu verbessern, Auswirkungen bzw. ein Ausbreiten von Angriffen auf verteilte Computersysteme innerhalb der Computernetz-Infrastruktur möglichst gering zu halten und dennoch eine Kommunikationsstruktur vorzuschlagen, welche eine zufriedenstellende und sichere Weiterleitung von Daten innerhalb der Computernetz-Infrastruktur, insbesondere eine Event-Steuerung einzelner Computersysteme, gewährleistet.

[0009] In einem ersten Aspekt wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Kommunikation zwischen abgesicherten Computersystemen in einer Computernetz-Infrastruktur nach Anspruch 1 gelöst.

[0010] Bei dem Verfahren werden Daten-Pakete zwischen mehreren aus einer Gruppe von Bearbeitungs-Computersystemen übertragen, wobei eine derartige Übertragung vermittels zumindest eines Vermittlungs-Computersystems durchgeführt wird. Die Daten-Pakete werden über zumindest ein Relay-System geleitet, das dem Vermittlungs-Computersystem in einem Übertragungsweg der Daten-Pakete nachgeschaltet ist.

[0011] Vorteilhaft halten alle aus der Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme zumindest vorübergehend vorbestimmte Netzwerk-Ports geschlossen, sodass ein Zugriff auf ein jeweiliges Bearbeitungs-Computersystem über ein Netzwerk vermittels dieser Netzwerk-Ports verhindert wird. Das Relay-System hält vorteilhaft zumindest gegenüber dem Vermittlungs-Computersystem, dem das Relay-System nachgeschaltet ist, vorbestimmte Netzwerk-Ports geschlossen, sodass ein Zugriff auf das Relay-System über ein Netzwerk vermittels dieser Netzwerk-Ports verhindert wird.

[0012] Bei einem derartigen Kommunikationsverfahren dienen die Bearbeitungs-Computersysteme zum gegenseitigen Übertragen und Bearbeiten von Daten-Paketen. Eine Bearbeitung der Daten-Pakete erfolgt dabei lokal in einem jeweiligen Bearbeitungs-Computersystem. Die Daten-Pakete werden von einem sendenden Bearbeitungs-Computersystem innerhalb der Computernetz-Infrastruktur über zumindest ein Vermittlungs-Computersystem sowie zumin-

dest ein Relay-System an ein empfangendes Bearbeitungs-Computersystem geleitet.

[0013] Das Vermittlungs-Computersystem dient als Vermittler der Daten-Pakete, wobei die Daten-Pakete zur Weiterleitung entlang eines Übertragungswegs innerhalb der Computernetz-Infrastruktur auf dem Vermittlungs-Computersystem abgelegt und von dort zum Weitertransport abgeholt werden können.

[0014] Auch das Relay-System führt (wie das Vermittlungs-Computersystem) ein Weiterleiten von Daten-Paketen innerhalb der Computernetz-Infrastruktur durch. Der Begriff „Relay-System“ soll im Kontext dieses Verfahrens verstanden werden als Weiterleitungs-System, welches als Relay-Server, ggf. modifizierter Router usw. ausgeführt sein kann. Eine Hauptfunktionalität des Relay-Systems besteht vorteilhaft darin, ein Daten-Paket, welches das Relay-System von dem Vermittlungs-Computersystem erhält, dem das Relay-System nachgeschaltet ist, unmittelbar an ein weiteres Computersystem innerhalb der Computernetz-Infrastruktur zu übertragen.

[0015] Bei dem hier erläuterten Verfahren verhalten sich alle aus der Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme als eingekapselte Systeme mit geschlossenen Netzwerk-Ports. Ein Zugriff über ein Netzwerk auf diese Computersysteme ist zumindest unter bestimmten Betriebsbedingungen (vorteilhaft dauerhaft während der Durchführung des hier erläuterten Verfahrens) nicht oder nur deutlich erschwert möglich.

[0016] Der Begriff „vorbestimmte Netzwerk-Ports“ bedeutet, dass in jedem Bearbeitungs-Computersystem sämtliche oder nur ausgewählte sicherheitskritische Netzwerk-Ports, z.B. die für dieses Verfahren verwendeten Netzwerk-Ports, dauerhaft oder vorübergehend geschlossen sind.

[0017] Dies hat den Vorteil, dass auf den Bearbeitungs-Computersystemen keine Programme oder Dienste eingerichtet bzw. notwendig sind, die zum Zweck der Ansprechbarkeit bzw. des Verbindungsaufbaus von außen die entsprechenden Netzwerk-Ports abhören (sogenanntes „listening“) und somit eine potenzielle Sicherheitslücke (z. B. durch Buffer-Overflow oder so genannte Denial-of-Service-Attacken) bilden. Somit bedeutet der Begriff „geschlossene Netzwerk-Ports“ in diesem Kontext, dass diese keine „listening ports“ sind, d.h. kein Verbindungsaufbau von außen zugelassen wird. Ein Dritter (Cracker) ist in diesem Fall nicht in der Lage, sich von außen über Netzwerk an einem jeweiligen Bearbeitungs-Computersystem zu authentifizieren oder einzuloggen, z. B. bei Unix-basierten Systemen über einen Secure-Shell-(SSH-)Daemon, oder spezielle Aktionen auf einem Bearbeitungs-Computersystem durchzuführen.

[0018] Allerdings kann für eine entsprechende Benutzergruppe ein lokaler Zugriff auf ein jeweiliges Bearbeitungs-Computersystem eingerichtet sein (z. B. für ein Sicherheitspersonal). Für andere Dritte wird jedoch ein lokaler Zugriff auf ein entsprechendes Bearbeitungs-Computersystem verhindert.

[0019] Auch das Relay-System verhält sich zumindest gegenüber dem Vermittlungs-Computersystem, dem das Relay-System verfahrensgemäß nachgeschaltet ist, als eingekapseltes System mit geschlossenen Netzwerk-Ports der erläuterten Art. Somit ist auch ein Zugriff über ein Netzwerk auf das Relay-System (zumindest vom vorgeschalteten Vermittlungs-Computersystem aus) zumindest unter bestimmten Betriebsbedingungen (vorteilhaft ebenfalls dauerhaft während der Durchführung des hier erläuterten Verfahrens) nicht möglich. Auch im Relay-System können sämtliche oder nur ausgewählte sicherheitskritische Netzwerk-Ports dauerhaft oder vorübergehend geschlossen sein.

[0020] Durch die Abschottung der Bearbeitungs-Computersysteme bzw. des Relay-Systems gemäß der erläuterten Art und Weise ist somit ein Angriff über Netzwerk erschwert, weil eine entscheidende Angriffsmöglichkeit, nämlich laufende Dienste oder Programme an geöffneten („listening“) Netzwerk-Ports der jeweiligen Systeme unterbunden wird.

[0021] Eine Abschottung des Relay-Systems erschwert zudem eine Ausbreitung eines Angriffs von dem Relay-System vorgelagerten Computersystemen auf dem Relay-System nachgelagerte Computersysteme. Das Relay-System bildet gewissermaßen eine Sicherheitshürde oder Blockade, wobei mangels eines ansprechbaren Programms oder Dienstes an den geschlossenen Netzwerk-Ports des Relay-Systems ein (unbefugter) Zugriff auf das Relay-System und/oder nachgelagerte Computersysteme deutlich erschwert wird. Das Relay-System dient bei dem erläuterten Verfahren somit als eine Art „Router“, der aber im Gegensatz zu herkömmlichen Routern oder Routing-Systemen keinerlei Verbindungsaufbau an den geschlossenen Netzwerk-Ports über Netzwerk von außen zulässt. Somit bildet das Relay-System einen wirksamen Schutz vor unberechtigtem Eindringen. Das Relay-System kann also vor diesem Hintergrund als „Anti-Router“ bezeichnet werden.

[0022] Auf diese Weise sind bei dem erläuterten Verfahren insbesondere sicherheitskritische Daten, welche lokal auf den jeweiligen Bearbeitungs-Computersystemen verarbeitet werden, gegen Angriffe auf die Bearbeitungs-Computersysteme geschützt. Zusätzlich verhindert bzw. blockiert das Relay-System eine Ausbreitung eines Angriffs auf verteilte Computersysteme innerhalb der Computernetz-Infrastruktur.

[0023] Zur Kommunikation und Weiterleitung von Daten-Paketen innerhalb der Computernetz-Infrastruktur erlaubt das Verfahren im Unterschied zu den Bearbeitungs-Computersystemen und dem Relay-System jedoch einen Zugriff auf das zumindest eine Vermittlungs-Computersystem von außen. Das Vermittlungs-Computersystem ist als „offenes“ System mit wenigstens einem ansprechbaren offenen („listening“) Netzwerk-Port über Netzwerk zugänglich. Das bedeutet, dass auf dem Vermittlungs-Computersystem beispielsweise Programme laufen und/oder Applikationen vorbereitet sind, sodass ein Bearbeitungs-Computersystem oder das zumindest eine Relay-System jeweils auf das Vermittlungs-Computersystem zugreifen können und eine Verbindung zum Vermittlungs-Computersystem aufbauen können, um ein Daten-Paket gemäß den vorgestellten Verfahren (über eine dann aufgebaute Verbindung, „established“) im Vermittlungs-Computersystem abzulegen oder von dort abzuholen. Unter Sicherheitsaspekten ist ein solches „offenes“ Vermittlungs-Computersystem ähnlich zu bewerten wie ein traditionelles, speziell abgesichertes Computersystem.

[0024] Somit dient das zumindest eine Vermittlungs-Computersystem als (abgesicherter, aber ansprechbarer) Vermittler für eine Kommunikation zwischen den Bearbeitungs-Computersystemen und dem Relay-System, welche jedoch selbst eingekapselt sind.

[0025] Daten-Pakete können im Kontext des hier erläuterten Verfahrens vorteilhaft Informationen zur Ausführung vorbestimmter Prozesse in einem entsprechenden Bearbeitungs-Computersystem umfassen. Derartige Prozesse können z. B. sein:

– das Speichern und/oder Verarbeiten von übertragenen Daten,
– der Neustart eines Programms,
– das Wiederherstellen von Backup-Daten oder
– die Anweisung zu einem physischen Zugang oder einen SSH-Zugriff auf ein Bearbeitungs-Computersystem.

[0026] Ein abgesicherter Zugriff auf ein Bearbeitungs-Computersystem vermittels des hier erläuterten Verfahrens wird weiter unten in einem speziellen Aspekt näher erläutert.

[0027] Entsprechende Kombinationen der genannten Prozesse, Aktionen und Anweisungen sind natürlich denkbar. Daten-Pakete können entlang eines Übertragungsweges zwischen Bearbeitungs-Computersystemen innerhalb der Computernetz-Infrastruktur um bestimmte Informationen ergänzt werden, sodass eine Event-Steuerung eines Ziel-Bearbeitungs-Computersystems bzw. eine Informationsweitergabe zwischen Bearbeitungs-Computersystemen sowie ein flexibles Hinzufügen von Informationen während des Prozesses zu dessen Steuerung ermöglicht ist.

[0028] Daten-Pakete unterscheiden sich bei dem erläuterten Verfahren grundlegend von einem reinen Kommando-Befehl eines Bearbeitungs-Computersystems an ein anderes Bearbeitungs-Computersystem, weil ein Kommando-Befehl zu dessen Auswertung auf Seiten des empfangenden Bearbeitungs-Computersystems ein kontinuierlich laufendes, nach außen offenes und damit angreifbares Programm oder einen entsprechenden Dienst notwendig macht. Ein derartiges Programm bzw. ein entsprechender Dienst entfällt jedoch, wie bereits erläutert, beim vorliegenden Verfahren mangels eines Zugriffs über Netzwerk auf geöffnete („listening“) Netzwerk-Ports eines entsprechenden Bearbeitungs-Computersystems. Entsprechendes gilt in Bezug auf das Relay-System der hier erläuterten Computernetz-Infrastruktur.

[0029] Zum Übertragen von Daten-Paketen auf ein Bearbeitungs-Computersystem oder auf das Relay-System kann ein Prozess angestoßen werden, welcher ein ausgewähltes Daten-Paket im Vermittlungs-Computersystem aufruft und automatisiert vom Vermittlungs-Computersystem auf ein Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System überträgt. Vorteilhaft ist das automatisierte Übertragen von Daten-Paketen vom Vermittlungs-Computersystem auf ein Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System so ausgestaltet, dass ein Dritter von außen darauf keine Einflussmöglichkeiten hat und somit eine Gefahr für Manipulationen eines der Bearbeitungs-Computersysteme oder des Relay-Systems über Daten-Pakete ausgeschlossen ist. Zum Beispiel können Daten-Pakete verschlüsselt sein. Eine (unterschiedliche) Verschlüsselung kann auch mehrfach auf Teile der Daten-Pakete oder auf die gesamten Daten-Pakete angewandt werden. Im jeweiligen empfangenden Computersystem kann die Gültigkeit von Daten-Paketen überprüft werden und ein entsprechender Prozess ausgeführt werden. Die Gültigkeit der Daten-Pakete kann anhand von Signaturen überprüft werden, mit denen die Daten-Pakete signiert worden sind.

[0030] Vorteilhaft ist bei dem Verfahren der erläuterten Art das Relay-System, über das die Daten-Pakete geleitet werden, zwei Vermittlungs-Computersystemen im Übertragungsweg der Daten-Pakete zwischengeschaltet, wobei das Relay-System zumindest gegenüber einem (oder gegenüber beiden) der Vermittlungs-Computersysteme, denen das Relay-System zwischengeschaltet ist, vorbestimmte Netzwerk-Ports im erläuterten Sinn geschlossen hält. Bei einem derartigen Kommunikationsverfahren werden somit zumindest zwei Vermittlungs-Computersysteme vorgehalten, wobei eines im Übertragungsweg von Daten-Paketen vor dem Relay-System und eines nach dem Relay-System eingerichtet ist. Im Falle eines Schließens von Netzwerk-Ports gegenüber sämtlichen vor- sowie nachgeschalteten Ver-

mittlungs-Computersystemen bildet das Relay-System eine Routing-Funktionalität, lässt jedoch keinerlei Verbindungsaufbau von außen über Netzwerk zu. Das Relay-System bildet also in sämtlichen Übertragungsrichtungen (ausgehend von sämtlichen beteiligten Vermittlungs-Computersystemen) einen wirksamen Schutz vor unberechtigtem Eindringen.

[0031] Daten-Pakete werden in der Computernetz-Infrastruktur im Allgemeinen anhand eines Übertragungsprotokolls zwischen den Computersystemen übertragen. Dabei ergeben sich bei der hier erläuterten Topologie von Relay-Systemen bzw. Bearbeitungs-Computersystemen mit in einer oder mehreren Übertragungsrichtungen geschlossenen Netzwerk-Ports und Vermittlungs-Computersystemen mit ansprechbaren („listening“) Netzwerk-Ports unterschiedliche Auswirkungen je nachdem, ob ein Daten-Paket an ein Computersystem geschickt wird (wie im Falle einer Übertragung von einem Bearbeitungs-Computersystem oder Relay-System auf ein ansprechbares Vermittlungs-Computersystem) oder ob ein Daten-Paket von einem Computersystem abgeholt wird (wie im Falle einer Übertragung von einem ansprechbaren Vermittlungs-Computersystem auf ein Bearbeitungs-Computersystem oder Relay-System). Das bedeutet, dass sich die verschiedenen Szenarien eines „Holens“ eines Daten-Paketes und eines „Schickens“ eines Daten-Paketes im Übertragungsprotokoll unterschiedlich darstellen. Ein Angriff auf ein Übertragungsprotokoll macht somit die Manipulation unterschiedlicher Sicherheitsaspekte für die unterschiedlichen Szenarien notwendig, was die Sicherheit erhöht.

[0032] Zur weiteren Erhöhung der Sicherheit werden die Daten-Pakete bevorzugt

– im Übertragungsweg vor dem Relay-System anhand wenigstens eines ersten Übertragungsprotokolls übertragen und

– im Übertragungsweg nach dem Relay-System anhand wenigstens eines zweiten Übertragungsprotokolls übertragen, welches sich von dem wenigstens einen ersten Übertragungsprotokoll unterscheidet.

[0033] Dadurch ist ein weiterer Sicherheitsmechanismus geschaffen, welcher verhindert, dass Sicherheitsprobleme in einem einzigen Übertragungsprotokoll ein Versagen des Sicherheitsmechanismus bedeutet können. Vielmehr müssen für einen Übertragungsweg zwischen Bearbeitungs-Computersystemen vermittels des zumindest einen Vermittlungs-Computersystems und des zumindest einen Relay-Systems für einen erfolgreichen Angriff mehrere unterschiedliche Übertragungsprotokolle angegriffen werden bzw. angreifbar sein, was deutlich unwahrscheinlicher bzw. mühsamer ist als ein Angriff auf ein einziges Übertragungsprotokoll. Damit ist eine größere Sicherheit gewährleistet als die Verwendung nur eines einzigen Übertragungsprotokolls.

