



(10) **DE 10 2012 000 671 B4** 2014.07.17

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 000 671.3**
(22) Anmeldetag: **17.01.2012**
(43) Offenlegungstag: **18.07.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.07.2014**

(51) Int Cl.: **F42B 35/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**MBDA Deutschland GmbH, 86529,
Schrobenhausen, DE**

(72) Erfinder:
**Grabmeier, Michael, 83022, Rosenheim, DE;
Fischer, Karl, 80637, München, DE**

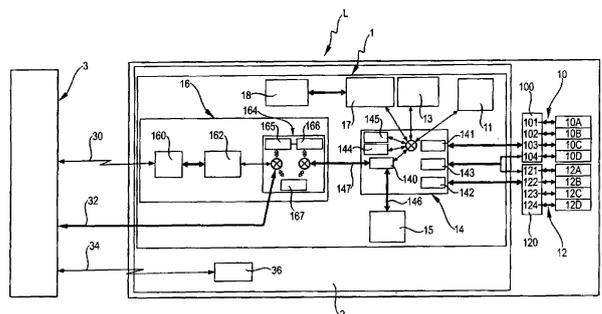
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2005 058 546	A1
DE	10 2009 040 304	A1
DE	693 26 583	T2
US	6 941 850	B1
US	7 228 261	B2
EP	0 309 133	A2

(54) Bezeichnung: **Prüf- und Testvorrichtung für ein Flugkörperstartgerät und Verfahren zum Prüfen und/oder Testen der Funktionsfähigkeit eines Flugkörperstartgeräts**

(57) Hauptanspruch: Prüf- und Testvorrichtung für ein Flugkörperstartgerät (1), das zumindest eine Startvorrichtung (10; 12) für zumindest einen Flugkörper (10A, 10B, 10C, 10D; 12A, 12B, 12C, 12D) und einen dieser zugeordneten und von einer Waffensystemzentrale (3), die vom Aufstellort des Flugkörperstartgeräts entfernt gelegen ist, steuerbaren Waffensteuerungscomputer (14) aufweist, auf dem ein Steuerungsprogramm für den Start des Flugkörpers ablaufbar installiert ist, und wobei die Startvorrichtung (10; 12) mit zumindest einer elektrischen Anschlusseinrichtung (100; 120) versehen ist, die zur Datenübertragung mit dem Waffensteuerungscomputer verbunden ist und die dem zumindest einen Flugkörper (10A, 10B, 10C, 10D; 12A, 12B, 12C, 12D) zugeordnet und mit diesem verbindbar ist und Kommunikationsanschlüsse (101, 102, 103, 104; 121, 122, 123, 124) zur unidirektionalen und/oder bidirektionalen Datenübertragung zum Flugkörper (10A, 10B, 10C, 10D; 12A, 12B, 12C, 12D) aufweist, dadurch gekennzeichnet,
– dass die Prüf- und Testvorrichtung einen Prüf- und Testcomputer (40) sowie zumindest eine Flugkörpersimulationseinheit (42) aufweist;
– dass der Prüf- und Testcomputer (40) als Simulator für zumindest einen Teil der Funktionen der Waffensystemzentrale (3) ausgebildet ist;
– dass der Prüf- und Testcomputer (40) zur Datenübertragung mit dem Waffensteuerungscomputer (14) verbindbar ist; und
– dass die Flugkörpersimulationseinheit (42) einerseits mit dem Prüf- und Testcomputer (40) zum Datenaustausch verbunden ist und andererseits mit den Kommunikations-

anschlüssen der elektrischen Anschlusseinrichtung (100; 120) verbindbar ist.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Prüf- und Testvorrichtung für ein Flugkörperstartgerät nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Sie betrifft weiterhin eine Einheit aus einem Flugkörperstartgerät und einer derartigen Prüf- und Testvorrichtung. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Prüfen und/oder Testen der Funktionsfähigkeit eines Flugkörperstartgeräts.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Ein Flugkörperstartgerät, das zumindest eine Startvorrichtung für zumindest einen Flugkörper und einen dieser zugeordneten und von einer Waffensystemzentrale steuerbaren Waffensteuerungscomputer aufweist, auf dem ein Steuerungsprogramm für den Start des Flugkörpers ablaufbar installiert ist, und wobei die Startvorrichtung mit zumindest einer elektrischen Anschlusseinrichtung versehen ist, die zur Datenübertragung mit dem Waffensteuerungscomputer verbunden ist und die dem zumindest einen Flugkörper zugeordnet und mit diesem verbindbar ist und dazu Kommunikationsanschlüsse zur unidirektionalen und/oder bidirektionalen Datenübertragung zum Flugkörper aufweist, muss zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf seine Funktionsfähigkeit hin geprüft und getestet werden. Beispielsweise muss im Rahmen der Entwicklungs-Integration des Flugkörperstartgeräts ein Endtest durchgeführt werden. Auch im Rahmen der Produktion muss vor Auslieferung des Flugkörperstartgeräts an den Kunden ein Endtest durchgeführt werden. Im Rahmen eines Übungsschießens oder im Rahmen eines operationellen Einsatzes des Flugkörperstartgeräts ist dieses vor Anbau der Flugkörper und vor der Anbindung an die Waffensystemzentrale ebenfalls auf seine Funktionsfähigkeit hin zu überprüfen. Schließlich können darüber hinaus weitere Prüf- oder Testszenarien gegeben sein, wie beispielsweise Klimakammertests, bei denen eine den operationellen Betrieb des Flugkörperstartgeräts repräsentierende Aktivierung durchzuführen ist.

[0003] Da derartige Flugkörperstartgeräte im Allgemeinen mobile Einrichtungen sind, die von einer vom jeweiligen Aufstellungsort entfernt gelegenen Waffensystemzentrale gesteuert werden und da die Waffensystemzentrale im Regelfall eine ständig besetzte und stets aktive Einrichtung ist, sollte der Betrieb der Waffensystemzentrale durch etwaige Prüf- oder Testprozeduren für ein Flugkörperstartgerät nicht beeinträchtigt werden. Außerdem darf aus Sicherheitsgründen eine Prüfung oder ein Test des Flugkörperstartgeräts nicht mit scharfen Flugkörpern durchgeführt werden.

[0004] Aus der DE 10 2009 040 304 A1 ist eine Vorrichtung zur Steuerung von Funktionstests und/oder Serviceprozeduren für von Luftfahrzeugen absetzbare unbemannte Flugkörper bekannt. Diese Vorrichtung ist mit einer Waffenstation eines Luftfahrzeugs und/oder mit einem Flugkörper verbindbar. Die Vorrichtung weist eine Steuereinrichtung zur Durchführung einer Vielzahl von Tests und/oder Serviceprozeduren auf und umfasst eine Flugkörpersimulationseinrichtung. Es werden damit isolierte Tests an einem konkreten Luftfahrzeug beziehungsweise einem konkreten Flugkörper durchgeführt, ohne dass diese dabei in ein übergeordnetes gesteuertes Einsatzsystem integriert sind.

[0005] Die DE 10 2005 058 546 A1 offenbart eine Waffenstations-Testeinheit sowie ein Verfahren zum Testen der Einsatzbereitschaft einer Waffenstation eines Luftfahrzeugs. Dazu ist die Waffenstations-Testeinheit über Kabelverbindungen mit einer Waffenstation des Luftfahrzeugs elektrisch verbindbar. Eine Waffensystemzentrale ist dort nicht offenbart.

[0006] Die US 7,228,261 B2 zeigt und beschreibt eine Vorrichtung zum Testen und zur Diagnose von Waffensteuerungssystemen, die eine mit dem Waffensteuerungssystem verbindbare Schnittstelleneinheit und eine Simulatoreinheit aufweist.

[0007] Die US 6,941,850 B1 zeigt und beschreibt ein Umbilical-Kabel, das elektrische Signale zwischen einem Trägerluftfahrzeug und einer am Trägerluftfahrzeug angekoppelten Waffenlast übertragen kann. Dieses Umbilical-Kabel ist mit einem Signaladapter versehen, der es ermöglicht, Signale des Luftfahrzeugs in entsprechende Signale für die Waffenlast zu konvertieren.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Prüf- und Testvorrichtung für ein Flugkörperstartgerät, wie es im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bezeichnet ist, anzugeben, mit welchem die Funktionsfähigkeit des Flugkörperstartgeräts jederzeit an unterschiedlichen Orten getestet werden kann und mit welchem auch gezielt einzelne Funktionen des Flugkörperstartgeräts geprüft werden können, ohne dass bei etwaigen Prüf- oder Testprozeduren für ein Flugkörperstartgerät der Betrieb der Waffensystemzentrale beeinträchtigt wird. Des Weiteren ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein entsprechendes Verfahren zum Prüfen und/oder Testen der Funktionsfähigkeit eines Flugkörperstartgeräts anzugeben.