[0034] Somit stellt ein Relay-System gemäß dem erläuterten Verfahren nicht nur eine Sicherheitshürde aufgrund einer Nichtzulassung eines Verbindungsaufbaus von außen über Netzwerk dar (Abblocken von Angriffen über das Relay-System hinaus), sondern vereitelt zudem einen Angriff auf ein bestimmtes Übertragungsprotokoll im Übertragungsweg vor dem Relay-System durch Wechsel auf ein anderes unterschiedliches Übertragungsprotokoll im weiteren Übertragungsweg nach dem Relay-System. Optional können bei dem Verfahren der erläuterten Art durch entsprechenden Einsatz mehrerer Relay-Systeme mehr als zwei unterschiedliche Protokolle (pro Übertragungsrichtung) verwendet werden.

[0035] Es ist alternativ oder zusätzlich zu den oben erläuterten Maßnahmen bei dem Verfahren denkbar, dass die Daten-Pakete im jeweiligen Übertragungsweg zwischen zwei Bearbeitungs-Computersystemen richtungsabhängig über unterschiedliche Übertragungsprotokolle übertragen werden. Das bedeutet, dass bezüglich eines jeweiligen Bearbeitungs-Computersystems nicht nur ein Protokollwechsel von einem ersten Übertragungsprotokoll vor einem Relay-System auf ein zweites Übertragungsprotokoll nach einem Relay-System erfolgt, sondern auch für unterschiedliche Übertragungsrichtungen über das Relay-System hinweg unterschiedliche Übertragungsprotokolle verwendet werden.

[0036] Bei einem Relay-System können somit vier unterschiedliche Übertragungsprotokolle eingesetzt werden, je ein Übertragungsprotokoll vor und nach dem Relay-System pro Übertragungsrichtung über das Relay-System hinweg. Beispielsweise werden bezüglich eines Bearbeitungs-Computersystems ein Sende-Protokoll S1 vor dem Relay-System und ein Sende-Protokoll S2 nach dem Relay-System, sowie ein Empfangs-Protokoll E1 vor dem Relay-System und ein Empfangs-Protokoll E2 nach dem Relay-System unterschieden.

[0037] Es ist alternativ oder zusätzlich auch denkbar, Übertragungsprotokolle hinsichtlich der Tatsache zu unterscheiden, ob Daten-Pakete unmittelbar auf ein Vermittlungs-Computersystem (zu welchem von außen ein Verbindungsaufbau möglich ist) übertragen werden, oder von einem Bearbeitungs-Computersystem oder dem zumindest einen Relay-System aus (zu welchen von außen kein Verbindungsaufbau möglich ist) erst mittelbar, nach einem Verbindungsaufbau zum Vermittlungs-Computersystem hin, abgeholt werden.

[0038] Vorteilhaft werden bei dem Verfahren der erläuterten Art die Daten-Pakete

– im Übertragungsweg vor dem Relay-System vermittels wenigstens eines ersten Netzwerks übertragen und
– im Übertragungsweg nach dem Relay-System vermittels wenigstens eines zweiten Netzwerks übertragen, welches sich von dem wenigstens einen ersten Netzwerk unterscheidet.

[0039] Alternativ oder ergänzend sind entsprechend unterschiedliche Netzwerke jeweils zwischen einem Bearbeitungs-Computersystem und einem für die Kommunikation angebundenen Vermittlungs-Computersystem und zwischen dem entsprechenden Vermittlungs-Computersystem und einem im Kommunikationspfad folgenden Relay-System vorgesehen. Auf diese Weise kann die Computernetz-Infrastruktur in unterschiedliche Sicherheitszonen aufgetrennt werden, wobei die Sicherheitszonen über Relay-Systeme gegen ein Eindringen eines (internen oder externen) Angreifers aus einer anderen Sicherheitszone abgeblockt werden. Auch dies erhöht die Sicherheit innerhalb der Computernetz-Infrastruktur und senkt die Wahrscheinlichkeit eines erfolgreichen Angriffs auf einzelne Computersysteme bzw. die Wahrscheinlichkeit einer Ausbreitung eines Angriffs auf weiterführende Systeme innerhalb der Infrastruktur bzw. erschwert derartige Angriffe drastisch.

[0040] Vorteilhaft umfasst bei dem Verfahren der erläuterten Art das Übertragen der Daten-Pakete auf das Relay-System oder auf ein Bearbeitungs-Computersystem die folgenden Schritte:
– Senden einer vorbestimmten Daten-Sequenz an das Relay-System oder an das Bearbeitungs-Computersystem, wobei die vorbestimmten Netzwerk-Ports des Relay-Systems oder des Bearbeitungs-Computersystems geschlossen sind und wobei die Daten-Sequenz in einer vorbestimmten Reihenfolge einen oder mehrere Netzwerk-Ports des Relay-Systems oder des Bearbeitungs-Computersystems anspricht,
– Überprüfen der gesendeten Daten-Sequenz auf Übereinstimmung mit einer vordefinierten Sequenz im Relay-System oder im Bearbeitungs-Computersystem, sowie
– Veranlassen des Übertragens der Daten-Pakete durch das Relay-System oder das Bearbeitungs-Computersystem, falls die Überprüfung der gesendeten Daten-Sequenz positiv ist.

[0041] Die hier aufgeführten zusätzlichen Verfahrensschritte können grundsätzlich gegenüber allen Computersystemen durchgeführt werden, welche entsprechende Netzwerk-Ports geschlossen halten, sodass dennoch eine Kommunikation, insbesondere Weiterleitung von Daten-Paketen innerhalb der Computernetz-Infrastruktur, möglich ist.

[0042] Die Maßnahmen haben den Vorteil, dass grundsätzlich die (für das Verfahren maßgeblichen) Netzwerk-Ports eines Bearbeitungs-Computersystems oder des zumindest einen Relay-Systems – in oben erläutertem Sinne – geschlossen sind und einen Verbindungsaufbau zu einem Bearbeitungs-Computersystem oder zu dem Relay-System von außen blockieren bzw. einen manipulativen Zugriff deutlich erschweren. Das Veranlassen des Übertragens der Daten-Pakete vermittels eines Bearbeitungs-Computersystems oder des Relay-Systems kann ein automatisierter Prozess zum Übertragen der jeweiligen Daten-Pakete auf das Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System (z. B. über den Unix-basierten Befehl „Secure Copy, scp)“ sein. Gemäß dem Prozess baut das Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System seinerseits eine Verbindung zum Vermittlungs-Computersystem auf und holt die Daten-Pakete ab. Dieser Prozess kann durch ein Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System gestartet werden, nachdem eine vorbestimmte Daten-Sequenz an ein Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System gesendet wurde, falls diese Daten-Sequenz mit einer vordefinierten Sequenz übereinstimmt. Die IP-Adresse des Sequenz-sendenden Computersystems kann dabei statisch im Bearbeitungs-Computersystem oder im Relay-System vorgegeben oder dynamisch aus den dem Kernel des Bearbeitungs-Computersystems oder des Relay-Systems bekannten Quell-IP-Adressen möglicher Sequenz-sendender Computersysteme entnommen werden.

[0043] Ein derartiges Verfahren ist unter dem Begriff „-Knocking“ (englisch: to knock – anklopfen) bekannt. Die vorgenannten Schritte können beispielsweise über einen so genannten Knock-Demon, also ein Programm, welches Port-Knocking ermöglicht, durchgeführt werden. Der Knock-Demon sitzt an den Netzwerk-Ports eines Bearbeitungs-Computersystems oder des Relay-Systems, überprüft die an das Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System gesendete Daten-Sequenz und veranlasst gegebenenfalls (z.B. durch Starten eines Skriptes/Programmes) ein gesteuertes Übertragen der entsprechenden Daten-Pakete vom Vermittlungs-Computersystem an das Bearbeitungs-Computersystem, wenn die gesendete Daten-Sequenz mit der vordefinierten Sequenz übereinstimmt. Der oben beschriebene Ablauf ermöglicht somit – aktiviert durch ein Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System, welche einen entsprechenden Dienst auf einem Vermittlungs-Computersystem über Netzwerk ansprechen – das Übertragen/Kopieren von Daten-Paketen von dem Vermittlungs-Computersystem auf das Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System, ohne dass das Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System hierfür einen offenen Netzwerk-Port mit einem ansprechbaren Programm vorhalten müssen.

[0044] Alternativ oder ergänzend zum oben erläuterten Port-Knocking ist auch denkbar, dass ein Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System von sich aus in regelmäßigen Abständen beim Vermittlungs-Computersystem anfragen (Polling), ob ein oder mehrere auszutauschende Daten-Pakete vorliegen. Ist dies der Fall, kann eine entsprechende Übertragung der Daten-Pakete vom Vermittlungs-Computersystem an das Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System initiiert werden, wie oben erläutert. Es ist auch denkbar, dass das Bearbeitungs-Computersystem oder das Relay-System ein Polling durchführt, wenn z. B. eine bestimmte Zeitspanne überschritten wird, in der kein Port-Knocking seitens des Vermittlungs-Computersystems durchgeführt worden ist. Probleme beim Port-Knocking könnten so erkannt werden und die Funktionalität der Computernetz-Infrastruktur bleibt erhalten.

[0045] Nachfolgend soll anhand des erläuterten Verfahrens ein sicherer Zugriff auf ein Bearbeitungs-Computersystem durch ein anderes Bearbeitungs-Computersystem erläutert werden, welches sich (zumindest teilweise) der oben erläuterten Maßnahmen und Verfahrensschritte bedient.

[0046] Hierzu wird vorteilhaft in der Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme zwischen wenigstens

- einem Key-Computersystem,
- einem Zugriffs-Computersystem und
- einem Ziel-Computersystem

unterschieden. Zunächst wird eine Sicherheits-Datei für einen gesicherten Zugriff auf das Ziel-Computersystem im Key-Computersystem erstellt. Anschließend wird die Sicherheits-Datei entlang eines definierten Kommunikationspfades vom Key-Computersystem auf das Zugriffs-Computersystem übertragen. Das Übertragen der Sicherheits-Datei erfolgt vorteilhaft vermittels des zumindest einen Vermittlungs-Computersystems, welches im Gegensatz zum Key-Computersystem und Zugriffs-Computersystem geöffnete Netzwerk-Ports aufweist und über Netzwerk für einen Verbindungsaufbau ansprechbar ist. Die Sicherheits-Datei kann somit unmittelbar vom Key-Computersystem auf das Vermittlungs-Computersystem übertragen werden und von dort automatisiert (z. B. vermittels eines durch das Vermittlungs-Computersystem initiierten Port-Knocking-Prozesses, wie oben erläutert) auf das Zugriffs-Computersystem abgeholt werden.

[0047] Es ist denkbar, in den Kommunikationspfad zwischen dem Key-Computersystem, dem Vermittlungs-Computersystem und dem Zugriffs-Computersystem auch ein Relay-System gemäß der oben erläuterten Funktionalität zu integrieren. Dies hat den Vorteil, dass gegebenenfalls verschiedene Sicherheitszonen unterschieden werden können, was die Sicherheit gegen Angriffe auf einzelne Computersysteme bzw. gegen eine Ausbreitung eines Angriffs innerhalb der Computernetz-Infrastruktur erhöht.

[0048] Es ist jedoch auch denkbar, ein Übertragen der Sicherheits-Datei vom Key-Computersystem auf das Zugriffs-Computersystem durchzuführen, ohne dass ein Relay-System zwischengeschaltet ist. In diesem Fall sind lediglich das Key-Computersystem, zumindest ein Vermittlungs-Computersystem sowie das Zugriffs-Computersystem an der Übertragung der Sicherheits-Datei vom Key-Computersystem auf das Zugriffs-Computersystem beteiligt.

[0049] Nachdem die Sicherheits-Datei auf das Zugriffs-Computersystem übertragen worden ist, überprüft dieses zuvor abgefragte Authentifizierungs-Informationen anhand der Sicherheits-Datei. Authentifizierungs-Informationen können beispielsweise Identifikations-Daten von vorbestimmten Benutzern sein, die sich für einen Zugriff auf das Ziel-Computersystem am Zugriffs-Computersystem authentifizieren können bzw. dürfen.

[0050] Derartige Identifikations-Daten können beispielsweise personenbezogene biometrische Daten (Fingerabdruck, Handvenen-Scan, Retina-Scan, Stimmenerkennung usw.) und/oder ein temporär (z.B. vermittels einer separaten Sicherheitsinstanz) vergebenes Passwort oder ein personenbezogenes Passwort oder ein sonstiger Schlüssel (z. B. vermittels Chipkarte, ID-Karte, Smartphone, RFID-Tag usw.) sein.

[0051] Diese Authentifizierungs-Informationen werden für eine Authentifizierung am Zugriffs-Computersystem abgefragt (beispielsweise über ein hierfür eingerichtetes Terminal) und schließlich mit in der Sicherheits-Datei hinterlegten Informationen verglichen. Beispielsweise enthält die Sicherheits-Datei entsprechende Authentifizierungs-Informationen, welche für vorbestimmte Benutzer, für die ein Zugriff erlaubt sein soll, durch das Key-Computersystem vergeben oder festgelegt sind. Stimmen die abgefragten Authentifizierungs-Informationen mit den Informationen innerhalb der Sicherheits-Datei überein, so können sich Benutzer am Zugriffs-Computersystem erfolgreich authentifizieren.

[0052] Das Zugriffs-Computersystem kann speziell abgesichert gegen einen physischen Zugriff sein, z.B. in einem speziell geschützten Raum lokalisiert sein. Beispielsweise kann das Zugriffs-Computersystem in einem Hochsicherheits-Rack eingerichtet und nur mit gesonderter Zugangsberechtigung physisch zugänglich sein. Ein logischer Zugriff auf das Zugriffs-Computersystem erfolgt bevorzugt nur über eingeschränkte Rechte (z. B. über eine so genannte „restricted shell“), um Manipulationsmöglichkeiten am Zugriffs-Computersystem möglichst zu unterbinden. Weiterhin sind übliche Sicherheitsmaßnahmen

am Zugriffs-Computersystem (z. B. Dateisystem-Verschlüsselungen) vorzusehen.

[0053] Nach einer erfolgreichen Authentifizierung aller Zugangsberechtigten (erzwungenes n-Augen Prinzip) am Zugriffs-Computersystem gemäß den oben erläuterten Maßnahmen, erfolgt als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ein Freischalten des Ziel-Computersystems für einen Zugriff vermittels des Zugriff-Computersystems. Ein Freischalten des Ziel-Computersystems umfasst vorteilhaft das Öffnen eines für dieses Verfahren vorgesehenen selektiven Netzwerk-Ports am Ziel-Computersystem. Ein Freischalten kann auf die IP-Adresse, gegebenenfalls ergänzt um einen vorbestimmten Quell-Port, des Zugriffs-Computersystems beschränkt sein.

[0054] Falls das Überprüfen der Authentifizierungs-Informationen durch das Zugriffs-Computersystem erfolgreich war, erfolgt somit in einem weiteren Schritt das eigentliche Freischalten des Ziel-Computersystems, sodass vermittels des Zugriff-Computersystems auf das Ziel-Computersystem zugegriffen werden kann.

[0055] Auf diese Weise ist unter Einbindung bzw. konkreter Anwendung eines Kommunikationsverfahrens der oben erläuterten Art ein sicherer Zugriff auf ein Bearbeitungs-Computersystem (Ziel-Computersystem) durch ein anderes Bearbeitungs-Computersystem (Zugriffs-Computersystem) möglich.

[0056] Bevorzugt wird in der Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme gemäß dem konkret erläuterten Verfahren für einen Zugriff auf das Ziel-Computersystem zusätzlich nach wenigstens einem Autorisierungs-Computersystem unterschieden. Dabei wird die Sicherheits-Datei vom Key-Computersystem zumindest vermittels eines Vermittlungs-Computersystems auf das Autorisierungs-Computersystem übertragen. Im Autorisierungs-Computersystem kann die Sicherheits-Datei um vorbestimmte Zugriffs-Informationen ergänzt werden und/oder mit einem privaten Schlüssel signiert werden. Anschließend wird die Sicherheits-Datei im Kommunikationspfad hin zum Zugriffs-Computersystem weiter übertragen.

[0057] Ein Ergänzen der Sicherheits-Datei um vorbestimmte Zugriffs-Informationen kann beispielsweise ein Auswählen von bestimmten Personen aus einer hinterlegten Liste erlaubter Personen oder das Hinterlegen von Identifikations-Daten ausgewählter Personen umfassen. Ein lokales Signieren der Sicherheits-Datei mit einem privaten Schlüssel im Autorisierungs-Computersystem hat die Funktion eines Bestätigens der Sicherheits-Datei und gegebenenfalls enthaltener Informationen.

[0058] Es ist denkbar, die Sicherheits-Datei an mehrere Autorisierungs-Computersysteme innerhalb der Computernetz-Infrastruktur zu übertragen, um auf diese Weise ein verkettetes bzw. kaskadiertes Signieren durchzuführen. Dies hat den Vorteil, dass mehrere Sicherheits-Instanzen zwingend am Prozess beteiligt sind und die Gefahr von Manipulationen der Sicherheits-Datei stark reduziert werden kann. Ein Angriff auf die Computernetz-Infrastruktur zur Manipulation einer Sicherheits-Datei für einen manipulierten Zugriff auf das Ziel-Computersystem würde somit die Übernahme eines jeden Autorisierungs-Computersystems und eine damit einhergehende Fälschung einer kumulierten Signatur notwendig machen.

[0059] Vermittels eines oder mehrerer Autorisierungs-Computersysteme kann somit ein Zugriff auf ein Ziel-Computersystem durch ein Zugriffs-Computersystem sehr sicher gesteuert werden.

[0060] Die obige Aufgabe wird in einem weiteren Aspekt durch eine Computernetz-Infrastruktur gelöst, die zumindest umfasst:

– eine Gruppe von Bearbeitungs-Computersystemen,
– zumindest ein Vermittlungs-Computersystem und
– zumindest ein Relay-System.

[0061] Die Computernetz-Infrastruktur ist derart eingerichtet, dass Daten-Pakete entlang eines vorbestimmten Übertragungsweges zwischen mehreren Bearbeitungs-Computersystemen vermittels des zumindest einen Vermittlungs-Computersystems und des zumindest einen Relay-Systems übertragbar sind. Das Relay-System ist dem zumindest einen Vermittlungs-Computersystem im Übertragungsweg der Daten-Pakete nachgeschaltet. Ferner weisen alle Bearbeitungs-Computersysteme jeweils eine Zugriffs-Steuereinheit auf, die eingerichtet ist, zumindest vorübergehend vorbestimmte Netzwerk-Ports zu schließen, sodass ein Zugriff auf ein jeweiliges Bearbeitungs-Computersystem über ein Netzwerk vermittels dieser Netzwerk-Ports verhindert ist. Das zumindest eine Relay-System weist ebenfalls eine Zugriffs-Steuereinheit auf, die eingerichtet ist, zumindest gegenüber dem Vermittlungs-Computersystem, dem das Relay-System nachgeschaltet ist, vorbestimmte Netzwerk-Ports zu schließen, sodass ein Zugriff auf das Relay-System über ein Netzwerk vermittels dieser Netzwerk-Ports verhindert ist.

[0062] Eine derartige Computernetz-Infrastruktur erlaubt eine Kommunikation zwischen Bearbeitungs-Computersystemen, konkret einen Austausch von Daten-Paketen, obwohl sämtliche Bearbeitungs-Computersysteme Netzwerk-Ports – wie in obigem Sinne erläutert – nach außen geschlossen halten, sodass kein laufendes Programm oder ein laufender Dienst an geöffneten Netzwerk-Ports für einen Verbindungsaufbau von außen notwendig und eingerich-

tet ist, was eine potenzielle Sicherheitslücke für Angreifer über Netzwerk ermöglichen würde.

[0063] Vielmehr sind sämtliche Bearbeitungs-Computersysteme durch geschlossene Netzwerk-Ports von außen nicht ansprechbar und erlauben keinen Verbindungsaufbau von außen. Jedoch können die Bearbeitungs-Computersysteme auf das zumindest eine Vermittlungs-Computersystem zugreifen, welches als offenes System – im oben erläuterten Sinne – mit zumindest einem für die genannte Zwecke geöffneten Netzwerk-Port über ein laufendes Programm oder einen laufenden Dienst von außen ansprechbar ist. Auf diese Weise können Daten-Pakete von einem Bearbeitungs-Computersystem auf dem Vermittlungs-Computersystem abgelegt werden oder von dort abgeholt werden.

[0064] Zudem fungiert das Relay-System – in oben erläutertem Sinne – als eine Art „Router“ für die Daten-Pakete innerhalb der Computernetz-Infrastruktur, wobei jedoch das Relay-System zumindest gegenüber dem Vermittlungs-Computersystem, dem das Relay-System nachgeschaltet ist, ebenfalls vorbestimmte Netzwerk-Ports geschlossen hält. Somit ist das Relay-System vom zumindest einen Vermittlungs-Computersystem aus nicht über Netzwerk ansprechbar, weil auch auf dem Relay-System kein laufendes Programm oder kein laufender Dienst an geöffneten Netzwerk-Ports eingerichtet ist. Das Relay-System ist also ein „Anti-Router“. Das Relay-System kann jedoch auf das Vermittlungs-Computersystem zugreifen und eine Verbindung aufbauen, um von dort Daten-Pakete abzuholen und an ein Computersystem weiterzuleiten, welches dem Relay-System nachgeschaltet ist (z. B. ein Ziel-Bearbeitungs-Computersystem).

[0065] Aufgrund der zumindest in einer Übertragungsrichtung vorliegenden Abschottung des Relay-Systems gegenüber einem oder mehreren Vermittlungs-Computersystemen innerhalb der Computernetz-Infrastruktur ist eine zusätzliche Sicherheitshürde geschaffen, die ein Ausbreiten eines Angriffs auf ein dem Relay-System nachgeschaltetes Computersystem innerhalb der Computernetz-Infrastruktur unterbindet. Das Relay-System dient innerhalb der Computernetz-Infrastruktur somit als eine Art Router, der aber im Gegensatz zu herkömmlichen Routern keinerlei Verbindungsaufbau zumindest über das dem Relay-System vorgeschaltete Vermittlungs-Computersystem zulässt („Anti-Router“). Das Relay-System bildet in dieser Übertragungsrichtung somit einen wirksamen Schutz vor unberechtigtem Eindringen, insbesondere in Netzwerk-Pfade, welche dem Relay-System nachgeschaltet sind.

[0066] Das Relay-System kann (wie oben bereits im Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert) ein Relay-Server, ggf. modifizierter Router usw. sein. Vorteilhaft leitet das Relay-System ein Daten-Paket, welches das Relay-System von einem Vermittlungs-Computersystem erhält, dem das Relay-System nachgeschaltet ist, unmittelbar an ein weiteres (Vermittlungs-)Computersystem weiter, welches wiederum dem Relay-System nachgeschaltet ist. Im Falle eines Bearbeitungs-Computersystems, welches dem Relay-System unmittelbar nachgeschaltet ist, kann durch das Bearbeitungs-Computersystem ein Prozess angestoßen werden, der – wie oben erläutert – ein Daten-Paket vom Relay-System abholt.

[0067] Vorteilhaft umfasst die Computernetz-Infrastruktur der erläuterten Art wenigstens zwei Vermittlungs-Computersysteme, wobei das zumindest eine Relay-System den Vermittlungs-Computersystemen im Übertragungsweg der Daten-Pakete zwischengeschaltet ist. Die Zugriffs-Steuereinheit des zumindest einen Relay-Systems ist eingerichtet, zumindest gegenüber einem der Vermittlungs-Computersysteme, denen das Relay-System zwischengeschaltet ist, vorbestimmte Netzwerk-Ports zu schließen.

[0068] Insbesondere bei geschlossenen Netzwerk-Ports des Relay-Systems gegenüber beiden Vermittlungs-Computersystemen, denen das Relay-System zwischengeschaltet ist, ergibt sich der Vorteil, dass das Relay-System in beiden Richtungen (von beiden Vermittlungs-Computersystemen ausgehend) einen wirksamen Schutz vor unberechtigtem Eindringen bildet. Insbesondere wird ein Ausbreiten eines Angriffs auf eines der Vermittlungs-Computersysteme innerhalb der Computernetz-Infrastruktur durch das Relay-System vereitelt.

[0069] Bevorzugt ist die Computernetz-Infrastruktur derart eingerichtet, dass Daten-Pakete im Übertragungsweg vor dem zumindest einen Relay-System und nach dem zumindest einen Relay-System anhand unterschiedlicher Übertragungsprotokolle übertragbar sind. Wie oben im Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert, bildet ein Wechsel von Übertragungsprotokollen eine weitere Sicherheitsmaßnahme, sodass ein Angriff auf ein einzelnes Übertragungsprotokoll den Sicherheitsmechanismus der Computernetz-Infrastruktur nicht versagen lässt und erfolglos bleibt, weil nach dem Relay-System auf ein anderes Übertragungsprotokoll gewechselt wird. Bei Einsatz mehrerer Relay-Systeme sind auch mehr als zwei Übertragungsprotokolle verwendbar. Ebenso können Übertragungsprotokolle richtungsabhängig unterschieden werden.

[0070] Vorteilhaft umfasst die Computernetz-Infrastruktur mehrere Netzwerke, wobei Computersysteme im Übertragungsweg vor dem zumindest einen Relay-System vermittels wenigstens eines ersten Netzwerks verbunden sind und wobei Computersysteme im Übertragungsweg nach dem zumindest einen Relay-System vermittels wenigstens eines

zweiten Netzwerks verbunden sind, welches sich von dem wenigstens einen ersten Netzwerk unterscheidet. Das Relay-System bildet somit einen abgeschotteten Vermittler zwischen unterschiedlichen Netzwerken, sodass verschiedene Sicherheitszonen innerhalb der Computernetz-Infrastruktur unterscheidbar sind. Auch dies erhöht die Sicherheit innerhalb der Computernetz-Infrastruktur.

[0071] Vorteilhaft ist die Computernetz-Infrastruktur der erläuterten Art eingerichtet, ein Verfahren der oben erläuterten Art durchzuführen.

[0072] Sämtliche vorteilhaften Aspekte, Merkmale sowie Maßnahmen des oben erläuterten Verfahrens entsprechen strukturellen Merkmalen der Computernetz-Infrastruktur und finden analog Anwendung. Umgekehrt sind alle strukturellen Merkmale der an dieser Stelle erläuterten Computernetz-Infrastruktur auf ein Verfahren der oben erläuterten Art anwendbar.

[0073] Die Computernetz-Infrastruktur ist vorteilhaft eingerichtet, einen gesicherten Zugriff eines Bearbeitungs-Computersystems auf ein anderes Bearbeitungs-Computersystem durchzuführen. Vorteilhaft umfasst die Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme innerhalb der Computernetz-Infrastruktur hierzu wenigstens

- ein Key-Computersystem,
- ein Zugriffs-Computersystem und
- ein Ziel-Computersystem.

[0074] Das Key-Computersystem ist eingerichtet, eine Sicherheits-Datei für einen gesicherten Zugriff auf das Ziel-Computersystem zu erstellen und entlang eines vorbestimmten Kommunikationspfades an das Zugriffs-Computersystem zu übertragen. Eine derartige Übertragung ist vermittels des zumindest einen Vermittlungs-Computersystems durchführbar. Dabei ist die Sicherheits-Datei vom Key-Computersystem (welches selbst geschlossene Netzwerk-Ports aufweist) auf das Vermittlungs-Computersystem (welches an einem offenen Netzwerk-Port ein laufendes Programm oder einen laufenden Dienst für einen Verbindungsaufbau von außen eingerichtet hat) übertragbar. Ferner ist die Sicherheits-Datei durch Zugriff des Zugriff-Computersystems, welches selbst ebenfalls geschlossene Netzwerk-Ports aufweist, auf das Vermittlungs-Computersystem durch das Zugriffs-Computersystem zu sich abholbar.

[0075] Optional kann eine Übertragung der Sicherheits-Datei vom Key-Computersystem auf das Zugriffs-Computersystem über zumindest ein Relay-System der erläuterten Art geleitet werden. Dies hat die oben erläuterten Vorteile einer Abschottung verschiedener Sicherheitszonen innerhalb der Computernetz-Infrastruktur.

[0076] Es ist jedoch auch denkbar, eine entsprechende Übertragung der Sicherheits-Datei ohne ein entsprechendes Relay-System durchzuführen. In diesem Fall wären lediglich das Key-Computersystem, zumindest ein Vermittlungs-Computersystem sowie das Zugriffs-Computersystem an einer entsprechenden Übertragung der Sicherheits-Datei beteiligt.

[0077] Das Zugriffs-Computersystem ist eingerichtet, eine Eingabe von Authentifizierungs-Informationen am Zugriffs-Computersystem abzufragen und diese Authentifizierungs-Informationen anhand der Sicherheits-Datei zu überprüfen.

[0078] Das Zugriffs-Computersystem ist vorteilhaft für eine Eingabe von biometrischen Daten eines Benutzers (z.B. Fingerabdruck, Handvenen-Scan, Retina-Scan, Stimmenerkennung usw.) oder die Eingabe eines temporären oder personenbezogenen Passworts oder sonstigen Schlüssels (z.B. auch vermittels Chipkarte, ID-Karte, Smartphone, RFID-Tag usw.) vorbereitet. Eine derartige Eingabe kann beispielsweise an einem Terminal des Zugriffs-Computersystems eingerichtet sein, an dem das Zugriffs-Computersystem eine Eingabe erwartet und entsprechende Informationen abfragt.

[0079] Das Ziel-Computersystem ist eingerichtet, einen selektiven Netzwerk-Port für einen Zugriff auf das Ziel-Computersystem vermittels des Zugriffs-Computersystems in Abhängigkeit eines Überprüfens der Authentifizierungs-Informationen durch das Zugriffs-Computersystem freizuschalten. Ein derartiges Freischalten kann beispielsweise auf die IP-Adresse und gegebenenfalls einen vorbestimmten Netzwerk-Port des Zugriffs-Computersystems beschränkt sein. Das Zugriffs-Computersystem kann dann selektiv auf das Ziel-Computersystem vermittels des freigeschalteten Netzwerk-Ports zugreifen, sodass eine authentifizierte Benutzergruppe vermittels des Zugriffs-Computersystems einen Zugriff auf das Ziel-Computersystem erhält. Es ist denkbar, eine entsprechende Freischaltung nur temporär zuzulassen.

[0080] Vorteilhaft umfasst die Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme innerhalb der Computernetz-Infrastruktur zusätzlich wenigstens ein Autorisierungs-Computersystem. Das Autorisierungs-Computersystem ist eingerichtet, die Sicherheits-Datei nach einem Übertragen der Sicherheits-Datei auf das Autorisierungs-Computersystem um vorbestimmte Zugriffs-Informationen zu ergänzen und/oder die Sicherheits-Datei zu signieren, sowie die Sicherheits-Datei im Kommunikations-Pfad weiter zu übertragen.

[0081] Vorteilhaft ist das Autorisierungs-Computersystem im Übertragungsweg der Sicherheits-Datei zwischen dem Key-Computersystem und dem Zu-

griffs-Computersystem zwischengeschaltet. Auf diese Weise erlaubt das Autorisierungs-Computersystem ein entsprechendes Bearbeiten der Sicherheits-Datei (z. B. Einfügen weiterer Informationen oder Bestätigen der Sicherheits-Datei, lokales Signieren, usw.). Die Sicherheits-Datei kann z.B. ein temporäres Passwort oder andere Merkmale für einen Zugriff auf das Zugriffs-Computersystem in verschlüsselter Form erhalten und so einen einmaligen und individuellen Zugriff ermöglichen.

[0082] In einem weiteren Aspekt wird die obige Aufgabe durch ein Computerprogramm-Produkt gelöst, welches eingerichtet ist, auf zumindest einem Computersystem ausgeführt zu werden und welches bei dessen Ausführung ein Verfahren der oben erläuterten Art durchführt. Auf diese Weise ist ein automatisiertes Implementieren des Verfahrens auf einem oder mehreren Computersystemen, vorteilhaft innerhalb einer erläuterten Computernetz-Infrastruktur, möglich.

[0083] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen sowie in der nachfolgenden Figurenbeschreibung offenbart.

[0084] Die Erfindung wird anhand mehrerer Zeichnungen im Folgenden näher erläutert.