[0009] Die die Prüf- und Testvorrichtung betreffende Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0010] Dazu weist die Prüf- und Testvorrichtung einen Prüf- und Testcomputer sowie zumindest eine Flugkörpersimulationseinheit auf. Der Prüf- und Testcomputer ist als Simulator für zumindest einen Teil der Funktionen der Waffensystemzentrale ausgebildet und er ist zur Datenübertragung mit dem Waffensteuerungscomputer verbindbar. Die Flugkörpersimulationseinheit ist einerseits mit dem Prüf- und Kommunikationsanschlüssen der elektrischen Anschlusseinrichtung der Startvorrichtung verbindbar.

VORTEILE

[0011] Diese Prüf- und Testvorrichtung gemäß der Erfindung integriert gleichzeitig zwei Simulatoren, nämlich einerseits die Flugkörpersimulationseinheit, die das Vorhandensein eines Flugkörpers am Flugkörperstartgerät simuliert, und andererseits den Prüf- und Testcomputer, der zumindest einen Teil der Funktionen der Waffensystemzentrale simuliert. Auf diese Weise bildet die Prüf- und Testvorrichtung zusammen mit dem Flugkörperstartgerät eine Einheit, die sich bei einer Prüf- oder Testprozedur wie ein an eine Waffensystemzentrale angeschlossenes und mit einem scharfen Flugkörper versehenes Flugkörperstartgerät verhält.

[0012] Vorzugsweise ist der Prüf- und Testcomputer mit einer Datenübertragungseinrichtung zur Datenübertragung verbunden, die mit dem Waffensteuerungscomputer zur Datenübertragung drahtlos oder drahtgebunden verbindbar ist. Durch diese Weiterbildung können auch Kommunikationseinrichtungen des Flugkörperstartgeräts, die zur Kommunikation mit der Waffensystemzentrale vorgesehen sind, getestet werden.

[0013] Alternativ oder zusätzlich ist der Prüf- und Testcomputer mit dem Waffensteuerungscomputer über eine Datenleitung zur Datenübertragung direkt verbindbar. Diese Ausführungsform ermöglicht es, interne Daten des Flugkörperstartgeräts auszulesen und somit Prozesse zu überwachen, die innerhalb des Flugkörperstartgeräts ablaufen (sogenannte White-Box-Sicht), auch dann, wenn diese Prozesse über die äußeren Kommunikationsschnittstellen des Flugkörperstartgeräts (sogenannte Black-Box-Sicht) nicht einsehbar sind.

[0014] Besonders bevorzugt ist es auch, wenn der Prüf- und Testcomputer mit einer Telemetriedatenschnittstelle des Waffensteuerungscomputers zur Datenübertragung verbindbar ist. Auch über diese Telemetrieschnittstelle kann ein Einblick in die im Inneren des Flugkörperstartgeräts ablaufenden Prozesse gewonnen werden, so dass die Korrektheit interner Abläufe verifiziert und gegebenenfalls Erkenntnisse über mögliche Fehlerquellen erlangt werden können.

[0015] Weist die Flugkörpersimulationseinheit einen Simulationscomputer auf, der von dem Prüf- und Testcomputer steuerbar ist, so werden dadurch die Möglichkeiten, einen Test des Flugkörperstartgeräts durchzuführen, deutlich erweitert, da dadurch unterschiedliche Varianten von Flugkörperstartvorgängen und auch beispielsweise komplexe Flugkörperdefekte simuliert und auf korrekte Reaktion verifiziert werden können.

[0016] Dabei ist es besonders von Vorteil, wenn die Flugkörpersimulationseinheit eine Signal-Adaptionseinrichtung aufweist, die mit dem Simulationscomputer zur Datenübertragung verbunden ist und die mit den Kommunikationsanschlüssen der Startvorrichtung zur Datenübertragung verbindbar ist. Diese Signal-Adaptionseinrichtung sorgt dafür, dass der Waffensteuerungscomputer des Flugkörperstartgeräts nicht feststellen kann, dass die jeweilige Startvorrichtung nicht mit einem Flugkörper, sondern nur mit einem Flugkörpersimulator verbunden ist.

[0017] Die Erfindung ist weiterhin gerichtet auf eine Einheit aus einem Flugkörperstartgerät, das zumindest eine Startvorrichtung für zumindest einen Flugkörper und einen dieser zugeordneten Waffensteuerungscomputer aufweist, auf dem ein Steuerungsprogramm für den Start des Flugkörpers ablaufbar installiert ist, und wobei die Startvorrichtung mit zumindest einer elektrischen Anschlusseinrichtung versehen ist, die zur Datenübertragung mit dem Waffensteuerungscomputer verbunden ist und die dem zumindest einen Flugkörper zugeordnet und mit diesem verbindbar ist und Kommunikationsanschlüsse zur unidirektionalen und/oder bidirektionalen Datenübertragung zum Flugkörper aufweist, und einer Prüf- und Testvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Diese Einheit aus Flugkörperstartgerät und Prüf- und Testvorrichtung integriert das Flugkörperstartgerät in die mit der Flugkörpersimulationseinheit und dem Simulator für die Waffensystemzentrale versehene Prüf- und Testvorrichtung zu einem integrierten Prüfstand.

[0018] Die Erfindung ist weiterhin gerichtet auf ein Verfahren zum Prüfen und/oder Testen der Funktionsfähigkeit eines Flugkörperstartgeräts, das zumindest eine Startvorrichtung für zumindest einen Flugkörper und einen dieser zugeordneten Waffensteuerungscomputer aufweist, auf dem ein Steuerungsprogramm für den Start des Flugkörpers ablaufbar installiert ist, und wobei die Startvorrichtung mit zumindest einer elektrischen Anschlusseinrichtung versehen ist, die zur Datenübertragung mit dem Waffensteuerungscomputer verbunden ist und die dem zumindest einen Flugkörper zugeordnet und mit diesem verbindbar ist und Kommunikationsanschlüsse zur unidirektionalen und/oder bidirektionalen Datenübertragung zum Flugkörper aufweist. Das Prüfen und/oder Testen der Funktionsfähigkeit des Flugkör-

perstartgeräts erfolgt mit einer Prüf- und Testvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei zur Durchführung des Verfahrens zumindest ein Teil der Funktionen der Waffensystemzentrale vom Prüf- und Testcomputer simuliert wird und wobei Funktionen des Flugkörpers von der Flugkörpersimulationseinheit simuliert werden. Dieses erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht auf schnelle und einfache Weise die Durchführung von Tests und Überprüfungen von Flugkörperstartgeräten, ohne dass diese mit einem scharfen Flugkörper versehen sein müssen und ohne dass diese mit einer Waffensystemzentrale in Verbindung stehen müssen.

[0019] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung mit zusätzlichen Ausgestaltungsdetails und weiteren Vorteilen sind nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben und erläutert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] Es zeigt:

[0021] Fig. 1 ein Flugkörperstartgerät im operativen Zustand;

[0022] Fig. 2 eine erste Einheit aus Flugkörperstartgerät und erfindungsgemäßer Prüf- und Testvorrichtung;

[0023] Fig. 3 eine zweite Einheit aus Flugkörperstartgerät und erfindungsgemäßer Prüf- und Testvorrichtung;

[0024] Fig. 4 eine dritte Einheit aus Flugkörperstartgerät und erfindungsgemäßer Prüf- und Testvorrichtung;

[0025] Fig. 5 eine vierte Einheit aus Flugkörperstartgerät und erfindungsgemäßer Prüf- und Testvorrichtung;

[0026] Fig. 6 eine fünfte Einheit aus Flugkörperstartgerät und erfindungsgemäßer Prüf- und Testvorrichtung;

[0027] Fig. 7 eine sechste Einheit aus Flugkörperstartgerät und erfindungsgemäßer Prüf- und Testvorrichtung;

DARSTELLUNG VON BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

[0028] In Fig. 1 ist schematisch ein Flugkörperstartgerät **1** gezeigt, das auf einem ebenfalls schematisch dargestellten Trägerfahrzeug **2** montiert ist und zusammen mit diesem einen Launcher **L** bildet. Das Flugkörperstartgerät **1** ist mit zwei Startvorrichtungen **10**, **12** versehen, die jeweils vier Flugkörper

10A, **10B**, **10C**, **10D** beziehungsweise **12A**, **12B**, **12C**, **12D** aufnehmen. Jede der Startvorrichtungen **10**, **12** weist eine elektrische Anschlusseinrichtung **100** beziehungsweise **120** auf, die jeweils Kommunikationsanschlüsse **101**, **102**, **103**, **104** beziehungsweise **121**, **122**, **123**, **124** zur jeweiligen unidirektionalen und/oder bidirektionalen Datenübertragung mit einem jeweils zugeordneten Flugkörper **10A**, **10B**, **10C**, **10D** beziehungsweise **12A**, **12B**, **12C**, **12D** aufweisen.

[0029] Die Anschlusseinrichtungen **100**, **120** sind jeweils zur Datenübertragung mit einem Waffensteuerungscomputer **14** des Flugkörperstartgeräts **1** verbunden.

[0030] Der Waffensteuerungscomputer **14** ist neben einer zentralen Rechneereinheit **140** mit einem ersten Flugkörperschnittstellenmodul **141** und einem zweiten Flugkörperschnittstellenmodul **142** versehen, die jeweils eine Schnittstelle zur Datenübertragung zwischen dem Waffensteuerungscomputer **14** und der ersten elektrischen Anschlusseinrichtung **100** beziehungsweise der zweiten elektrischen Anschlusseinrichtung **120** der Startvorrichtung **10** beziehungsweise **12** bilden und mit diesen verbunden sind. Des Weiteren ist der Waffensteuerungscomputer **14** mit einer Stromversorgungseinheit **143** versehen, die die erste Startvorrichtung **10** und die zweite Startvorrichtung **12** mit elektrischer Energie versorgt.

[0031] Der Waffensteuerungscomputer **14** weist weiterhin eine Bedieneinheit **144** für das Flugkörperstartgerät **1** auf, mittels der das Flugkörperstartgerät **1** direkt bedienbar ist. Schließlich ist der Waffensteuerungscomputer **14** noch mit einer internen Diagnoseeinheit **145** versehen.

[0032] Die zentrale Rechneereinheit **140** des Waffensteuerungscomputers **14** ist mit einer im Flugkörperstartgerät **1** vorgesehenen Navigations- und Lokalisierungseinheit **15** verbunden, beispielsweise über eine serielle Schnittstelle **146** des Waffensteuerungscomputers **14**.

[0033] Der Waffensteuerungscomputer **14** ist über eine Datenleitung, beispielsweise eine Ethernet-Leitung, mit einem tragbaren Wartungshilfegerät **11** des Flugkörperstartgeräts **1** verbunden. Der Waffensteuerungscomputer **14** ist außerdem über eine Datenleitung, beispielsweise eine Ethernet-Leitung, mit einer Stromversorgungseinheit **13** des Flugkörperstartgeräts **1** verbunden. Schließlich ist der Waffensteuerungscomputer **14** über eine weitere Datenleitung, beispielsweise ebenfalls eine Ethernet-Leitung, mit einer Hydrauliksteuerungseinrichtung **17** verbunden, die auf die Startvorrichtungen für die Flugkörper einwirkt und diese für den Start des Flugkörpers in einer vorgegebenen Weise ausrichtet. Die hydraulische Steuerungseinrichtung **17** steuert weiterhin die

Bewegungen eines Antennenmastes, auf dem die Empfangsantenne **160** sowie gegebenenfalls auch eine Sprechfunkempfangsantenne zum Empfang der über die Sprechfunkverbindung **34** an den Sprechfunk-Sender-Empfänger **36** gesandten Signale ausgebildet ist. Zur Steuerung dieses Antennenmastes steht die hydraulische Steuerungseinrichtung **17** über eine, beispielsweise serielle, Datenverbindung mit einer Antennensteuerungs-Bedientafel **18** in einer Datenübertragungsverbindung.

[0034] Die zentrale Rechneinheit **140** des Waffensteuerungscomputers **14** ist weiterhin über eine Datenverbindung **147**, beispielsweise über eine Ethernet-Verbindung oder über einen internen Datenbus, mit einem in das Flugkörperstartgerät **1** integrierten Kommunikationssystem **16** verbunden. Über das Kommunikationssystem **16** kommuniziert eine externe Waffensystemzentrale **3** mit dem Waffensteuerungscomputer **14**.

[0035] Die Kommunikation zwischen der Waffensystemzentrale **3** und dem Flugkörperstartgerät **1** kann auf drei unterschiedliche Weisen erfolgen, nämlich entweder über eine zur Datenübertragung ausgebildete Funkverbindungsstrecke **30**, kabelgebunden über eine Datenleitungsverbindung **32** oder über eine Sprechfunkverbindung **34**, die zu einem Sprechfunk-Sender-Empfänger **36** im Trägerfahrzeug **2** führt und über die Befehle an eine auf oder am Trägerfahrzeug **2** befindliche Bedienungsperson übertragen werden, die diese Befehle dann manuell über die Bedieneinheit **144** in den Waffensteuerungscomputer **14** eingibt.

[0036] Das Kommunikationssystem **16** ist zum Empfang der über die drahtlose Kommunikationsverbindung **30** gesendeten Signale mit einem Antennenelement **160** und einer Sender-Empfänger-Einheit **162** versehen. Des Weiteren weist das Kommunikationssystem **16** einen Kommunikationsrechner **164** auf, der einerseits mit der Sender-Empfänger-Einheit **162** und andererseits über die interne Datenleitung **147** mit der zentralen Rechneinheit **140** des Waffensteuerungscomputers **14** verbunden ist. Der Kommunikationsrechner **164** ist mit zumindest einem verschlüsselt arbeitenden Platinenrechner **165** und zumindest einem unverschlüsselt arbeitenden Platinenrechner **166** sowie mit einem Verschlüsselungs-/Entschlüsselungsgerät **167** versehen.

[0037] Das in **Fig. 1** gezeigte Flugkörperstartgerät **1** empfängt somit Befehle von einer Waffensystemzentrale **3** und setzt diese Befehle in Steuerbefehle für die Startvorrichtungen **10**, **12** und die an ihnen angebrachten Flugkörper um. Weiterhin meldet das Flugkörperstartgerät interne Zustandsdaten sowie Rückmeldungen der Flugkörper an die Waffensystemzentrale.

[0038] Dieser operationelle Betriebsablauf muss zuverlässig und ohne Störungen erfolgen, damit die entsprechende Mission nicht gefährdet wird. Damit diese Zuverlässigkeit gewährleistet ist, muss ein solches Flugkörperstartgerät, insbesondere in Friedenszeiten, nicht nur nach der Herstellung und Auslieferung an den Kunden, sondern auch turnusmäßig während einer späteren ungenutzten Verweildauer überprüft werden. Insbesondere auch unmittelbar vor einem operationellen Einsatz ist das Flugkörperstartgerät **1** zu testen, um sicherzustellen, dass es für einen fehlerfreien operationellen Betrieb geeignet ist.

[0039] Um diese Einsatzfähigkeit des Flugkörperstartgeräts **1** zu gewährleisten, ist erfindungsgemäß eine Prüf- und Testvorrichtung **4** vorgesehen, die nachstehend unter Bezugnahme auf die weiteren Figuren erläutert wird.

[0040] **Fig. 2** zeigt eine erste Variante der mit dem Flugkörperstartgerät **1** verbundenen Prüf- und Testvorrichtung **4**.

[0041] Die Prüf- und Testvorrichtung **4** weist einen Prüf- und Testcomputer **40**, eine Flugkörpersimulationseinheit **42** und eine Datenübertragungseinrichtung **44** auf. Die Flugkörpersimulationseinheit **42** und die Datenübertragungseinrichtung **44** sind jeweils über eine Datenübertragungsverbindung **41**, **43**, beispielsweise jeweils ein Datenübertragungskabel, mit dem Prüf- und Testcomputer **40** zur Datenübertragung verbunden.

[0042] Die Flugkörpersimulationseinheit **42** weist eine Signal-Adaptionseinrichtung **46** auf, die mit einem Simulationscomputer **48** der Flugkörpersimulationseinheit **42** zur Datenübertragung verbunden ist. Die Signal-Adaptionseinrichtung **46** ist weiterhin ausgebildet, um mit den Kommunikationsanschlüssen **101**, **102**, **103**, **104**, **121**, **122**, **123**, **124** der Startvorrichtung **10**, **12** zur Datenübertragung verbunden werden zu können. In der Signal-Adaptionseinrichtung **46** werden die im Simulationscomputer **48** generierten Signale derart angepasst, dass der Waffensteuerungscomputer **14** des Flugkörperstartgeräts **1** nicht feststellen kann, dass anstelle eines echten Flugkörpers lediglich ein Flugkörpersimulator angeschlossen ist. Der Simulationscomputer **48** ist mit dem Prüf- und Testcomputer **40** verbindbar und wird von diesem konfiguriert und gesteuert.

[0043] Die Datenübertragungseinrichtung **44** ist mit einem Verschlüsselungs-/Entschlüsselungsgerät **440** und einer Sende-/Empfangseinrichtung **442** versehen, die miteinander und mit dem Prüf- und Testcomputer **40** verbunden sind. Die Sende-/Empfangseinrichtung **442** ist darüber hinaus mit einer Antenne **444** verbunden, von der eine drahtlose Datenübertragungsverbindung **446** zum Antennenelement **160** der Sender-Empfänger-Einheit **160** des Kommunika-

tionssystem 16 des Flugkörperstartgeräts 1 gebildet ist.