[0085] Es zeigen:

[0086] **Fig.** 1 eine schematisierte Darstellung eines Teils einer Computernetz-Infrastruktur,

[0087] **Fig.** 2A eine schematisierte Darstellung einer Computernetz-Infrastruktur mit unterschiedlichen Sicherheitszonen,

[0088] **Fig.** 2B eine schematisierte Darstellung einer Computernetz-Infrastruktur gemäß **Fig.** 2A mit geänderten Netzwerk-Pfaden,

[0089] **Fig.** 3 eine schematische Darstellung eines Teils einer Computernetz-Infrastruktur unter Verwendung mehrerer Übertragungsprotokolle,

[0090] **Fig.** 4 eine schematisierte Darstellung einer Computernetz-Infrastruktur mit mehreren Sicherheitszonen gemäß einer weiteren Konfiguration,

[0091] **Fig.** 5 eine schematisierte Darstellung einer Computernetz-Infrastruktur mit mehreren Sicherheitszonen gemäß einer weiteren Konfiguration, und

[0092] **Fig.** 6 eine schematisierte Darstellung einer Computernetz-Infrastruktur mit verschiedenen Sicherheitszonen für einen sicheren Zugriff auf ein Computersystem.

[0093] **Fig.** 1 zeigt eine schematisierte Darstellung zumindest eines Teils einer Computernetz-Infrastruktur zur Kommunikation zwischen mehreren Computersystemen und zur Weiterleitung von Daten-Paketen zwischen diesen Computersystemen. Die Topologie gemäß **Fig.** 1 umfasst zwei Vermittlungs-Computersysteme, nämlich einen Task-Server **1** und einen Task-Server **2**. Diesen beiden Computersystemen ist ein Weiterleitungs-Computersystem, nämlich ein so genannter Relay-Server **5**, zwischengeschaltet. Eine Datenverbindung zwischen Task-Server **1** und Relay-Server **5** wird über ein erstes Netzwerk N1 sichergestellt. Eine Datenverbindung zwischen dem Relay-Server **5** und dem Task-Server **2** wird über ein zweites Netzwerk N2 sichergestellt.

[0094] Der Task-Server **1** und der Task-Server **2** sind offene Systeme. Das bedeutet, dass diese jeweils zumindest einen für die weiteren Zwecke geöffneten Netzwerk-Port haben, an dem ein laufendes Programm oder ein laufender Dienst für eine Ansprechbarkeit und einen Verbindungsaufbau über Netzwerk von außen eingerichtet ist.

[0095] Im Gegensatz dazu ist der Relay-Server **5** ein eingekapseltes System mit geschlossenen Netzwerk-Ports sowohl gegenüber dem Task-Server **1** als auch gegenüber dem Task-Server **2** (siehe kreuzschraffierte Ein-/Ausgangsebenen am Relay-Server **5**). Das bedeutet, dass auf dem Relay-Server **5** keinerlei laufende Programme oder Dienste an einem geöffneten Netzwerk-Port verfügbar sind, sodass der Relay-Server **5** keinerlei Verbindungsaufbau aus beiden Richtungen (sowohl ausgehend von Task-Server **1** als auch ausgehend von Task-Server **2**) über die Netzwerke N1 und N2 zulässt. Somit trennt der Relay-Server **5** die beiden Netzwerke N1 und N2. Dennoch fungiert der Relay-Server als eine Art Vermittler („Anti-Router“) zwischen den beiden Netzwerken N1 und N2 zur Weiterleitung von Daten-Paketen zwischen dem Task-Server **1** und dem Task-Server **2**.

[0096] **Fig.** 1 zeigt mehrere Verfahrensschritte A1 bis A10 zur Weiterleitung von Daten-Paketen innerhalb der Struktur, welche im Folgenden näher erläutert werden.

[0097] In einem ersten Schritt A1 wird ein Daten-Paket von einer Instanz außerhalb der in **Fig.** 1 dargestellten Struktur auf den Task-Server **1** übertragen und dort abgelegt. In Schritt A2 erfolgt eine interne Verarbeitung im Task-Server **1**, z. B. das Vermerken eines Transportverlaufs des Daten-Pakets. In Schritt A3 wird im Task-Server **1** ein Routing auf weitere Computersysteme innerhalb der Struktur gemäß **Fig.** 1 ermittelt und ein Port-Knocking-Prozess über das Netzwerk N1 gegenüber dem Relay-Server **5** durchgeführt. Hierzu sendet Task-Server **1** über das Netzwerk N1 eine Daten-Sequenz, welche vorbestimmte Netzwerk-Ports am Relay-Server **5** an-

spricht. Ein Knock-Daemon im Relay-Server **5** vergleicht die empfangene Daten-Sequenz mit einer vorbestimmten Sequenz und veranlasst bei Übereinstimmung das Starten eines Prozesses.

[0098] Dieser Prozess umfasst einen Verbindungsaufbau am ansprechbaren Task-Server **1** und ein automatisiertes Übertragen des Daten-Paketes vom Task-Server **1** auf den Relay-Server **5**. Ein derartiges Übertragen kann beispielsweise über den Unix-basierten Befehl „Secure Copy“, scp erfolgen. Daraufhin wird das Daten-Paket in Schritt A4 vom Task-Server **1** anhand der hergestellten Verbindung („established“) auf den Relay-Server **5** über das Netzwerk N1 übertragen.

[0099] In Schritt A5 erfolgt eine weitere Verarbeitung innerhalb des Relay-Servers **5**, z. B. ebenfalls das Vermerken eines Transportverlaufs. In Schritt A6 wird ein weiteres Routing im Relay-Server **5** ermittelt, wobei in Schritt A7 der Weitertransport des Daten-Paketes über Netzwerk N2 auf den ansprechbaren Task-Server **2** erfolgt. Im Task-Server **2** erfolgt in Schritt A8 eine weitere Verarbeitung, z. B. ebenfalls das Vermerken eines Transportverlaufs, sowie in Schritt A9 das Ermitteln eines weiteren Routings auf Computersysteme außerhalb der in **Fig.** 1 dargestellten Struktur. In Schritt A10 kann schließlich ein entsprechender Weitertransport des Daten-Paketes erfolgen.

[0100] Die Struktur gemäß **Fig.** 1 zeigt somit drei Vermittlungs-Computersysteme, Task-Server **1**, Task-Server **2** sowie Relay-Server **5**, welche als Topologie mit gemischt geöffneten und geschlossenen Netzwerk-Ports eingerichtet sind. Auf diese Weise ist ein Routing von Daten-Paketen über den Relay-Server **5** möglich, wobei der Relay-Server **5** gleichzeitig eine Abschottung des Task-Servers **1** aus Netzwerk N1 gegenüber dem Task-Server **2** aus Netzwerk N2 und umgekehrt ermöglicht. Ein Angriff auf Task-Server **1** ist somit nur mit erheblichem Aufwand und deutlich erschwert gegenüber herkömmlichen Infrastrukturen über Netzwerk N1 und den Relay-Server **5** auf Netzwerk N2 und den Task-Server **2** ausdehnbar. Entsprechendes gilt ausgehend von Task-Server **2** in Richtung Task-Server **1**. Der Relay-Server **5** bildet auf diese Weise einen abgesicherten „Knoten“ innerhalb der Computernetz-Infrastruktur. Dennoch ist anhand der erläuterten Verfahrensschritte ein Weitertransport von Daten-Paketen innerhalb der Infrastruktur ermöglicht.

[0101] **Fig.** 2A zeigt eine schematisierte Darstellung einer Computernetz-Infrastruktur, welche unter anderem Komponenten gemäß **Fig.** 1 umfasst. Insbesondere ist ein Task-Server **1** über ein Netzwerk N2 an einen Relay-Server **5** angebunden, während der Relay-Server **5** über ein Netzwerk N3 an einen Task-Server **2** angebunden ist. Zusätzlich sind zwei Bearbeitungs-Computersysteme, nämlich ein so genannter Admin-Client **10** und ein weiterer Server **11**, eingerichtet. Der Admin-Client **10** ist über ein Netzwerk N1 an den Task-Server **1** angebunden, während der Server **11** über ein Netzwerk N4 an den Task-Server **2** angebunden ist.

[0102] Admin-Client **10** und Task-Server **1** sind in einer Zone 1 eingerichtet, während Relay-Server **5**, Task-Server **2** und Server **11** in einer separaten Zone 2 (räumliche Trennung) eingerichtet sind.

[0103] Die beiden Bearbeitungs-Computersysteme, Admin-Client **10** und Server **11** weisen geschlossene Netzwerk-Ports auf (siehe kreuzschraffierte Ein-/Ausgangsebenen), an denen kein laufendes Programm oder kein laufender Dienst für einen Verbindungsaufbau über das Netzwerk N1 oder das Netzwerk N4 vom jeweiligen Task-Server **1** oder **2** aus ermöglicht ist. Auf diese Weise sind Admin-Client **10** und Server **11** eingekapselte Systeme (ähnlich dem Verhalten des Relay-Servers **5** in diesem Zusammenhang). Der Relay-Server **5** arbeitet gemäß **Fig.** 2 in der gleichen Weise zusammen mit den Task-Servern **1** und **2**, wie in Zusammenhang mit **Fig.** 1 erläutert.

[0104] Ein Daten-Paket kann ausgehend von Admin-Client **10** über Netzwerk N1 auf dem Task-Server **1** abgelegt werden. Beispielsweise kann der Admin-Client **10** in einem Schritt B1 lokal einen Prozess (Task) initiieren, welcher in einem Schritt B2 auf dem Server **11** ausgeführt werden soll. Dieser Prozess kann beispielsweise in einer Task-Datei definiert und festgelegt werden, welche über die Topologie des Task-Servers **1**, des Relay-Servers **5** und des Task-Servers **2** auf den Server **11** übertragen wird, dort analysiert wird und ein entsprechender Prozess anhand der Task-Datei ausgelöst wird.

[0105] Zum Übertragen der Task-Datei von Task-Server **1** aus Zone 1 hin zu Relay-Server **5** in Zone 2 und schließlich zu Task-Server **2** wird das Verfahren herangezogen, wie es gemäß **Fig.** 1 erläutert worden ist. Zum Übertragen der Task-Datei auf den Server **11** vollführt Task-Server **2** schließlich über das Netzwerk N4 einen Port-Knocking-Prozess gegenüber Server **11**, sodass dieser die Task-Datei vom Task-Server **2** abholt und in Schritt B2 einen entsprechenden Prozess lokal ausführt.

[0106] In **Fig.** 2A wird der Vorteil des Relay-Servers **5** zur Trennung verschiedener Sicherheitszonen (Zone 1 und Zone 2) deutlich. Beispielsweise können in Zone 1 Arbeitsplatz-Rechner (Admin-Client **10**) eingerichtet sein, zu denen Administratoren physischen/logischen Zugang haben. In Zone 2 dagegen ist beispielsweise ein Rechenzentrum (Server **11**) eingerichtet, auf dem sichere Daten logisch verarbeitet werden. Zur Steuerung des Rechenzentrums kann ein Administrator aus Zone 1 einen Prozess initiieren, welcher z.B. in Form einer Anweisung vermittels des

Relay-Servers **5** in Zone 2 transportiert wird und dort lokal verarbeitet werden kann.

[0107] Die Sicherheitszonen, Zone 1 und Zone 2, können beispielsweise physisch und/oder logisch getrennte Sicherheitszonen bilden. Beispielsweise können einzelne Computersysteme getrennt voneinander in Hochsicherheits-Racks mit entsprechendem physischem Zugriffsschutz eingerichtet sein. Ein logischer Zugriffsschutz bzw. eine logische Abschottung der beiden Sicherheitszonen ergibt sich aufgrund des Relay-Servers **5**.

[0108] Somit haben Administratoren oder auch interne oder externe Angreifer, welche den Admin-Client **10** beherrschen, keinen Zugriff aus Zone 1 vermittels der Netzwerke N1 und N2 (via Task-Server **1**) auf den Server **11** in Zone 2, welcher durch den Relay-Server **5** geblockt ist. Andererseits hat ein Mitarbeiter oder interner/externer Angreifer (Cracker), der in den Server **11** in Zone 2 eingedrungen ist, keinen Zugriff vermittels der Netzwerke N3 und N4 (via Task-Server **2**) auf den Admin-Client **10** in Zone 1, da dieser durch den Relay-Server **5** geblockt ist. Die Möglichkeit, von einer Sicherheitszone in eine andere einzudringen, wird also von beiden Seiten vermittels des Relay-Servers **5** drastisch erschwert (bzw. unwahrscheinlicher).

[0109] **Fig.** 2B zeigt eine Variante der Konfiguration von **Fig.** 2A mit einfacherer Netzwerkstruktur. In **Fig.** 2B sind sowohl der Admin-Client **10** als auch der Task-Server **1** in Zone 1 über ein erstes Netzwerk N1 unmittelbar an den Relay-Server **5** aus Zone 2 angebunden. In der Zone 2 sind der Server **11** sowie der Task-Server **2** über ein zweites Netzwerk N2 an den Relay-Server **5** angebunden. Somit umfasst die Topologie gemäß **Fig.** 2B im Gegensatz zur Topologie aus **Fig.** 2A lediglich zwei unterschiedliche Netzwerke. Ein Transport von Daten-Paketen bzw. Task-Dateien vom Admin-Client **10** über den Task-Server **1**, den Relay-Server **5** und den Task-Servers **2** hin zum Server **11** (vergleiche Schritte B1 und B2) kann analog zu dem oben gemäß **Fig.** 2A erläuterten Ablauf erfolgen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass ein Transport in Zone 1 lediglich über das einzige Netzwerk N1 und in Zone 2 lediglich über das einzige Netzwerk N2 erfolgt.

[0110] **Fig.** 3 zeigt eine schematisierte Darstellung zumindest eines Teils einer Computernetz-Infrastruktur, umfassend einen Task-Server **1**, einen Relay-Server **6** sowie als Bearbeitungs-Computersystem einen Server **11**. Task-Server **1** und Relay-Server **6** sind über ein erstes Netzwerk N1 verbunden, während Relay-Server **6** und Server **11** über ein zweites Netzwerk N2 verbunden sind. Der Server **11** ist – wie bereits oben im Zusammenhang mit den **Fig.** 2A und **Fig.** 2B erläutert – ein eingekapseltes System mit geschlossenen Netzwerk-Ports, sodass Server **11** nicht über ein laufendes Programm oder einen laufenden Dienst von außen für einen Verbindungsaufbau ansprechbar ist.

[0111] Der Relay-Server **6** unterscheidet sich zu einem Relay-Server **5** gemäß den Erläuterungen zu **Fig.** 1 bis **Fig.** 2B dadurch, dass der Relay-Server **6** gemäß **Fig.** 3 lediglich zum Task-Server **1** (d.h. zum Netzwerk N1 hin) geschlossene Netzwerk-Ports aufweist. Dies ist durch eine kreuzschraffierte Kommunikationsebene in Richtung Netzwerk N1 am Relay-Server **6** verdeutlicht.

[0112] In Richtung des Servers **11**, d. h. in Richtung zum Netzwerk N2 hin, verfügt der Relay-Server **6** dagegen über zumindest einen geöffneten Netzwerk-Port, sodass der Relay-Server **6** vom Server **11** aus über einen laufenden Dienst via Netzwerk N2 ansprechbar und ein Verbindungsaufbau von Server **11** aus möglich ist.

[0113] Gemäß **Fig.** 3 ist der Relay-Server **6** somit ein gemischt geöffnetes und geschlossenes System bzw. ein hybrides Vermittlungs-Computersystem zwischen dem Task-Server **1** und dem Server **11**. Eine derartige Konfiguration ist bei der Struktur gemäß **Fig.** 3 notwendig, damit Server **11** und Relay-Server **6** über Netzwerk N2 miteinander kommunizieren können. Hätte der Relay-Server **6** in Richtung Netzwerk N2 sämtliche Netzwerk-Ports geschlossen (wie dies der Fall gegenüber Netzwerk N1 ist), so könnte kein Datenaustausch zwischen dem Relay-Server **6** und dem Server **11** stattfinden, weil von beiden Seiten aus kein Verbindungsaufbau zum jeweils anderen Computersystem möglich wäre.

[0114] Gemäß der Konfiguration aus **Fig.** 3 erfolgt in einer ersten Übertragungsrichtung C1 vom Task-Server **1** zum Relay-Server **6** und vom Relay-Server **6** zum Server **11** ein Transport von Daten-Paketen jeweils derart, dass zunächst Task-Server **1** an den geschlossenen Netzwerk-Ports des Relay-Servers **6** vermittels des Netzwerks N1 ein Port-Knocking durchführt, woraufhin Relay-Server **6** von sich aus eine Verbindung zu Task-Server **1** aufbaut und ein Abholen der Daten-Pakete vom Task-Server **1** zu sich initiiert.

[0115] Selbiges geschieht nachfolgend zwischen dem Relay-Server **6** und dem Server **11**, wobei der Relay-Server **6** an den geschlossenen Netzwerk-Ports des Servers **11** vermittels des Netzwerks N2 ein Port-Knocking durchführt, sodass der Server **11** von sich aus Relay-Server **6** über das Netzwerk N2 ansprechen kann, eine Verbindung aufbaut und die Daten-Pakete zu sich abholt.

[0116] In der umgekehrten Transportrichtung C2 von Server **11** auf den Relay-Server **6** und schließlich auf den Task-Server **1** erfolgt eine direkte Übertragung

von Daten-Paketen ohne ein erforderliches Port-Knocking, da jeweils eine erreichbare Instanz (Relay-Server **6** und Task-Server **1**) vorhanden ist, auf die das jeweilige Computersystem (Server **11** bzw. Relay-Server **6**) zugreifen kann.

[0117] Vorteilhaft werden bei der Konfiguration in **Fig.** 3 verschiedene Übertragungsprotokolle zur Weiterleitung von Daten-Paketen zwischen den einzelnen Computersystemen eingesetzt. So wird in der Übertragungsrichtung C1 zwischen dem Task-Server **1** und dem Relay-Server **6** ein erstes Übertragungsprotokoll P1 verwendet, wobei der Relay-Server **6** nach Abholen von Daten-Paketen zu sich einen Wechsel des Übertragungsprotokolls vornimmt, sodass eine weitere Übertragung von Daten-Paketen zum Server **11** hin über ein zweites Übertragungsprotokoll P2 stattfindet.

[0118] Umgekehrt erfolgt in der Transportrichtung C2 ein Übertragen von Daten-Paketen vom Relay-Server **6** auf den Task-Server **1** gemäß einem dritten Übertragungsprotokoll P3, während eine Übertragung von Daten-Paketen von Server **11** auf den Relay-Server **6** über ein viertes Übertragungsprotokoll P4 stattfindet.

[0119] Auf diese Weise findet richtungsabhängig (C1 und C2) in einem jeweiligen Übertragungsweg jeweils vor und nach dem Relay-Server **6** ein unterschiedliches Übertragungsprotokoll (P1 bis P4) Anwendung. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass Sicherheitsprobleme in einem einzigen Protokoll ein Versagen der Sicherheitsmechanismen innerhalb der Computernetz-Infrastruktur bedeuten können. Vielmehr müssten für den jeweiligen dargestellten Pfad (C1 und C2) jeweils beide verwendeten Protokolle (vergleiche P1 und P2 bzw. P3 und P4) angegriffen werden, was deutlich unwahrscheinlicher bzw. schwieriger ist als ein Angriff auf ein einzelnes Protokoll und was damit eine größere Sicherheit bietet als die Verwendung nur eines einzelnen Protokolls.

[0120] Abweichend von der Konfiguration gemäß **Fig.** 3 können auch mehrere Relay-Server **6**, unter Umständen gemischt mit Relay-Servern **5** gemäß den **Fig.** 1 bis **Fig.** 2B, eingesetzt werden, sodass vielerlei Kombinationsmöglichkeiten, gepaart mit einem Wechsel von Übertragungsprotokollen denkbar ist, um die Sicherheit innerhalb der Computernetz-Infrastruktur weiter zu erhöhen.

[0121] Eine solche denkbare Konfiguration ist gemäß **Fig.** 4 dargestellt. Hierbei ist eine Computernetz-Infrastruktur mit insgesamt drei Sicherheitszonen gezeigt. Innerhalb einer Zone 0 (in der Mitte) befinden sich drei Relay-Server **5**, **6** und **7**, wobei ein zentraler Relay-Server **5** jeweils in beide Richtungen zu einem Netzwerk N3 und zu einem Netzwerk N4 hin abgeschottet ist und geschlossene Netzwerk-Ports aufweist. Auf diese Weise bildet der Relay-Server **5** als zentrales Vermittlungs-Computersystem eine komplette Abschottung in beide Übertragungsrichtungen.

[0122] Im Gegensatz zu Relay-Server **5** sind die beiden anderen Relay-Server **6**, **7** als außenstehende Vermittlungs-Computersysteme zur Weiterleitung von Daten-Paketen aus der Zone 0 heraus in Richtung Zone 1 bzw. in Richtung Zone 2 jeweils lediglich in Richtung eines Netzwerks N1 in Zone 1 (vergleiche Relay-Server **6**) bzw. in Richtung eines Netzwerks N2 in Zone 2 (vergleiche Relay-Server **7**) abgeschottet und weisen nur in diesen Richtungen geschlossene Netzwerk-Ports auf (vergleiche kreuzschraffierte Ein-/Ausgangsebenen der jeweiligen Relay-Server **5**, **6** und **7** aus Zone 0).

[0123] Die Relay-Server **6** und **7** weisen jedoch in Richtung des zentralen Relay-Servers **5** jeweils zumindest einen geöffneten Netzwerk-Port auf, sodass die Relay-Server **6** und **7** für eine Kommunikation mit dem Relay-Server **5** zumindest über einen laufenden Dienst vom Relay-Server **5** aus ansprechbar sind. Somit bildet die Zone 0 eine zentrale Sicherheitszone, welche durch die Konfiguration der Relay-Server **5**, **6** und **7** die beiden Zonen 1 und 2 (periphere Kommunikations-Zonen) gegenseitig abschottet. Ein Angriff auf einzelne Computersysteme in einer der beiden Zonen (Zone 1 oder Zone 2) kann somit durch die Relay-Server aus Zone 0 abgeblockt werden und kann sich nicht über die Zone 0 hinaus auf die andere Zone (Zone 1 oder Zone 2) ausbreiten.

[0124] Eine derartige Sicherheitshürde der Zone 0 kann dadurch verstärkt werden, dass zwischen den einzelnen Computersystemen, insbesondere in den einzelnen Netzwerken N1, N2, N3 und N4, jeweils unterschiedliche Übertragungsprotokolle P1 bis P4 eingesetzt werden. Gegebenenfalls kann ein Wechsel von Übertragungsprotokollen auch gemäß **Fig.** 4 richtungsabhängig zwischen einzelnen Computersystemen erfolgen. Konkret ist in **Fig.** 4 die Verwendung eines Übertragungsprotokolls P1 innerhalb des Netzwerks N1, eines Übertragungsprotokolls P2 innerhalb des Netzwerks N3, eines Übertragungsprotokolls P3 innerhalb des Netzwerks N4 und eines Übertragungsprotokolls P4 innerhalb des Netzwerks N2 dargestellt.

[0125] In den jeweiligen peripheren Zonen, Zone 1 und Zone 2, sind beispielhaft jeweils ein Bearbeitungs-Computersystem, Server **10** bzw. Server **11** sowie ein Vermittlungs-Computersystem, Task-Server **1** sowie Task-Server **2**, eingerichtet. Beispielsweise kann eine Übertragung von Daten-Paketen von Server **10** aus Zone 1 in Richtung von Server **11** in Zone 2 initiiert werden. Hierzu werden die Daten-Pakete in einer Übertragungsrichtung D1 von Server **10**

unmittelbar auf Task-Server **1** in Zone 1 übertragen. Dies geschieht via Netzwerk N1. Anschließend holt der Relay-Server **6** aus Zone 0 nach einem Port-Knocking des Task-Servers **1** hin zu Relay-Server **6** die Daten-Pakete von Task-Server **1** ab, wechselt das Übertragungsprotokoll von Protokoll P1 auf Protokoll P2 und führt ein Port-Knocking hin zu Relay-Server **5** in Zone 0 durch. Anschließend holt Relay-Server **5** über das Übertragungsprotokoll P2 innerhalb des Netzwerks N3 das Daten-Paket von Relay-Server **6** ab.

[0126] Nachdem für den Relay-Server **5** der Relay-Server **7** unmittelbar ansprechbar ist, überträgt Relay-Server **5** das Daten-Paket gemäß einem weiter gewechselten Übertragungsprotokoll P3 über das Netzwerk N4 auf Relay-Server **7**. Ferner überträgt Relay-Server **7** das Daten-Paket nach einem erneuten Protokollwechsel auf ein Übertragungsprotokoll P4 vermittels des Netzwerks N2 auf den direkt ansprechbaren Task-Server **2** aus Zone 2. Task-Server **2** führt anschließend über das Netzwerk N2 ein Port-Knocking zu Server **11** durch, wobei Server **11** in einem letzten Schritt über das Netzwerk N2 den Task-Server **2** anspricht und das Daten-Paket zu sich abholt.

[0127] **Fig.** 4 zeigt somit eine hybride Computernetz-Infrastruktur durch Verwendung hybrider Vermittlungs-Computersysteme, umfassend ansprechbare Task-Server **1** und **2**, richtungsabhängig geöffnete und geschlossene (ansprechbare und nicht-ansprechbare) Vermittlungs-Computersysteme, Relay-Server **6** und **7** sowie ein gänzlich abgeschottetes (gänzlich nicht-ansprechbares) Vermittlungs-Computersystem, nämlich Relay-Server **5**. Dennoch ist eine Kommunikation und Weiterleitung von Daten-Paketen ausgehend von einem Bearbeitungs-Computersystem, Server **10** oder Server **11**, in einer Zone 1 bzw. 2 hin zu einem anderen Bearbeitungs-Computersystem, Server **10** oder **11** einer anderen Zone, Zone 1 oder Zone 2, möglich.

[0128] Die drei Zonen, Zone 0, 1 und 2, sind vorteilhaft räumlich getrennt und mit jeweiligen Zugangs-Sicherheitssystemen abgeriegelt. Vorteilhaft ist Zone 0 ein Bereich, der von Personal aus Zone 1 bzw. Zone 2 nicht zugänglich sein darf. Ein mögliches Angriffs-Szenario eines Crackings (Einbruch auf EDV-Ebene in ein Computersystem aus Zone 1 oder Zone 2) wird durch mehrfach verriegelte Systeme sowie unterschiedliche Übertragungsprotokolle (jeweils für Direktübertragung und Abholung von Daten-Paketen) sehr stark erschwert. Auf der physischen Ebene ermöglichen weder der manipulative Zugriff auf das Netzwerk N1 in Zone 1 noch der Zugriff auf das Netzwerk N2 in Zone 2 Vorteile für weiterführende Angriffs-Aktionen. Ein Transport von Daten-Paketen ist (wie im Zusammenhang mit der Übertragungsrichtung D1 oben erläutert) von Server **10** zu Server **11** möglich. Der Transport in der anderen Richtung erfolgt analog.

[0129] In **Fig.** 5 ist eine Abschottung einer größeren Anzahl von Zonen exemplarisch für vier Zonen, Zone 1 bis Zone 4, gezeigt. Dargestellt ist ein Transport von Daten-Paketen von einem Server **10** in Zone 1 zu einem Server **11** in Zone 2 gemäß einem Verfahren E1, ein Transport von einem Server **12** in Zone 3 zum Server **11** in Zone 2 gemäß einem Verfahren E2 sowie ein Transport von einem Server **13** in Zone 4 zum Server **10** in Zone 1 gemäß einem Verfahren E3.

[0130] In Zone 0, welche in **Fig.** 5 mittig angeordnet ist, sind fünf Relay-Server **5**, **6**, **7**, **8** und **9** angeordnet, wobei Relay-Server **5** das Zentrum bildet und sämtliche Netzwerk-Ports geschlossen hält, sodass über die jeweiligen Netzwerke N5, N6, N7 und N8 keinerlei Verbindungsaufbau zum Relay-Server **5** möglich ist. Umgekehrt kann der Relay-Server **5** jedoch die anderen Relay-Server **6**, **7**, **8** und **9** in der Zone 0 über die entsprechenden Netzwerke ansprechen, weil die Relay-Server **6**, **7**, **8** und **9** in Richtung zum Relay-Server **5** hin zumindest jeweils einen für diese Zwecke geöffneten Netzwerk-Port mit einem laufenden Dienst für einen Verbindungsaufbau offen halten.

[0131] Eine Kommunikation in der Struktur gemäß **Fig.** 5 kann somit „sternförmig“ von einer peripheren Zone nach innen in Zone 0 bzw. aus der Zone 0 in die Peripherie heraus erfolgen. Daten-Pakete können beispielsweise vom Server **10** aus Zone 1 vermittels des Netzwerks N1 über den Task-Server 1 auf den Relay-Server **6** in Zone 0 transportiert werden, wobei die Daten-Pakete dann über Netzwerk N5 nach einem Port-Knocking von Relay-Server **6** auf Relay-Server **5** von letzterem abgeholt werden und entsprechend weitertransportiert werden. Gemäß einem Transportverfahren E1 von Server **10** aus würde beispielsweise ein Daten-Paket vom Relay-Server **5** auf den Relay-Server **9** via Netzwerk N7 übertragen und von Relay-Server **9** auf den Task-Server **2** in Zone 2 transportiert. Von dort kann das Daten-Paket dann durch Server **11** über das Netzwerk N2 abgeholt werden. Ein analoger Transport von Daten-Paketen gemäß den in **Fig.** 5 dargestellten Transportrouten E2 von Server **12** in Zone 3 aus und E3 von Server **13** in Zone 4 aus erfolgt analog.

[0132] Die Verbindung der in **Fig.** 5 exemplarisch dargestellten vier Sicherheitszonen mit einer zentralen Vermittlungszone 0 erfolgt in einem Stern, dessen Zentrum der abgeschottete Relay-Server **5** bildet. Die für **Fig.** 4 erläuterten Aussagen bezüglich der Sicherheit gegen physische und logische Angriffe treffen bei der in **Fig.** 5 dargestellten Konfiguration genauso zu. Eine sternförmige Konstellation gemäß **Fig.** 5 benötigt sehr wenige Ressourcen im Vergleich zur Konfiguration gemäß **Fig.** 4 und ermöglicht dennoch einen zufriedenstellenden Transport von Daten-

Paketen zwischen unterschiedlichen Zonen 1 bis 4. Beispielsweise seien als Kandidaten für unterschiedliche Sicherheitszonen in einem Rechenzentrum ein Server in einer demilitarisierten Zone (DMZ), sonstige Server, ein Bereich für Bedienpersonal (Operator), ein Bereich für eine Hardware-Steuerung (z.B. von Racks), ein Staging usw. genannt.

[0133] Aufgrund des gänzlich abgeschotteten Relay-Servers **5**, welcher das Zentrum und damit den Kern sämtlicher Übertragungswege zwischen einzelnen Zonen bildet, ist eine Sicherheit gegen ein Ausbreiten von Angriffen auf Computersysteme einzelner Zonen auf andere Sicherheitszonen gewährleistet. Wie bereits zu den vorhergehenden Figuren erläutert, bildet der Relay-Server **5** eine wesentliche Blockade gegen einen ungewollten Zugriff auf im Übertragungsweg dahinter liegende Computersysteme. Auf diese Weise wird durch ein kaskadiertes Zusammenspiel mehrerer Relay-Server innerhalb der Zone 0 ein Angriffs-Szenario deutlich erschwert bzw. unwahrscheinlicher.

[0134] **Fig.** 6 zeigt eine schematisierte Darstellung einer Computernetz-Infrastruktur mit unterschiedlichen Sicherheitszonen, welche vermittels einer Struktur hybrider Vermittlungs-Computersysteme, wie sie in Bezug auf die **Fig.** 1 bis **Fig.** 5 erläutert worden sind, verbunden sind.

[0135] Nachfolgend wird ein Verfahren für einen gesicherten Zugriff auf ein Bearbeitungs-Computersystem der Computernetz-Infrastruktur gemäß **Fig.** 6 unter Anwendung einer in den vorhergehenden Figuren erläuterten Kommunikation und Weiterleitung von Daten-Paketen zwischen abgesicherten Computersystemen dargestellt.

[0136] Die Computernetz-Infrastruktur gemäß **Fig.** 6 umfasst insgesamt sieben Sicherheitszonen, Zone 0 bis Zone 6, wobei jede Zone ein oder mehrere Bearbeitungs-Computersysteme mit gänzlich geschlossenen Netzwerk-Ports (Verhinderung eines Verbindungsaufbaus von außen) umfasst. Die Zonen 0, 1, 2 und 3 umfassen zudem jeweils zumindest ein Vermittlungs-Computersystem mit zumindest einem für diese Zwecke geöffneten Netzwerk-Port für eine Ansprechbarkeit und einen Verbindungsaufbau von außen zum Austausch von Daten-Paketen zwischen Bearbeitungs-Computersystemen innerhalb einer Sicherheitszone bzw. zum Transport von Daten-Paketen über Netzwerke in andere Sicherheitszonen. Die Zonen 4, 5 und 6 haben kein eigenes Vermittlungs-Computersystem. Diese Aufgabe übernimmt für diese Zonen das Vermittlungs-Computersystem in Zone 0. Diese Topologie ist natürlich nur beispielhaft. Es sind auch andere Konstellationen denkbar.