[0044] Der Prüf- und Testcomputer 40 kommuniziert über die Datenübertragungsverbindung 446 und über das Kommunikationssystem 16 des Flugkörperstartgeräts 1 mit der zentralen Rechneinheit 140 des Waffensteuerungscomputers 14. Gleichzeitig kommuniziert der Prüf- und Testcomputer 40 über die Datenübertragungsverbindung 41 mit der Flugkörpersimulationseinheit 42, die gegenüber dem Waffensteuerungscomputer 14 das Vorhandensein eines oder mehrerer Flugkörper simuliert. In dem in Fig. 2 gezeigten Beispiel simuliert die Flugkörpersimulationseinheit 42 das Vorhandensein der vier in Fig. 1 gezeigten Flugkörper 12A, 12B, 12C und 12D.

[0045] Mit dem in Fig. 2 dargestellten Prüf- und Testaufbau kann eine den operationellen Einsatz repräsentierende Funktionssequenz durchlaufen werden, die einen lokalen Hochlauf des Flugkörperstartgeräts 1, dessen Verbindungsaufnahme zu der vom Prüf- und Testcomputer 40 simulierten externen Waffensystemzentrale, die Fernsteuerung des Flugkörperstartgeräts 1 durch die simulierte Waffensystemzentrale sowie die Auslösung und Durchführung der Flugkörper-Startsequenz der von der Flugkörpersimulationseinheit 42 simulierten Flugkörper umfasst. Bei diesen Tests können beispielsweise sicherheitskritische Funktionen wie zum Beispiel die Erkennung und Behandlung von Misfire- oder Hangfire-Situationen geprüft werden. Dabei werden die originalen, operationellen Funktionsketten und Abläufe sowie Selbsttestfunktionen aktiviert und durchlaufen.

[0046] Treten bei einem solchen Test Fehler auf, so werden vom Prüf- und Testcomputer 40 entsprechende Fehlermeldungen über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle dem Bedienpersonal zur Kenntnis gegeben, beispielsweise auf einem Bildschirm angezeigt.

[0047] Neben der in Fig. 2 dargestellten drahtlosen Anbindung des Prüf- und Testcomputers 40 an das Flugkörperstartgerät 1, bei der die Datenübertragung auf der drahtlosen Datenübertragungsverbindung 446 verschlüsselt erfolgt, gibt es noch weitere Möglichkeiten, die Prüf- und Testvorrichtung 4 mit dem Flugkörperstartgerät 1 zu verbinden.

[0048] Fig. 3 zeigt eine Variante, bei der zusätzlich zu der verschlüsselten Datenübertragung über die drahtlose Datenübertragungsverbindung 446 eine Datenleitung 401 von einer Breakout-Box 147' in der die zentrale Rechneinheit 140 des Waffensteuerungscomputers 14 mit dem Kommunikationsrechner 164 des Kommunikationssystems 16 verbindenden Datenverbindung 147 über eine Monitoring-Datenleitung 400 zu einer Monitoring- und Datenaufzeichnungseinrichtung 45 des Prüf- und Testcomputers 40 führt. Über diese Verbindung kann der

über die interne Datenverbindung 147 des Flugkörperstartgeräts 1 laufende Datenverkehr vom Prüf- und Testcomputer 40 überwacht und aufgezeichnet werden.

[0049] Des Weiteren werden über eine den Waffensteuerungscomputer 14 mit der Monitoring-Datenleitung 400 verbindende Datenleitung 402 die im Inneren des Waffensteuerungscomputers 14 ablaufenden Datenströme überwacht und aufgezeichnet.

[0050] Diese beiden vorgenannten Überwachungen und Aufzeichnungen der internen Datenströme des Flugkörperstartgeräts 1 erweitern die Prüf- und Testvorrichtung 4 dahingehend, dass nicht nur die von außen erfassbaren Aktionen und Reaktionen des Flugkörperstartgeräts 1, wie beispielsweise Rückmeldungen an die externe Waffensystemzentrale oder die Kommunikation mit den von der Flugkörpersimulationseinheit 42 simulierten Flugkörpern betrachtet werden können, sondern gleichzeitig auch die dazu korrelierten internen Datenströme des Flugkörperstartgeräts 1 überwacht und aufgezeichnet werden können. Dadurch werden insbesondere beim Auftreten von Fehlern tiefere Einblicke in die Prozessabläufe im Flugkörperstartgerät 1 gewonnen, was die Fehleranalyse erleichtert.

[0051] Bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform sind eine Mehrzahl von Flugkörpersimulationseinheiten 42' vorgesehen, die jeweils einen einzelnen Flugkörper simulieren. Die einzelnen Flugkörpersimulationseinheiten 42' sind über einen Router 42'' mit dem Prüf- und Testcomputer 40 verbunden, so dass vom Prüf- und Testcomputer 40 jeweils eine Flugkörpersimulationseinheit 42' gezielt anwählbar und mit dem Prüf- und Testcomputer 40 zur Datenübertragung verbindbar ist. Diese hier bei der Ausführungsform der Fig. 3 beispielhaft dargestellte Variante mit einer Vielzahl von individuell anwählbaren Flugkörpersimulationseinheiten 42' kann selbstverständlich auch bei den anderen beschriebenen Ausführungsformen des Prüf- und Testaufbaus vorgesehen sein.

[0052] Fig. 4 zeigt einen alternativen Prüf- und Testaufbau, bei welchem die Datenübertragungseinrichtung 44 der Prüf- und Testvorrichtung 4 nicht drahtlos mit dem Kommunikationssystem 16 des Flugkörperstartgeräts 1, sondern über eine Datenübertragungsleitung 448 verbunden ist, die eine verschlüsselte, kabelgeführte Kommunikation des Prüf- und Testcomputers 40 mit dem Flugkörperstartgerät 1 ermöglicht. Bei dieser Variante sind die Antennen 444 und 160 sowie die drahtlose Datenübertragungsverbindung 446 ausgekoppelt, so dass die Funkverbindung als mögliche Fehlerquelle ausgeschaltet ist.

[0053] Eine weitere Alternative gemäß Fig. 5 zeigt eine Anbindung der Datenübertragungseinrichtung 44 der Prüf- und Testvorrichtung 4 über eine Daten-

übertragungsleitung **449**, beispielsweise eine Ethernetverbindung, an den Kommunikationsrechner **164** des Kommunikationssystems **16** des Flugkörperstartgeräts **1**. Über diese Datenleitung **449**, die beispielsweise als Ethernetverbindung ausgestaltet sein kann, erfolgt eine verschlüsselte Datenübertragung zwischen dem Prüf- und Testcomputer **40** und dem verschlüsselt arbeitenden Platinenrechner **165** des Kommunikationsrechners **164**.

[0054] Eine alternative Variante zu dem in **Fig. 5** gezeigten Prüf- und Testaufbau ist in **Fig. 6** dargestellt, wobei die Datenübertragungsleitung **449'** nicht mit dem verschlüsselt arbeitenden Platinenrechner **165**, sondern mit dem unverschlüsselt arbeitenden Platinenrechner **166** verbunden ist, so dass über die Datenleitung **449** unverschlüsselte Signale zwischen dem Kommunikationsrechner **164** und dem Prüf- und Testcomputer **40** übertragen werden.

[0055] Eine weitere Alternative zeigt **Fig. 7**, wobei hier die Kommunikation zwischen dem Prüf- und Testcomputer **40** und dem Flugkörperstartgerät **1** über die drahtlose Datenübertragungsverbindung **446** wie im Beispiel der **Fig. 2** und auch über die Flugkörpersimulationseinheit **42** erfolgt. Zusätzlich zu der Variante gemäß **Fig. 2** ist bei der Variante gemäß **Fig. 7** eine Telemetriedatenverbindung **450** vorgesehen, die eine Telemetriedatenschnittstelle **148** des Waffensteuerungscomputers **14** unmittelbar mit dem Prüf- und Testcomputer **40** verbindet. Über diese Telemetriedatenverbindung **450** können intern verarbeitete Daten des Flugkörperstartgeräts **1** direkt und unverschlüsselt an den Prüf- und Testcomputer **40** gesandt werden, so dass der Prüf- und Testcomputer **40** nicht nur über die nach außen wirkenden Datenverbindungen (drahtlose Datenübertragungsverbindung **446** und die Datenübertragungsverbindungen zur Flugkörpersimulationseinheit **42**) einen Black-Box-Test durchführen kann, sondern mittels der zusätzlich erhaltenen Telemetriedaten auch in den internen Datenverkehr des Flugkörperstartgeräts **1** Einsicht nehmen kann und somit einen sogenannten White-Box-Blick auf die Aktivitäten des Flugkörperstartgeräts **1** erlangt ohne dass am Flugkörperstartgerät spezielle Breakout-Boxen wie beispielsweise **147'** in **Fig. 3** eingebaut werden müssen.

[0056] Der Aufbau gemäß **Fig. 7** vereinigt somit in der Prüf- und Testvorrichtung **4** nicht nur einen Simulator für die externe Waffensystemzentrale (gebildet durch den Prüf- und Testcomputer **40**) und einen Simulator für die Flugkörper (gebildet durch die Flugkörpersimulationseinheit **42**), sondern auch eine Analysevorrichtung für die Telemetriedaten, die ebenfalls vom Prüf- und Testcomputer **40** gebildet ist.