[0137] Computersysteme mit geschlossenen Netzwerk-Ports sind in **Fig.** 6 ebenfalls durch kreuzschraffierte Ein-/Ausgangsebenen symbolisiert. Computersysteme mit zumindest einem geöffneten Netzwerk-Port sind durch balkenförmige Ein-/Ausgangsebenen symbolisiert. Computersysteme mit temporär selektiv geöffneten Netzwerk-Ports (Erläuterungen weiter unten) sind durch einfach schraffierte Ein-/Ausgangsebenen symbolisiert.

[0138] Eine Zone 0 ist zentral angeordnet und umfasst einen Relay-Server **5** sowie einen Task-Server **4**. Der Relay-Server **5** umfasst die Funktionalität, wie sie bereits im Zusammenhang mit Relay-Servern gemäß den **Fig.** 1 bis **Fig.** 5 erläutert worden ist. Insbesondere ist der Relay-Server **5** gänzlich abgeschlossen mit geschlossenen Netzwerk-Ports, sodass ein Verbindungsaufbau über Netzwerk von außen auf Relay-Server **5** nicht möglich ist. Umgekehrt kann Relay-Server **5** jedoch von sich aus verschiedene Vermittlungs-Computersysteme (Task-Server), welche zumindest einen Netzwerk-Port mit einem laufenden Dienst offenhalten, ansprechen und einen Verbindungsaufbau dorthin initiieren. Innerhalb der Zone 0 kann Relay-Server **5** über Netzwerk N9 auf den Task-Server **4** zugreifen. Es ist denkbar, die Zone 0 in **Fig.** 6 zur weiteren Erhöhung der Sicherheit gemäß einer Zone 0 aus **Fig.** 5 zu realisieren. Dann wären auch die Zonen 4, 5 und 6 aus **Fig.** 6 jeweils mit zumindest einem Vermittlungs-Computersystem auszustatten.

[0139] Die Kommunikation innerhalb der Struktur gemäß **Fig.** 6 verläuft sternförmig von einer peripheren Sicherheitszone hin zum Zentrum (Zone 0) und von dort wiederum in die Peripherie.

[0140] Die einzelnen peripheren Sicherheitszonen werden nachfolgend erläutert.

Zone 1:

[0141] In Zone 1 ist ein Bearbeitungs-Computersystem in Form eines Key-Servers **10** mit einem daran angebundenen Speicher SP untergebracht. Der Key-Server **10** hält sämtliche Netzwerk-Ports geschlossen und hat keinerlei laufenden Dienst oder laufende Programme für einen Verbindungsaufbau von außen eingerichtet. Der Key-Server **10** stellt eine von mehreren Sicherheits-Instanzen dar. Im Key-Server **10** sind Routing-Informationen für ein automatisiertes Routing innerhalb der Computernetz-Infrastruktur hinterlegt. Optional hält der Key-Server **10** personengebundene Sicherheitsdaten, Identifikationsdaten bzw. sonstige Schlüssel, Passwörter usw. vor. Ferner verwaltet der Key-Server **10** optional vordefinierte „Formular-Daten“ zur Erstellung eines automatisierten Prozesses für einen Zugriff auf ein abgesichertes Computersystem innerhalb der Computernetz-Infrastruktur. Alternativ werden die genannten Daten während eines Routings in anderen Bearbeitungs-Computersystemen für temporäre Verwendungen gene-

riert oder von einem Benutzer eingegeben. Sämtliche Daten können ggf. verschlüsselt sein, z.B. über eine homomorphe Verschlüsselung.

[0142] Der Key-Server **10** kann über ein Netzwerk N6 innerhalb der Zone 1 mit dem Task-Server **1** kommunizieren, um auf diesem Daten-Pakete abzulegen oder von dort abzuholen. Nach außen ist die Zone 1 über Netzwerk N5 an die Zone 0 angebunden.

Zone 2:

[0143] Zone 2 umfasst zwei Bearbeitungs-Computersysteme, welche in **Fig.** 6 als Security-Responsible **11** und Security-Responsible **12** deklariert sind. Diese beiden Systeme halten jeweils sämtliche Netzwerk-Ports geschlossen und sind (ähnlich zum Key-Server **10** aus Zone 1) nicht über Netzwerk erreichbar. Security-Responsible **11** und **12** sind weitere Sicherheits-Instanzen. Diese können z.B. vorbestimmte Sicherheits- oder Authentifizierungs-Dateien (vom Key-Server **10** vermittels eines Routings) zu sich abholen, lokal bearbeiten und in der Struktur weiterverteilen. Security-Responsible **11** und **12** können aber auch selbst Sicherheits- oder Authentifizierungs- Dateien generieren oder durch einen Benutzer eingebbar sein und im Prozess entlang eines Routings weiterverteilen. Security-Responsible **11** und **12** dienen beispielsweise zum Vergeben und Festlegen von Sicherheitskriterien für einen gesicherten Zugang zu einem Bearbeitungs-Computersystem innerhalb der Computernetz-Infrastruktur.

[0144] Für eine Kommunikation und Weiterleitung von Daten-Paketen sind Security-Responsible **11** und **12** über ein Netzwerk N7 innerhalb der Zone 2 an einen Task-Server **2** angebunden, welcher seinerseits zumindest einen Netzwerk-Port offen hält, sodass Security-Responsible **11** und **12** auf Task-Server **2** zugreifen können und eine Verbindung aufbauen können, um beispielsweise Daten-Pakete zu sich abzuholen. Nach außen ist Zone 2 über ein Netzwerk N4 mit Zone 0 verbunden.

Zone 3:

[0145] In Zone 3 ist ein Bearbeitungs-Computersystem in Form eines Admin **13** eingerichtet, welcher geschlossene Netzwerk-Ports aufweist und über Netzwerk N8 an einen Task-Server **3** zum Abholen bzw. Übertragen von Daten-Paketen angebunden ist. Auch der Admin **13** stellt eine Sicherheits-Instanz dar, welche beispielsweise einen vorbestimmten Benutzerkreis von Personen für einen dedizierten Zugriff auf ein Bearbeitungs-Computersystem innerhalb der Computernetz-Infrastruktur festlegen kann. Zone 3 ist über ein Netzwerk N3 nach außen mit Zone 0 verbunden.

Zone 4:

[0146] Zone 4 stellt gemäß **Fig.** 6 die eigentliche Zugriffs-Zone für einen Zugriff auf ein Bearbeitungs-Computersystem dar und umfasst ein Bearbeitungs-Computersystem, nämlich einen sogenannten Special-Access-Client **14**. Dieser umfasst geschlossene Netzwerk-Ports und stellt ein Zugriffs-Computersystem für einen Zugriff auf ein weiteres Bearbeitungs-Computersystem innerhalb der Computernetz-Infrastruktur dar. Der Special-Access-Client **14** kann beispielsweise ein Rechner sein, der abgesichert ist, d. h. in einem speziell geschützten Raum lokalisiert ist. Weiterhin können übliche Sicherheitsmaßnahmen (z. B. eine Dateisystem-Verschlüsselung) vorgesehen sein. Ferner kann der Special-Access-Client **14** zusätzlich durch weitere physische Sicherungsmaßnahmen vor einem unerlaubten physischen Zugriff geschützt sein. Zone 4 ist beispielhaft über ein Netzwerk N2 nach außen mit Zone 0 verbunden.

Zone 5:

[0147] Gleichzeitig stellt das Netzwerk N2 auch eine Anbindung an Zone 5 dar, welche in **Fig.** 6 als eine erste Server-Zone mit zwei Servern **15**, **16** eingerichtet ist.

Zone 6:

[0148] Eine weitere Server-Zone (Zone 6), beispielhaft umfassend zwei weitere Server **17**, **18**, ist über ein Netzwerk N1 sowohl mit Zone 0 als auch mit Zone 4 verbunden.

[0149] Die jeweiligen Server **15** bis **18** aus Zone 5 und Zone 6 bilden Bearbeitungs-Computersysteme zur lokalen Verarbeitung von vorbestimmten Daten. Beispielsweise können die Server **15** bis **18** als Datenbank-Server eingerichtet sein. Generell haben die Server **15** bis **18** in den dargestellten Netzen geschlossene Netzwerk-Ports und sind von außen nicht ansprechbar bzw. unterdrücken einen Verbindungsaufbau. Allerdings sind die Server dezidiert freischaltbar, sodass über den Special-Access-Client **14** aus Zone 4 auf selektiv geöffnete Server zugegriffen werden kann.

[0150] Beispielhaft sind solche selektiv geöffneten Server der Server **16** aus Zone 5 und der Server **17** aus Zone 6. Ein selektives Öffnen eines vorbestimmten Netzwerk-Ports ist bei diesen Servern durch eine einfach schraffierte Ein-/Ausgangsebene symbolisiert.

[0151] Nachfolgend wird anhand mehrerer Verfahrensschritte F1 bis F7 ein gesichertes Zugriffs-Verfahren auf die Server **16** und **17** der Zonen 5 und 6 vermittels des Special-Access-Clients **14** aus Zone 4 erläutert.

[0152] In einem Schritt F1 erfolgt eine Initiierung eines Tasks für einen gesicherten Zugriff auf die beiden Server **16** und **17** aus Zone 5 und 6. Hierzu sendet der Security-Responsible **11** aus Zone 2 eine Anfrage-Datei, die über das Netzwerk N7, den Task-Server **2**, das Netzwerk N4, vermittels eines Port-Knockings auf Relay-Server **5** und nachfolgendes Abholen durch Relay-Server **5**, sowie über das Netzwerk N5, Task-Server **1** und Netzwerk N6 auf den Key-Server **10** übertragen wird (nach einem Port-Knocking von Task-Server **1** auf Key-Server **10** und anschließendes Abholen der Anfrage-Datei von Task-Server **1** durch Key-Server **10**).

[0153] Im Key-Server **10** in Zone 1 wird ein entsprechendes „Formular" mit festgelegten notwendigen Schritten für einen Zugriff auf die Server **16** und **17** aus Zone 5 und Zone 6 vermittels des Special-Access-Clients **14** in Zone 4 ausgewählt und eine entsprechende Sicherheits-Datei erstellt. Diese wird in einem Verfahrensschritt F2 vom Key-Server **10** über einen inversen Kommunikationspfad via Zone 0 zum Security-Responsible **11** in Zone 2 rückübertragen. Das Formular kann dann (ggf. automatisiert) durch den Security-Responsible **11** in Zone 2 ausgefüllt und um notwendige Sicherheits-Informationen (z.B. wer, was, wann für einen Zugriff auf die Server **16** und **17** aus Zone 5 und Zone 6 zu tun hat) ergänzt werden.

[0154] Anschließend überträgt der Security-Responsible **11** in Schritt F3 über das Netzwerk N7 und den Task-Server **2** das vorausgefüllte Formular auf den Security-Responsible **12** innerhalb der gleichen Zone 2.

[0155] Der Security-Responsible **12** kann dann die übertragene Sicherheits-Datei um weitere notwendige Sicherheits-Informationen ergänzen, den bereits eingetragenen Sicherheits-Informationen zustimmen und/oder die Sicherheits-Datei mit einem privaten Schlüssel signieren.

[0156] In einem weiteren Schritt F4 wird die ergänzte, bearbeitete und/oder signierte Sicherheits-Datei vom Security-Responsible **12** aus Zone 2 über Netzwerk N7, Task-Server **2**, Netzwerk N4, Relay-Server **5** in Zone 0, Netzwerk N3, Task-Server **3** in Zone 3 und dortigem Netzwerk N8 auf den Admin **13** übertragen. In diesem Bearbeitungs-Computersystem wird die Sicherheits-Datei weiterverarbeitet. Dies umfasst beispielsweise ein weiteres Bestätigen von Sicherheits-Informationen innerhalb der Sicherheits-Datei, ein Einfügen von weiteren Zugriffs-Informationen (z. B. wer aus einer Benutzergruppe einen dezidierten Zugriff erhalten soll) usw.

[0157] Beispielsweise kann der Admin **13** anhand der übertragenen Sicherheits-Datei und darin festgelegter Zugriffs-Kriterien zwei vorbestimmte Administratoren auswählen, die einen konkreten Zugriff auf die Server **16** und **17** vermittels des Special-Access-Clients **14** erhalten sollen. Alternativ kann auch in der Sicherheits-Datei bereits eine Festlegung von berechtigten Administratoren vorgegeben sein, die durch den Admin **13** nochmals bestätigt werden muss. In diesem Fall hätte der Admin **13** keine darüber hinaus gehenden Rechte. Diese Informationen hinterlegt Admin **13** in der Sicherheits-Datei und überträgt diese in einem weiteren Schritt F5 vermittels des Netzwerks N8, des Task-Servers **3**, des Netzwerks N3, des Relay-Servers **5** in Zone 0, des Netzwerks N5, des Task-Servers **1** in Zone 1 und des dortigen Netzwerks N6 auf den Key-Server **10**. Im Key-Server **10** bzw. im Speicher SP sind beispielsweise biometrische Daten von potenziellen Zugriffsberechtigten gespeichert. Diese biometrischen Daten können Fingerabdrücke, Handvenen-Scans, Retina-Scans, Stimmenmuster usw., d.h. höchstpersönliche biometrische Identifikationsdaten natürlicher Personen enthalten.

[0158] Es ist jedoch auch denkbar, dass ein anderes Computersystem aus der Computernetz-Infrastruktur die Vorhaltung solcher biometrischer Daten übernimmt. Beispielhaft ist dies in **Fig.** 6 der Key-Server **10** als eine mögliche Sicherheits-Instanz.

[0159] In Key-Server **10** werden anhand der übertragenen Sicherheits-Datei die biometrischen Daten der beiden Administratoren ausgewählt, welche durch den Admin **13** in Zone 3 für einen Zugriff ausgewählt und festgelegt worden sind. Diese biometrischen Daten werden zusammen mit oder eingebettet in die Sicherheits-Datei in einem Schritt F6 vermittels des Netzwerks N6, des Task-Servers **1**, des Netzwerks N5, des Relay-Servers **5** in Zone 0, des Netzwerks N9, des Task-Servers **4** sowie des Netzwerks N2 auf den Special-Access-Client **14** in Zone 4 übertragen.

[0160] Im Special-Access-Client **14** erfolgen als weitere Maßnahmen ein Abfragen von Authentifizierungs-Informationen und ein Überprüfen dieser abgefragten Authentifizierungs-Informationen anhand der in der Sicherheits-Datei hinterlegten biometrischen Daten.

[0161] Hierzu stellt der Special-Access-Client **14** ein Terminal zur Verfügung, an dem biometrische Daten eingelesen und/oder Passwörter abgefragt werden können. Die Passwörter können beispielsweise ein weiteres Sicherheitskriterium darstellen, welches den beiden Administratoren, die einen Zugriff auf die Server **16** und **17** erhalten sollen, zuvor vermittels eines getrennten Mediums unabhängig vom hier beschriebenen System/Prozess (beispielsweise auf Papier) mitgeteilt worden sind. Auf diese Art und Weise müssen sich die beiden Administratoren nach Überwinden einer physischen Zutrittskontrolle (z.B. in einem Hochsicherheits-Rack), welche ebenfalls Authentifizierungen abverlangen kann, am Special-Access-

Client **14** authentifizieren. Stimmen die abgefragten Authentifizierungs-Informationen mit den in der Sicherheits-Datei enthaltenen Informationen überein, so sind die Administratoren am Special-Access-Client **14** authentifiziert.

[0162] Für einen Zugriff auf die Server **16** und **17** in Zone 5 und 6 muss jedoch eine weitere Sicherheitshürde überwunden werden. Denn die Server **16** und **17** haben originär geschlossene Netzwerk-Ports und sind wie die Server **15** und **18** in den jeweiligen Zonen 5 und 6 nicht von außen ansprechbar, sodass kein Verbindungsaufbau zu den Servern **16** und **17** möglich ist. Für einen Zugriff auf die Server **16** und **17** ist somit ein selektives Freischalten notwendig.