[0057] Mittels des Simulators für die externe Waffensystemzentrale (gebildet durch den Prüf- und Test-

computer **40**) und der Flugkörpersimulationseinheit **42** werden die externen Schnittstellen des Flugkörperstartgeräts **1** stimuliert. Das Verhalten der simulierten externen Waffensystemzentrale und der Flugkörpersimulationseinheit **42** ist über die auf dem Prüf- und Testcomputer **40** ablaufende Prüf- und Testsoftware konfigurierbar, so dass die gemessene Ist-Reaktion des Flugkörperstartgeräts **1** gegen die konfigurierte Soll-Reaktion an den externen Schnittstellen geprüft werden kann. Dies entspricht der sogenannten Black-Box-Sicht.

[0058] Mittels der Analysevorrichtung für die Telemetriedaten, die ebenfalls als Software auf dem Prüf- und Testcomputer **40** implementiert ist, wird der interne Datenverkehr des Flugkörperstartgeräts **1** nach außen transparent, ohne dass hierfür spezielle Vorrichtungen, wie zum Beispiel das Anschließen besonderer Kabel erforderlich ist. Die Telemetriedaten können beispielsweise auch drahtlos an den Prüf- und Testcomputer übertragen werden. Die in die Software implementierte Analysevorrichtung für die Telemetriedaten ermöglicht bei einer externen Stimulation, die durch den Prüf- und Testcomputer **40** und die Flugkörpersimulationseinheit **42** auf das Flugkörperstartgerät **1** aufgebracht wird, die Prüfung, ob der interne Informationsfluss im Flugkörperstartgerät **1** die externe Stimulation nicht korrekt abbildet. Diese sogenannte White-Box-Sicht ermöglicht die Funktionsüberprüfung nicht nur anhand der externen Reaktionen und Rückantworten sondern auch zusätzlich durch die Überprüfung der internen Abläufe sowie im Fehlerfall die Ermittlung der internen Fehlerursachen.

[0059] Diese Kombination aus Black-Box-Sicht und White-Box-Sicht ermöglicht eine wesentlich verbesserte Prüftiefe gegenüber der im bisherigen Stand der Technik bekannte Black-Box-Testmethode. Bisher ist es üblich gewesen, zum Erzielen einer White-Box-Sicht spezielle Messaufnehmer, zum Beispiel einen Datenmonitor, in das zu prüfende Objekt (hier das Flugkörperstartgerät **1**) einzubauen, wodurch jedoch das zu prüfende Flugkörperstartgerät **1** verändert wird. Gemäß der in **Fig. 7** gezeigten Ausführungsform wird jedoch eine im Flugkörperstartgerät **1** bereits vorhandene Telemetrieschnittstelle genutzt und in den gesamten Prüfaufbau durch Herstellung einer Datenverbindung mit dem Prüf- und Testcomputer **40** eingebunden, so dass der Prüfling (Flugkörperstartgerät) nicht verändert werden muss.

[0060] Die Telemetrieschnittstelle kann aktivierbar und deaktivierbar ausgebildet sein, wobei sie zum Beispiel dann aktiv ist, wenn die Prüf- und Testvorrichtung **4** mit dem Flugkörperstartgerät **1** verbunden ist und wobei sie dann deaktiviert ist, wenn das Flugkörperstartgerät in dem in **Fig. 1** dargestellten operationellen Verbund mit der externen Waffensystemzentrale **3** und den am Flugkörperstartgerät **1** angebrachten Flugkörpern interagiert. Dabei kann die

Aktivierung der Telemetrie-Schnittstelle automatisch erfolgen, indem das Flugkörperstartgerät **1** automatisch erkennt, ob die Prüf- und Testvorrichtung **4** angeschlossen ist.

[0061] Die Qualität der mit der Prüf- und Testvorrichtung **4** gemäß dem Aufbau in **Fig. 7** durchgeführten Prüfungen und Tests steigt dadurch gegenüber einer reinen Black-Box-Betrachtung, wie sie in **Fig. 2** dargestellt ist, erheblich an.

[0062] Bezugszeichen in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen dienen lediglich dem besseren Verständnis der Erfindung und sollen den Schutzzumfang nicht einschränken.

Bezugszeichenliste

1	Flugkörperstartgerät
2	Trägerfahrzeug
3	externe Waffensystemzentrale
4	Prüf- und Testvorrichtung
10	Startvorrichtung
10A	Flugkörper
10B	Flugkörper
10C	Flugkörper
10D	Flugkörper
11	Wartungshilfegerät
12	Startvorrichtung
12A	Flugkörper
12B	Flugkörper
12C	Flugkörper
12D	Flugkörper
13	Stromversorgungseinheit
14	Waffensteuerungscomputer
15	Navigations- und Lokalisierungseinheit
16	Kommunikationssystem
17	Hydrauliksteuerungseinrichtung
18	Antennensteuerungs-Bedientafel
30	Funkverbindungsstrecke
32	Datenleitungsverbindung
34	Sprechfunkverbindung
36	Sprechfunk-Sender-Empfänger
40	Prüf- und Testcomputer
41	Datenübertragungsverbindung
42	Flugkörpersimulationseinheit
42'	Flugkörpersimulationseinheiten
42''	Router
43	Datenübertragungsverbindung
44	Datenübertragungseinrichtung
45	Datenaufzeichnungseinrichtung
46	Signal-Adaptionseinrichtung
48	Simulationscomputer
100	elektrische Anschlusseinrichtung
101	Kommunikationsanschluss
102	Kommunikationsanschluss
103	Kommunikationsanschluss
104	Kommunikationsanschluss
120	elektrische Anschlusseinrichtung
121	Kommunikationsanschluss

122	Kommunikationsanschluss
123	Kommunikationsanschluss
124	Kommunikationsanschluss
140	zentrale Rechneinheit
141	erstes Flugkörperschnittstellenmodul
142	zweites Flugkörperschnittstellenmodul
143	Stromversorgungseinheit
144	Bedieneinheit
145	Diagnoseeinheit
146	serielle Schnittstelle
147	Datenverbindung
148	Telemetriedatenschnittstelle
160	Antennenelement
162	Sender-Empfänger-Einheit
164	Kommunikationsrechner
165	verschlüsselt arbeitender Platinenrechner
166	unverschlüsselt arbeitender Platinenrechner
167	Verschlüsselungs-/Entschlüsselungsgerät
401	Datenleitung
402	Datenleitung
440	Verschlüsselungs-/Entschlüsselungsgerät
442	Sende-/Empfangseinrichtung
444	Antenne
446	drahtlose Datenübertragungsverbindung
448	Datenübertragungsleitung
449	Datenleitung
449'	Datenübertragungsleitung
450	Telemetriedatenverarbeitung
L	Launcher

Patentansprüche

1. Prüf- und Testvorrichtung für ein Flugkörperstartgerät (**1**), das zumindest eine Startvorrichtung (**10**; **12**) für zumindest einen Flugkörper (**10A**, **10B**, **10C**, **10D**; **12A**, **12B**, **12C**, **12D**) und einen dieser zugeordneten und von einer Waffensystemzentrale (**3**), die vom Aufstellort des Flugkörperstartgeräts entfernt gelegen ist, steuerbaren Waffensteuerungscomputer (**14**) aufweist, auf dem ein Steuerungsprogramm für den Start des Flugkörpers ablaufbar installiert ist, und wobei die Startvorrichtung (**10**; **12**) mit zumindest einer elektrischen Anschlusseinrichtung (**100**; **120**) versehen ist, die zur Datenübertragung mit dem Waffensteuerungscomputer verbunden ist und die dem zumindest einen Flugkörper (**10A**, **10B**, **10C**, **10D**; **12A**, **12B**, **12C**, **12D**) zugeordnet und mit diesem verbindbar ist und Kommunikationsanschlüsse (**101**, **102**, **103**, **104**; **121**, **122**, **123**, **124**) zur unidirektionalen und/oder bidirektionalen Datenübertragung zum Flugkörper (**10A**, **10B**, **10C**, **10D**; **12A**, **12B**, **12C**, **12D**) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**,
 – dass die Prüf- und Testvorrichtung einen Prüf- und Testcomputer (**40**) sowie zumindest eine Flugkörpersimulationseinheit (**42**) aufweist;
 – dass der Prüf- und Testcomputer (**40**) als Simulator für zumindest einen Teil der Funktionen der Waffensystemzentrale (**3**) ausgebildet ist;

– dass der Prüf- und Testcomputer (40) zur Datenübertragung mit dem Waffensteuerungscomputer (14) verbindbar ist; und

– dass die Flugkörpersimulationseinheit (42) einerseits mit dem Prüf- und Testcomputer (40) zum Datenaustausch verbunden ist und andererseits mit den Kommunikationsanschlüssen der elektrischen Anschlusseinrichtung (100; 120) verbindbar ist.

2. Prüf- und Testvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüf- und Testcomputer (40) mit einer Datenübertragungseinrichtung (44) zur Datenübertragung verbunden ist, die mit dem Waffensteuerungscomputer (14) zur Datenübertragung drahtlos oder drahtgebunden verbindbar ist.

3. Prüf- und Testvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüf- und Testcomputer (40) mit dem Waffensteuerungscomputer (14) über eine Datenleitung zur Datenübertragung direkt verbindbar ist.

4. Prüf- und Testvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüf- und Testcomputer (40) mit einer Telemetriedatenschnittstelle (148) des Waffensteuerungscomputers (14) zur Datenübertragung verbindbar ist.

5. Prüf- und Testvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flugkörpersimulationseinheit (42) einen Simulationscomputer (48) aufweist, der von dem Prüf- und Testcomputer (40) steuerbar ist.

6. Prüf- und Testvorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flugkörpersimulationseinheit (42) eine Signal-Adaptionseinrichtung (46) aufweist, die mit dem Simulationscomputer (48) zur Datenübertragung verbunden ist und die mit den Kommunikationsanschlüssen (101, 102, 103, 104; 121, 122, 123, 124) der Startvorrichtung (10; 12) zur Datenübertragung verbindbar ist.

7. Einheit aus einem Flugkörperstartgerät, das zumindest eine Startvorrichtung (10; 12) für zumindest einen Flugkörper und einen dieser zugeordneten Waffensteuerungscomputer (14) aufweist, auf dem ein Steuerungsprogramm für den Start des Flugkörpers ablaufbar installiert ist, und wobei die Startvorrichtung (10; 12) mit zumindest einer elektrischen Anschlusseinrichtung (100; 120) versehen ist, die zur Datenübertragung mit dem Waffensteuerungscomputer (14) verbunden ist und die dem zumindest einen Flugkörper (10A, 10B, 10C, 10D; 12A, 12B, 12C, 12D) zugeordnet und mit diesem verbindbar ist und Kommunikationsanschlüsse (101, 102, 103, 104; 121, 122, 123, 124) zur unidirektionalen und/oder bidirektionalen Datenübertragung zum Flugkörper (10A, 10B, 10C, 10D; 12A, 12B, 12C, 12D) auf-

weist, und einer Prüf- und Testvorrichtung (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

8. Verfahren zum Prüfen und/oder Testen der Funktionsfähigkeit eines Flugkörperstartgeräts, das zumindest eine Startvorrichtung (10; 12) für zumindest einen Flugkörper (10A, 10B, 10C, 10D; 12A, 12B, 12C, 12D) und einen dieser zugeordneten Waffensteuerungscomputer (14) aufweist, auf dem ein Steuerungsprogramm für den Start des Flugkörpers ablaufbar installiert ist, und wobei die Startvorrichtung (10; 12) mit zumindest einer elektrischen Anschlusseinrichtung (100; 120) versehen ist, die zur Datenübertragung mit dem Waffensteuerungscomputer (14) verbunden ist und die dem zumindest einen Flugkörper (10A, 10B, 10C, 10D; 12A, 12B, 12C, 12D) zugeordnet und mit diesem verbindbar ist und Kommunikationsanschlüsse (101, 102, 103, 104; 121, 122, 123, 124) zur unidirektionalen und/oder bidirektionalen Datenübertragung zum Flugkörper (10A, 10B, 10C, 10D; 12A, 12B, 12C, 12D) aufweist, mit einer Prüf- und Testvorrichtung (4) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zur Durchführung des Verfahrens zumindest ein Teil der Funktionen der Waffensystemzentrale (3) vom Prüf- und Testcomputer (40) simuliert wird und wobei Funktionen des Flugkörpers (10A, 10B, 10C, 10D; 12A, 12B, 12C, 12D) von der Flugkörpersimulationseinheit (42) simuliert werden.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