[0163] Nach erfolgreicher Authentifizierung der Administratoren am Special-Access-Client **14** in Zone 4 erfolgt in Schritt F7 ein Übertragen einer Zugriffs-Anweisung vom Special-Access-Client **14** über das Netzwerk N2 auf den Task-Server **4** in Zone 0. Dieser führt über das Netzwerk N2 auf Server **16** bzw. über das Netzwerk N1 auf Server **17** ein Port-Knocking durch, sodass die Server **16** und **17** die jeweilige Zugriffs-Anweisung abholen und lokal ausführen können. Dies kann beispielsweise ein erneutes Überprüfen von Sicherheits-Informationen beinhalten.

[0164] Anschließend (im Erfolgsfall einer etwaigen erneuten Überprüfung von Sicherheits-Informationen) erfolgt in den jeweiligen Servern **16** und **17** ein Freischalten eines selektiven Netzwerk-Ports für einen Zugriff vermittels des Special-Access-Clients **14** aus Zone 4. Ein derartiger Zugriff ist vorteilhaft auf die IP-Adresse, gegebenenfalls in Verbindung mit einem bestimmten Quell-Port, des Special-Access-Clients **14** beschränkt. Ein selektiv geöffneter Netzwerk-Port an den Servern **16** und **17** ist durch eine einfach schraffierte Kommunikationsebene symbolisiert.

[0165] Anschließend können die Administratoren am Special-Access-Client **14** in Zone 4 über die Netzwerke N2 bzw. N1 auf die selektiv geöffneten Server **16** und **17** zugreifen, um dort beispielsweise Wartungsarbeiten durchzuführen, Applikationen zu überprüfen, Daten wiederherzustellen usw.

[0166] Damit ist das Zugriffs-Verfahren beendet. Nach einem erfolgten Zugriff, welcher beispielsweise zeitlich beschränkt sein kann (Festlegen vorab, z.B. innerhalb der Sicherheits-Datei) wird der selektiv geöffnete Netzwerk-Port an den jeweiligen Servern **16** und **17** wieder geschlossen, sodass die Server **16** und **17**, wie die Server **15** und **18** in den jeweiligen Zonen 5 und 6 wiederum abgeschottet sind, sodass kein Verbindungsaufbau von außen mehr möglich ist. Dies stellt den originären Zustand der Computernetz-Infrastruktur gemäß **Fig.** 6 wieder her.

[0167] Auf diese Weise ist vermittels einer Struktur hybrider Vermittlungs-Computersysteme, welche durch einen Relay-Server **5** gegebenenfalls in mehrere Sicherheitszonen aufgeteilt ist, eine Kommunikation und Weiterleitung von Sicherheits-Dateien für einen gesicherten Zugriff auf einzelne Bearbeitungs-Computersysteme möglich.

[0168] Sämtliche dargestellten Strukturen, Topologien und Anordnungen von Computersystemen innerhalb der Computernetz-Infrastruktur gemäß den **Fig.** 1 bis **Fig.** 6 sind lediglich beispielhaft und vereinfacht dargestellt. Auf mögliche Einsatzszenarien von Firewalls und ähnlichen Systemen (z. B. sogenannte „Intrusion Detection Systems“, IDS, oder „Intrusion Prevention Systems“, IPS) wurde in den Darstellungen gemäß den **Fig.** 1 bis **Fig.** 6 verzichtet. Derartige Systeme sind jedoch vorteilhaft einzusetzen.

Bezugszeichenliste

1–4	Task-Server
5–9	Relay-Server
10–18	Bearbeitungs-Computersysteme
A1–A10	Verfahrensschritte
B1, B2	Verfahrensschritte
C1, C2	Verfahrensschritte
D1	Verfahrensschritt
E1–E3	Verfahrensschritte
F1–F7	Verfahrensschritte
N1–N9	Netzwerke
P1–P4	Übertragungsprotokolle
SP	Speicher
Zone 0–Zone 6	Sicherheitszonen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kommunikation zwischen abgesicherten Computersystemen in einer Computernetz-Infrastruktur, wobei Daten-Pakete zwischen mehreren aus einer Gruppe von Bearbeitungs-Computersystemen übertragen werden und eine derartige Übertragung vermittels zumindest eines Vermittlungs-Computersystems durchgeführt wird, wobei die Daten-Pakete über zumindest ein Relay-System geleitet werden, das dem Vermittlungs-Computersystem in einem Übertragungsweg der Daten-Pakete nachgeschaltet ist, wobei alle aus der Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme zumindest vorübergehend vorbestimmte Netzwerk-Ports geschlossen halten, so dass ein Zugriff auf ein jeweiliges Bearbeitungs-Computersystem über ein Netzwerk vermittels dieser Netzwerk-Ports verhindert wird, und wobei das Relay-System zumindest gegenüber dem Vermittlungs-Computersystem, dem das Relay-System nachgeschaltet ist, vorbestimmte Netzwerk-Ports geschlossen hält, so dass ein Zugriff auf das Relay-System über ein Netzwerk vermittels dieser Netzwerk-Ports verhindert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Relay-System ein Daten-Paket, welches das Relay-System von dem Vermittlungs-Computersystem erhält, dem das Relay-System nachgeschaltet ist, unmittelbar an ein weiteres Computersystem überträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Relay-System, über das die Daten-Pakete geleitet werden, zwei Vermittlungs-Computersystemen im Übertragungsweg der Daten-Pakete zwischengeschaltet ist, und wobei das Relay-System zumindest gegenüber einem der Vermittlungs-Computersysteme, denen das Relay-System zwischengeschaltet ist, vorbestimmte Netzwerk-Ports geschlossen hält.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Daten-Pakete über mehrere Relay-Systeme geleitet werden, welche in einem Übertragungsweg der Daten-Pakete unmittelbar hintereinandergeschaltet sind, und wobei zwischen jeweils zwei Relay-Systemen eines der Relay-Systeme gegenüber dem anderen Relay-System zumindest einen Netzwerk-Port geöffnet hat, und wobei ein Zugriff auf dieses Relay-System vermittels des geöffneten Netzwerk-Ports zur Weiterleitung der Daten-Pakete erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Daten-Pakete
– im Übertragungsweg vor dem/einem Relay-System anhand wenigstens eines ersten Übertragungsprotokolls übertragen werden und
– im Übertragungsweg nach dem/einem Relay-System anhand wenigstens eines zweiten Übertragungsprotokolls übertragen werden, welches sich von dem wenigstens einen ersten Übertragungsprotokoll unterscheidet.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Daten-Pakete im jeweiligen Übertragungsweg zwischen zwei Bearbeitungs-Computersystemen richtungsabhängig über unterschiedliche Übertragungsprotokolle übertragen werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Daten-Pakete
– im Übertragungsweg vor dem/einem Relay-System vermittels wenigstens eines ersten Netzwerkes übertragen werden und
– im Übertragungsweg nach dem/einem Relay-System vermittels wenigstens eines zweiten Netzwerkes übertragen werden, welches sich von dem wenigstens einen ersten Netzwerk unterscheidet.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Übertragen der Daten-Pakete auf das/ein Relay-System oder auf ein Bearbeitungs-Computersystem die folgenden Schritte umfasst:
– Senden einer vorbestimmten Daten-Sequenz an das Relay-System oder an das Bearbeitungs-Computersystem, wobei die vorbestimmten Netzwerk-Ports des Relay-Systems oder des Bearbeitungs-Computersystems geschlossen sind und wobei die Daten-Sequenz in einer vorbestimmten Reihenfolge einen oder mehrere Netzwerk-Ports des Relay-Systems oder des Bearbeitungs-Computersystems anspricht,
– Überprüfen der gesendeten Daten-Sequenz auf Übereinstimmung mit einer vordefinierten Sequenz im Relay-System oder im Bearbeitungs-Computersystem, sowie
– Veranlassen des Übertragens der Daten-Pakete durch das Relay-System oder das Bearbeitungs-Computersystem, falls die Überprüfung der gesendeten Daten-Sequenz positiv ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei in der Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme zwischen wenigstens
– einem Key-Computersystem,
– einem Zugriffs-Computersystem und
– einem Ziel-Computersystem
unterschieden wird und das Verfahren die weiteren Schritte umfasst:
– Erstellen einer Sicherheits-Datei für einen gesicherten Zugriff auf das Ziel-Computersystem im Key-Computersystem,
– Übertragen der Sicherheits-Datei entlang eines definierten Kommunikationspfades vom Key-Computersystem vermittels des zumindest einen Vermittlungs-Computersystems und des zumindest einen Relay-Systems auf das Zugriffs-Computersystem,
– Überprüfen zuvor abgefragter Authentifizierungs-Informationen durch das Zugriffs-Computersystem anhand der Sicherheits-Datei, sowie
– Freischalten eines selektiven Netzwerk-Ports des Ziel-Computersystems für einen Zugriff vermittels des Zugriffs-Computersystems, falls das Überprüfen der Authentifizierungs-Informationen durch das Zugriffs-Computersystem erfolgreich war.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei in der Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme zusätzlich nach wenigstens einem Autorisierungs-Computersystem unterschieden wird und das Verfahren die weiteren Schritte umfasst:
– Übertragen der Sicherheits-Datei auf das Autorisierungs-Computersystem,
– Ergänzen der Sicherheits-Datei um vorbestimmte Zugriffs-Informationen und/oder Signieren der Sicherheits-Datei im Autorisierungs-Computersystem sowie
– weiteres Übertragen der Sicherheits-Datei im Kommunikationspfad hin zum Zugriffs-Computersystem.

11. Computernetz-Infrastruktur umfassend:
– eine Gruppe von Bearbeitungs-Computersystemen,
– zumindest ein Vermittlungs-Computersystem und
– zumindest ein Relay-System,

wobei die Computernetz-Infrastruktur derart eingerichtet ist, dass Daten-Pakete entlang eines vorbestimmten Übertragungsweges zwischen mehreren Bearbeitungs-Computersystemen vermittels des Vermittlungs-Computersystems und des Relay-Systems übertragbar sind,
wobei das Relay-System dem Vermittlungs-Computersystem im Übertragungsweg der Daten-Pakete nachgeschaltet ist,
wobei alle Bearbeitungs-Computersysteme jeweils eine Zugriffssteuereinheit aufweisen, die eingerichtet ist, zumindest vorübergehend vorbestimmte Netzwerk-Ports zu schließen, so dass ein Zugriff auf ein jeweiliges Bearbeitungs-Computersystem über ein Netzwerk vermittels dieser Netzwerk-Ports verhindert ist, und
wobei das Relay-System eine Zugriffssteuereinheit aufweist, die eingerichtet ist, zumindest gegenüber dem Vermittlungs-Computersystem, dem das Relay-System nachgeschaltet ist, vorbestimmte Netzwerk-Ports zu schließen, so dass ein Zugriff auf das Relay-System über ein Netzwerk vermittels dieser Netzwerk-Ports verhindert ist.

12. Computernetz-Infrastruktur nach Anspruch 11, umfassend wenigstens zwei Vermittlungs-Computersysteme, wobei das Relay-System den Vermittlungs-Computersystemen im Übertragungsweg der Daten-Pakete zwischengeschaltet ist, und wobei die Zugriffssteuereinheit des Relay-Systems eingerichtet ist, zumindest gegenüber einem der Vermittlungs-Computersysteme, denen das Relay-System zwischengeschaltet ist, vorbestimmte Netzwerk-Ports zu schließen.

13. Computernetz-Infrastruktur nach Anspruch 11 oder 12, umfassend mehrere Relay-Systeme, welche in einem Übertragungsweg der Daten-Pakete unmittelbar hintereinandergeschaltet sind, wobei die Zugriffssteuereinheiten der Relay-Systeme derart eingerichtet sind, dass zwischen jeweils zwei Relay-Systemen eines der Relay-Systeme gegenüber dem anderen Relay-System zumindest einen Netzwerk-Port geöffnet hat, so dass ein Zugriff auf dieses Relay-System vermittels des geöffneten Netzwerk-Ports zur Weiterleitung der Daten-Pakete möglich ist.

14. Computernetz-Infrastruktur nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei die Computernetz-Infrastruktur derart eingerichtet ist, dass Daten-Pakete im Übertragungsweg vor dem/einem Relay-System und nach dem/einem Relay-System anhand unterschiedlicher Übertragungsprotokolle übertragbar sind.

15. Computernetz-Infrastruktur nach einem der Ansprüche 11 bis 14, die mehrere Netzwerke umfasst, wobei Computersysteme im Übertragungsweg vor dem/einem Relay-System vermittels wenigstens eines ersten Netzwerkes verbunden sind und wobei Computersysteme im Übertragungsweg nach dem/einem Relay-System vermittels wenigstens eines zweiten Netzwerkes verbunden sind, welches sich von dem wenigstens einen ersten Netzwerk unterscheidet.

16. Computernetz-Infrastruktur nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei die Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme wenigstens
– ein Key-Computersystem,
– ein Zugriffs-Computersystem und
– ein Ziel-Computersystem
umfasst,
wobei das Key-Computersystem eingerichtet ist, eine Sicherheits-Datei für einen gesicherten Zugriff auf das Ziel-Computersystem zu erstellen und entlang eines vorbestimmten Kommunikationspfades vermittels des zumindest einen Vermittlungs-Computersystems und des zumindest einen Relay-Systems an das Zugriffs-Computersystem zu übertragen,
wobei das Zugriffs-Computersystem eingerichtet ist, eine Eingabe von Authentifizierungs-Informationen am Zugriffs-Computersystem abzufragen und diese Authentifizierungs-Informationen anhand der Sicherheits-Datei zu überprüfen, und
wobei das Ziel-Computersystem eingerichtet ist, einen selektiven Netzwerk-Port für einen Zugriff auf das Ziel-Computersystem vermittels des Zugriffs-Computersystems in Abhängigkeit eines Überprüfens der Authentifizierungs-Informationen durch das Zugriffs-Computersystem freizuschalten.

17. Computernetz-Infrastruktur nach Anspruch 16, wobei die Gruppe der Bearbeitungs-Computersysteme zusätzlich wenigstens ein Autorisierungs-Computersystem umfasst, welches eingerichtet ist, die Sicherheits-Datei nach einem Übertragen der Sicherheits-Datei auf das Autorisierungs-Computersystem um vorbestimmte Zugriffs-Informationen zu ergänzen und/oder die Sicherheits-Datei zu signieren, sowie die Sicherheits-Datei im Kommunikationspfad weiter zu übertragen.

18. Computernetz-Infrastruktur nach einem der Ansprüche 11 bis 17, welche eingerichtet ist, ein Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 10 durchzuführen.