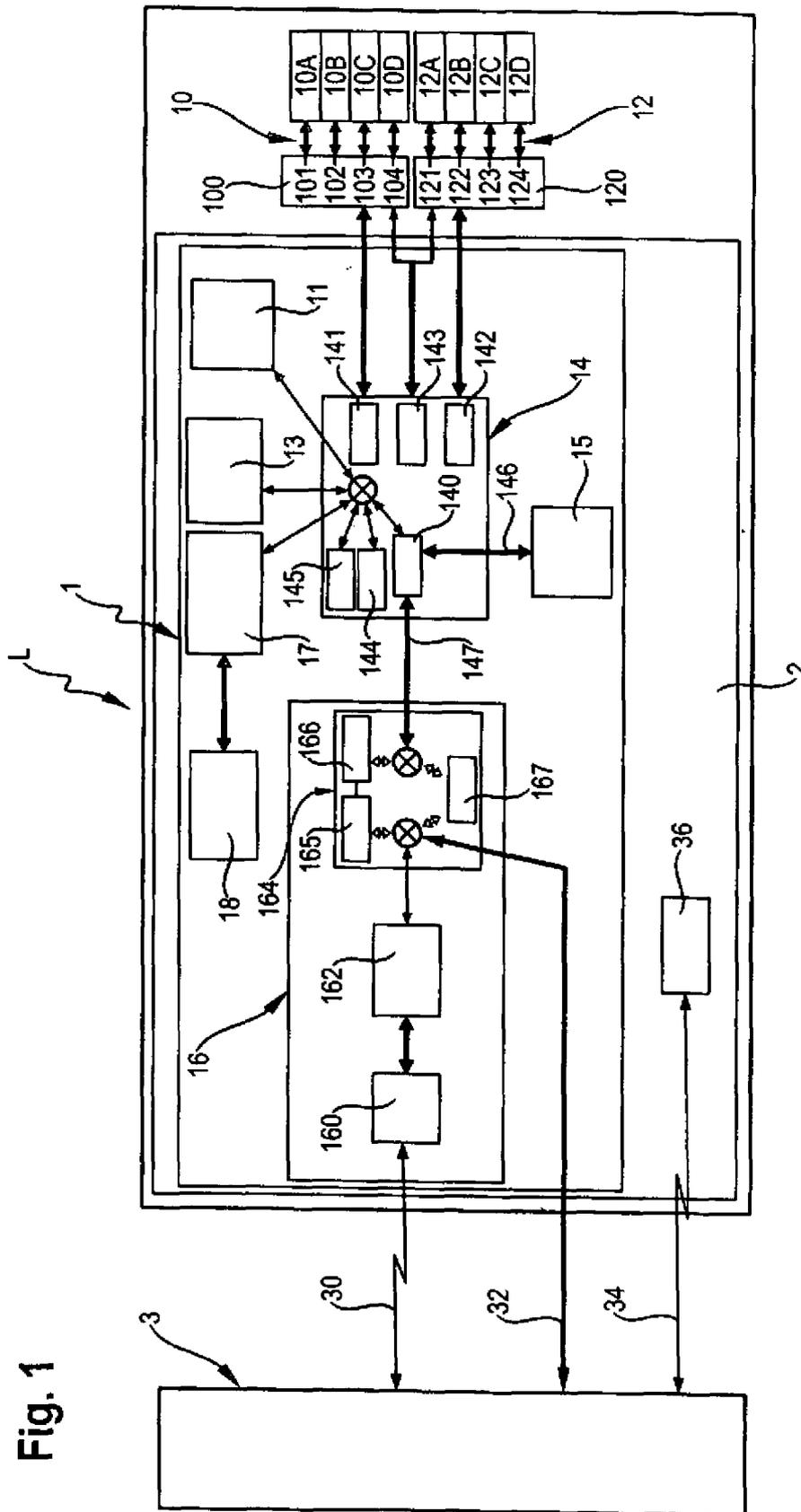


Fig. 1

Fig. 2

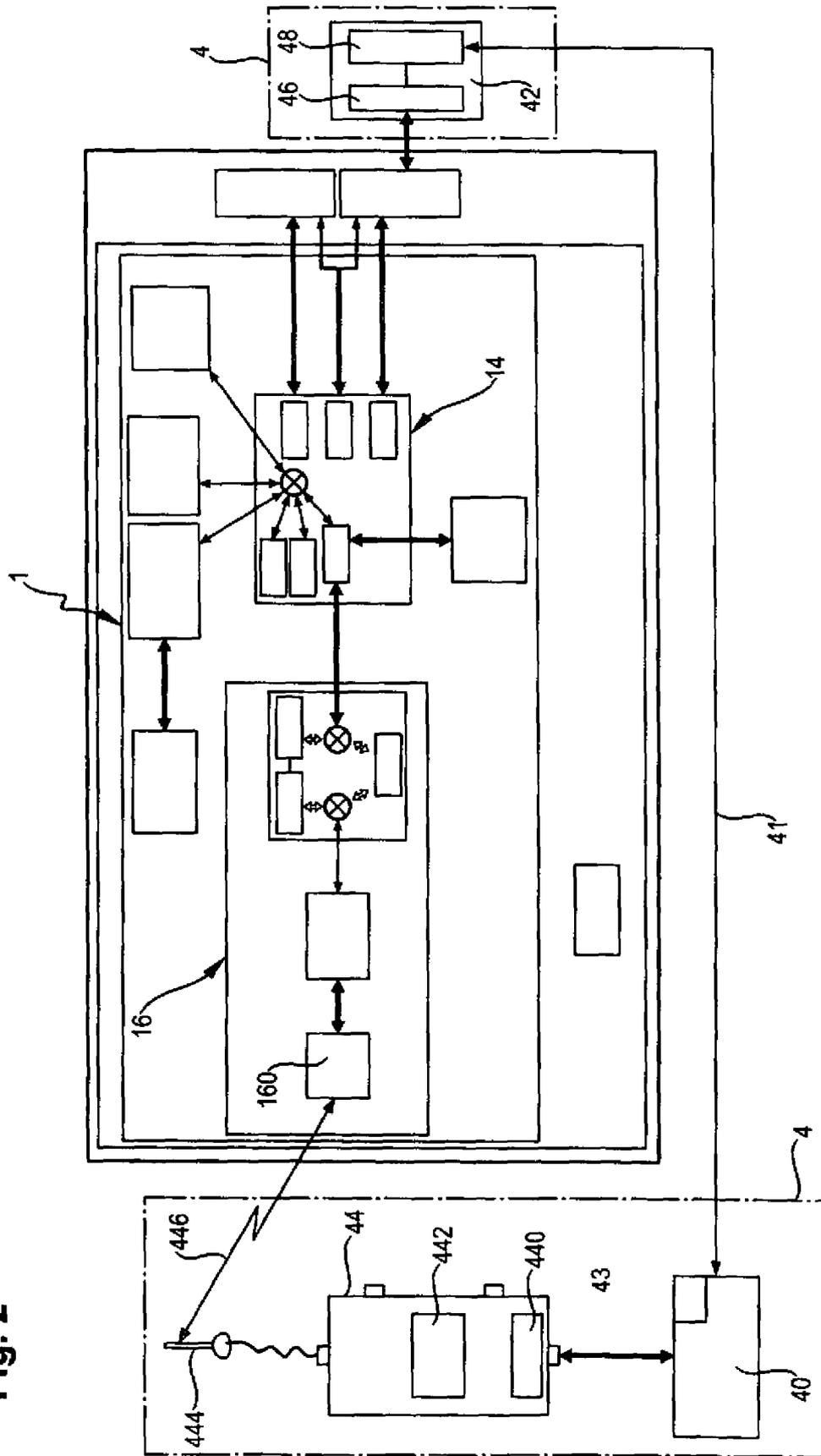
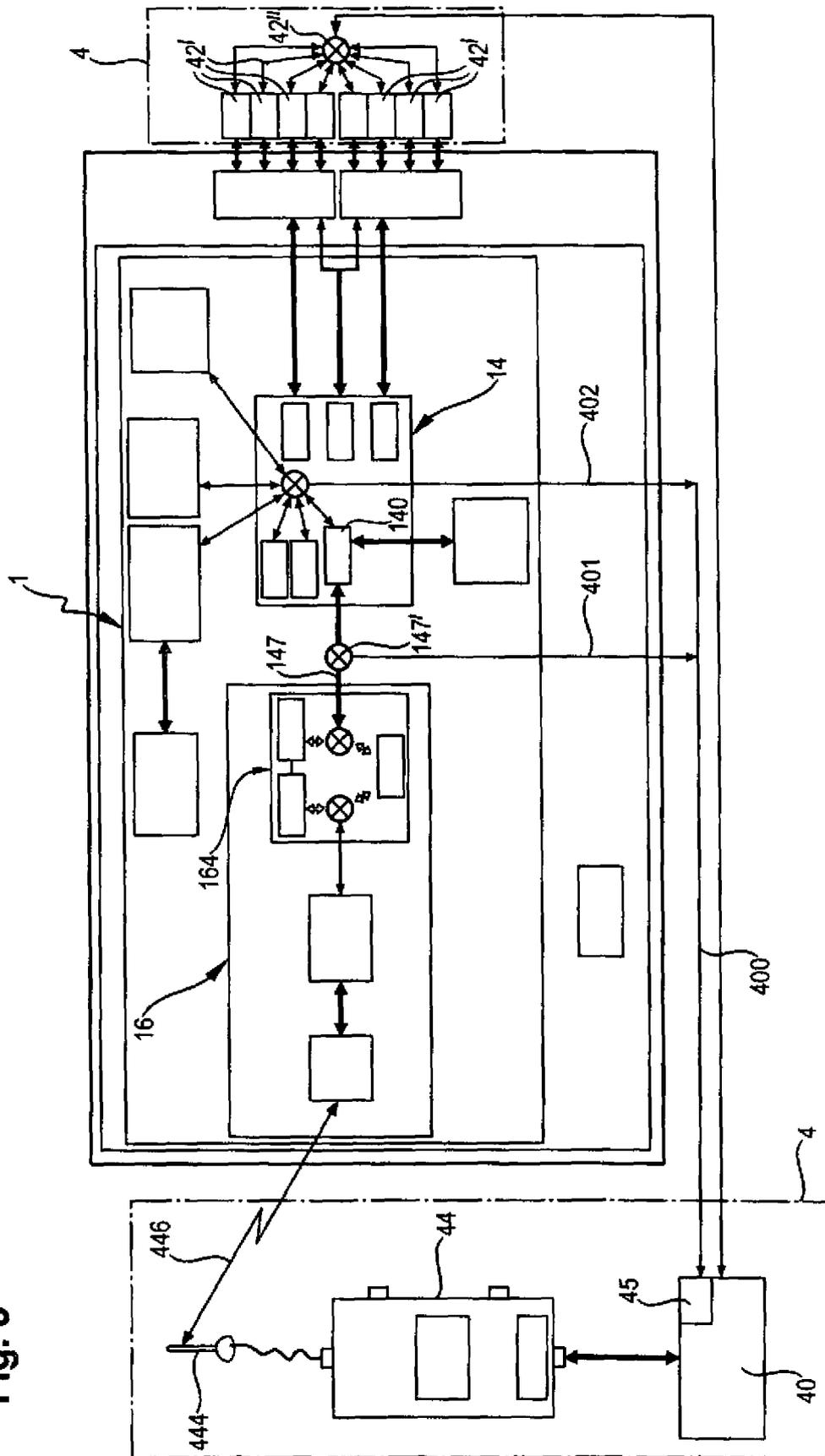