19. Computerprogramm-Produkt, welches eingerichtet ist, auf zumindest einem Computersystem ausgeführt zu werden und welches bei dessen Ausführung ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durchführt.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

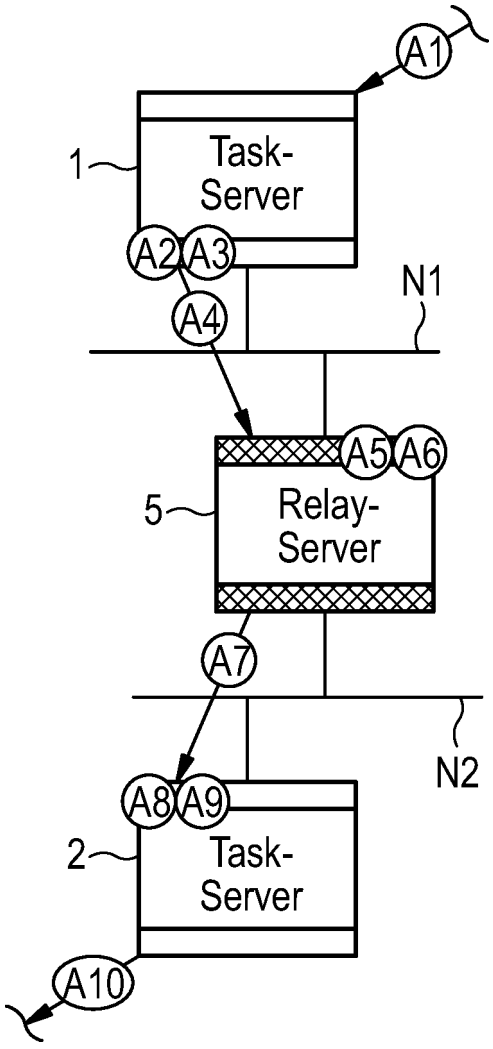


FIG 2A

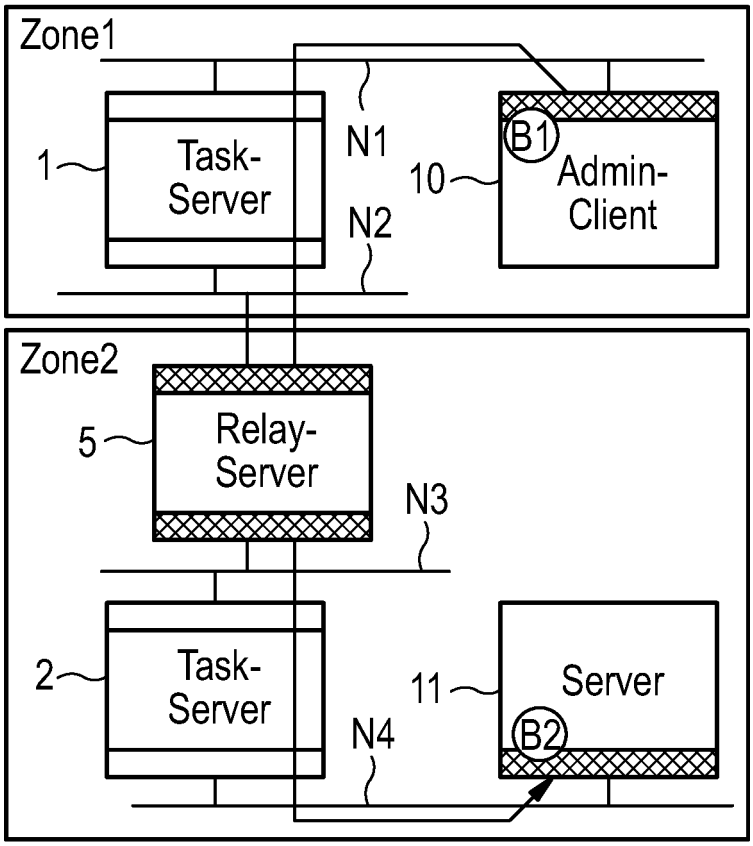

Zone1
1
Task-
Server
N1
N2
10
B1
Admin-
Client
Zone2
5
Relay-
Server
N3
2
Task-
Server
11
Server
B2
N4

FIG 2B

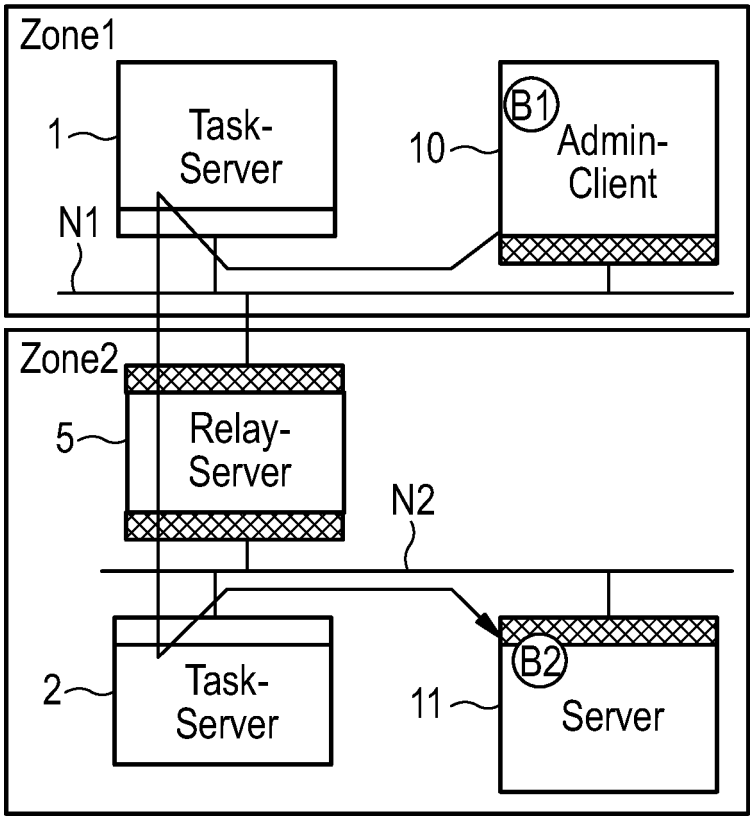

Zone1
1
Task-
Server
N1
10
B1
Admin-
Client
Zone2
5
Relay-
Server
N2
2
Task-
Server
11
B2
Server

FIG 3

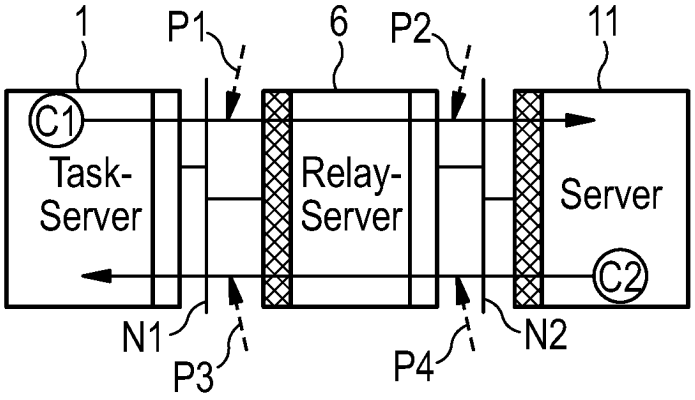

1
P1
6
P2
11
C1
Task-
Server
Relay-
Server
Server
C2
N1
P3
P4
N2

FIG 4

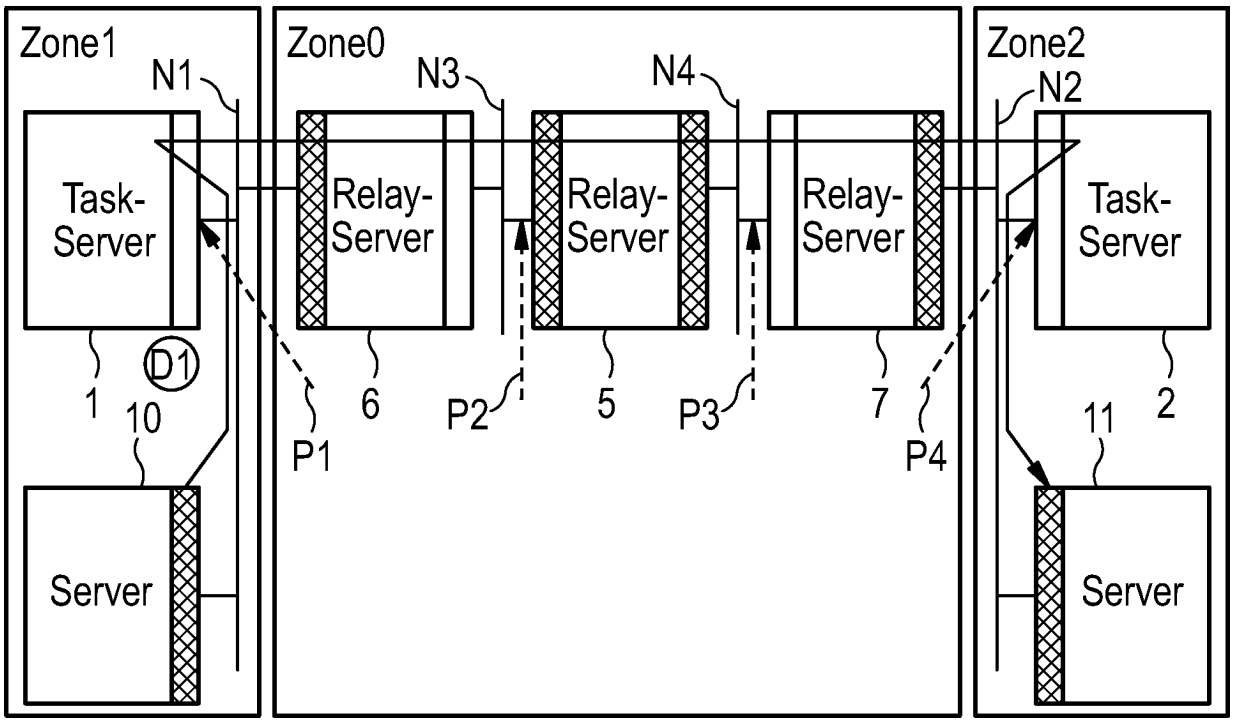
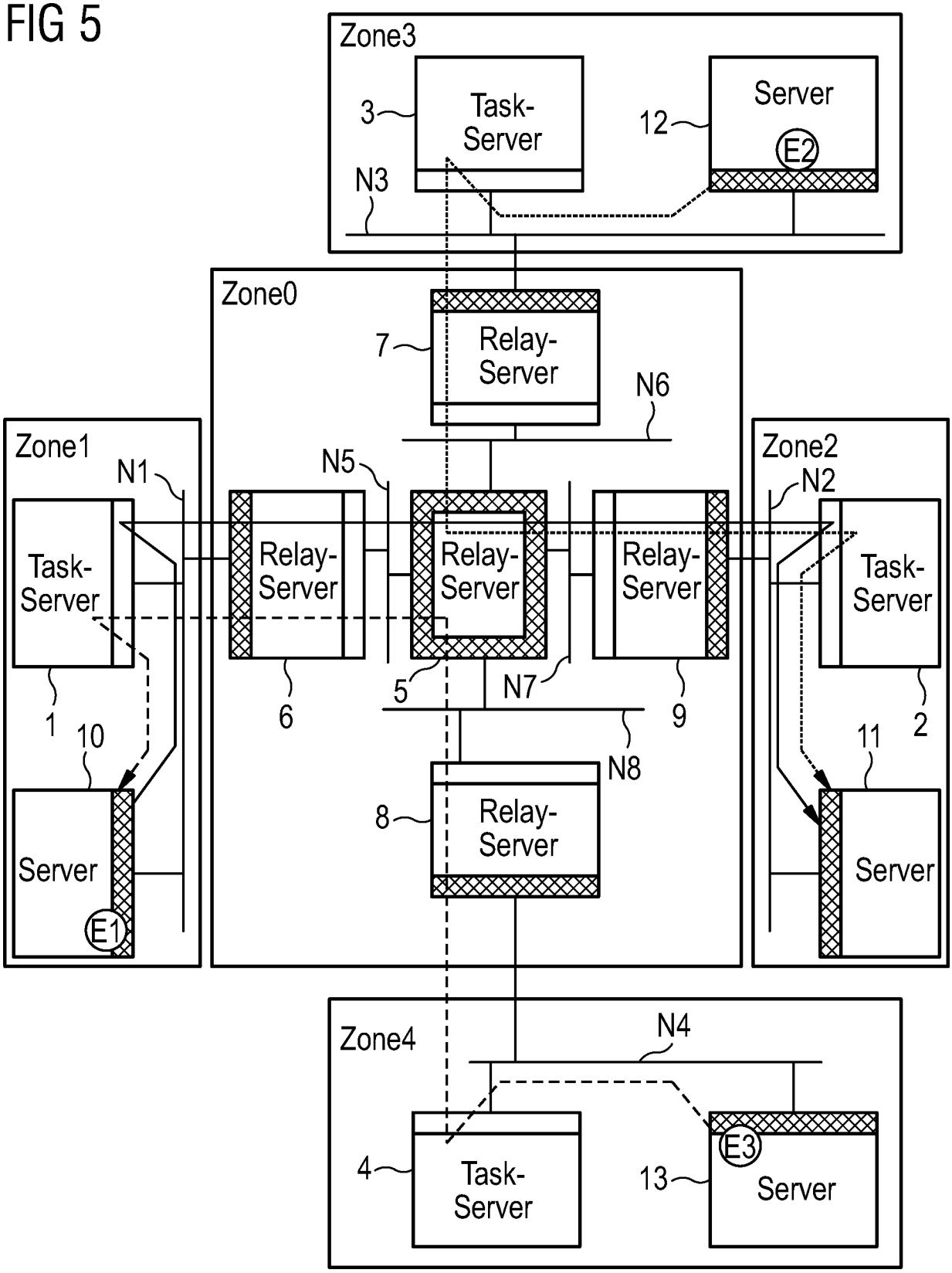

Zone1
N1
Zone0
N3
N4
Zone2
N2
Task-
Server
Relay-
Server
Relay-
Server
Relay-
Server
Task-
Server
D1
1
10
6
P2
5
P3
7
P4
11
2
P1
Server
Server

FIG 5


Zone3
3
Task-Server
12
Server
E2
N3
Zone0
7
Relay-Server
N6
Zone1
N1
N5
Zone2
N2
Task-Server
Relay-Server
Relay-Server
Relay-Server
Task-Server
1
10
6
5
N7
9
11
2
N8
8
Relay-Server
Server
E1
Server
Zone4
N4
4
Task-Server
E3
13
Server

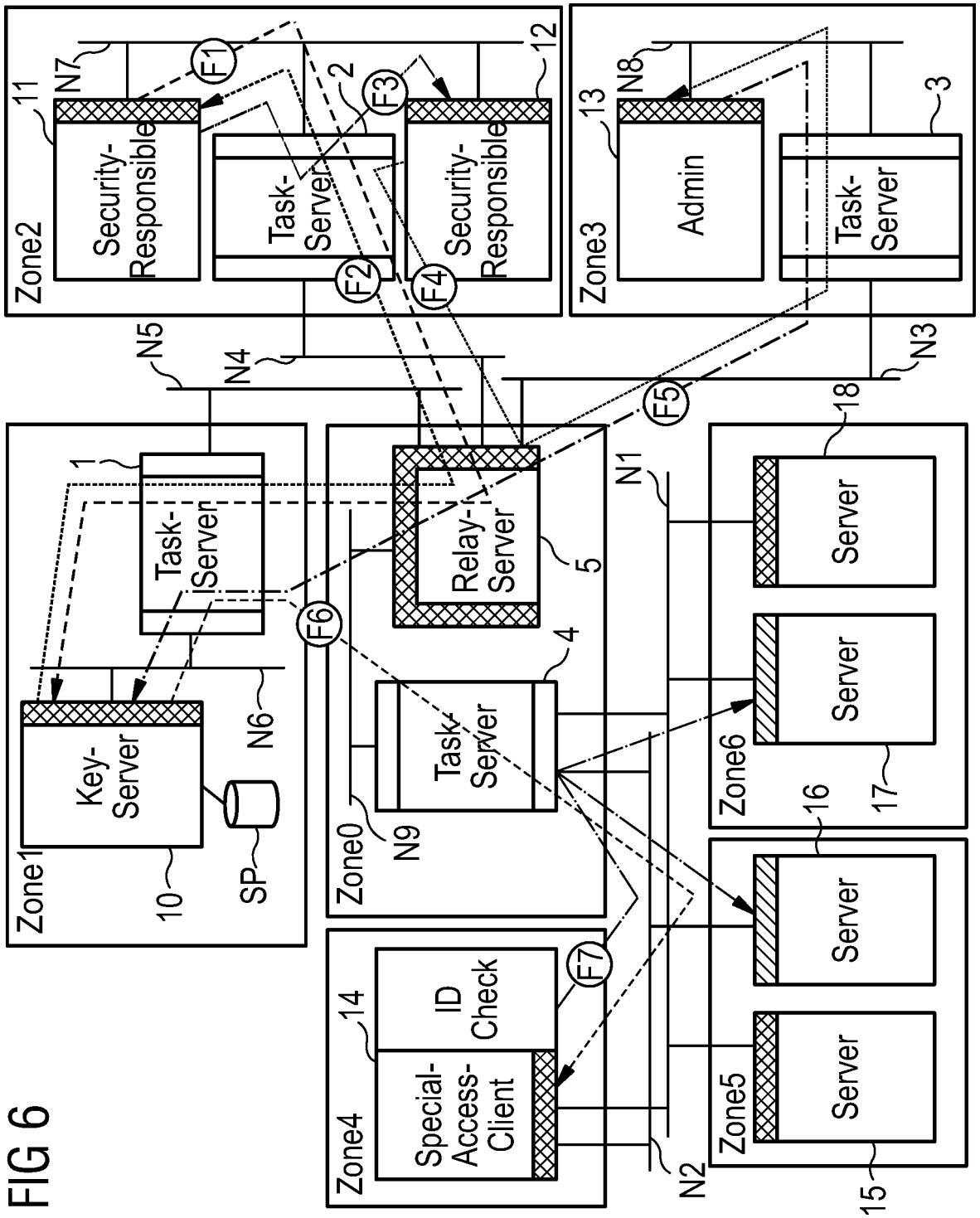

Zone2
Security-Responsible
Task-Server
Security-Responsible
Zone3
Admin
Task-Server
Zone1
Task-Server
Key-Server
SP
Zone0
Relay-Server
Task-Server
Zone4
ID Check
Special-Access-Client
Zone6
Server
Server
Zone5
Server
Server
N1
N2
N3
N4
N5
N6
N7
N8
N9
F1
F2
F3
F4
F5
F6
F7
1
2
3
4
5
10
11
12
13
14
15
16
17
18

FIG 6