Fig. 3



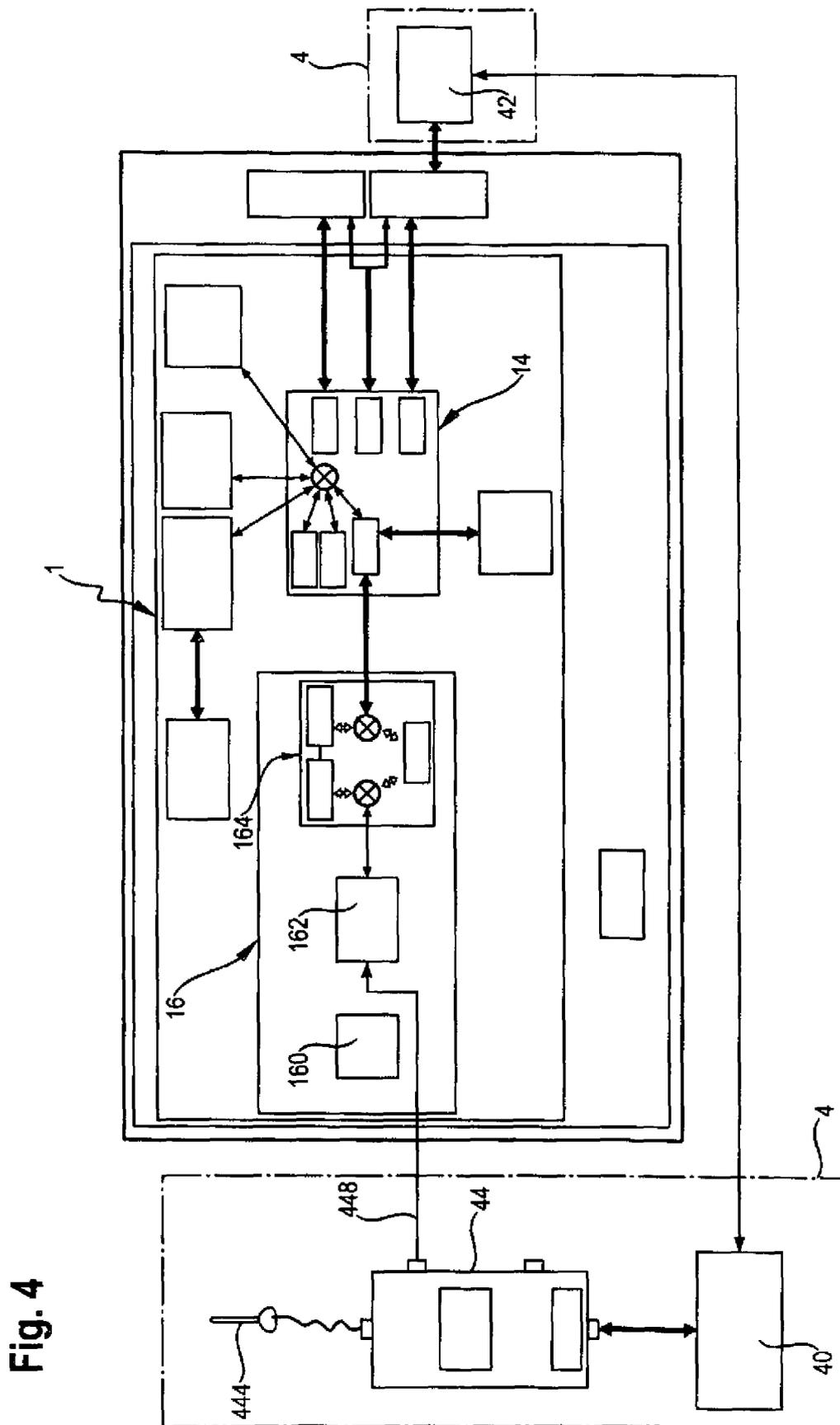


Fig. 4

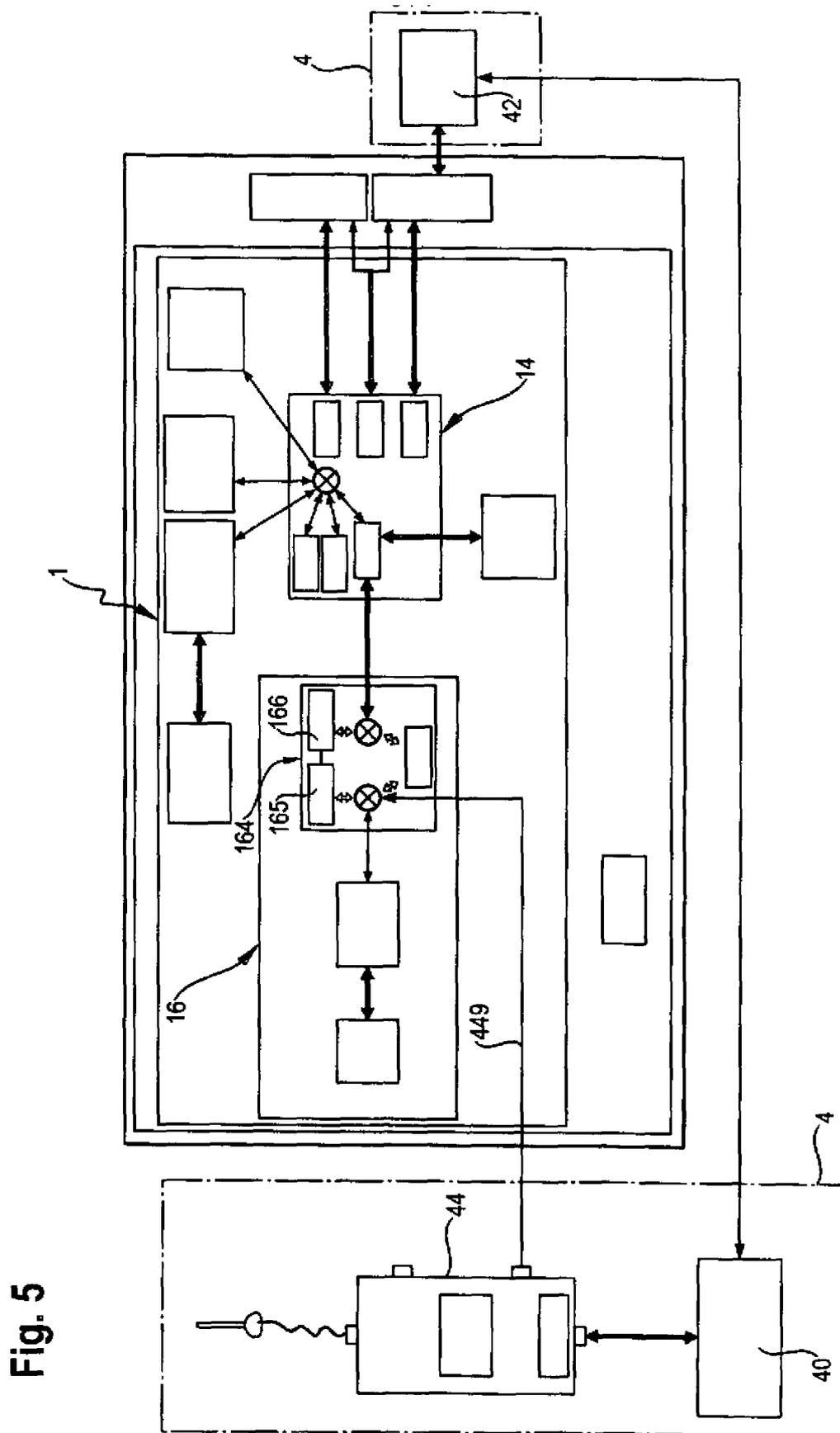
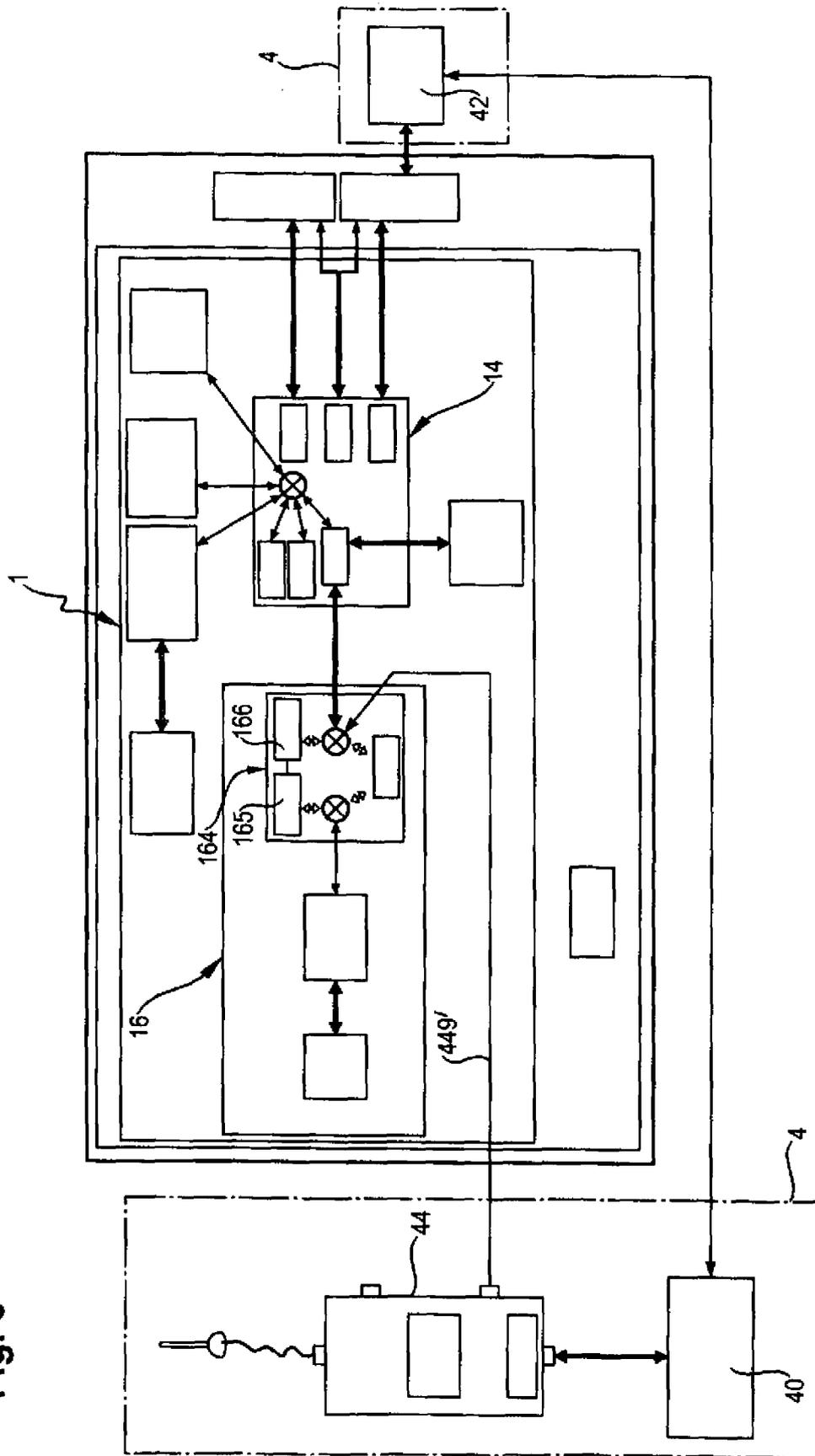


Fig. 5

Fig. 6



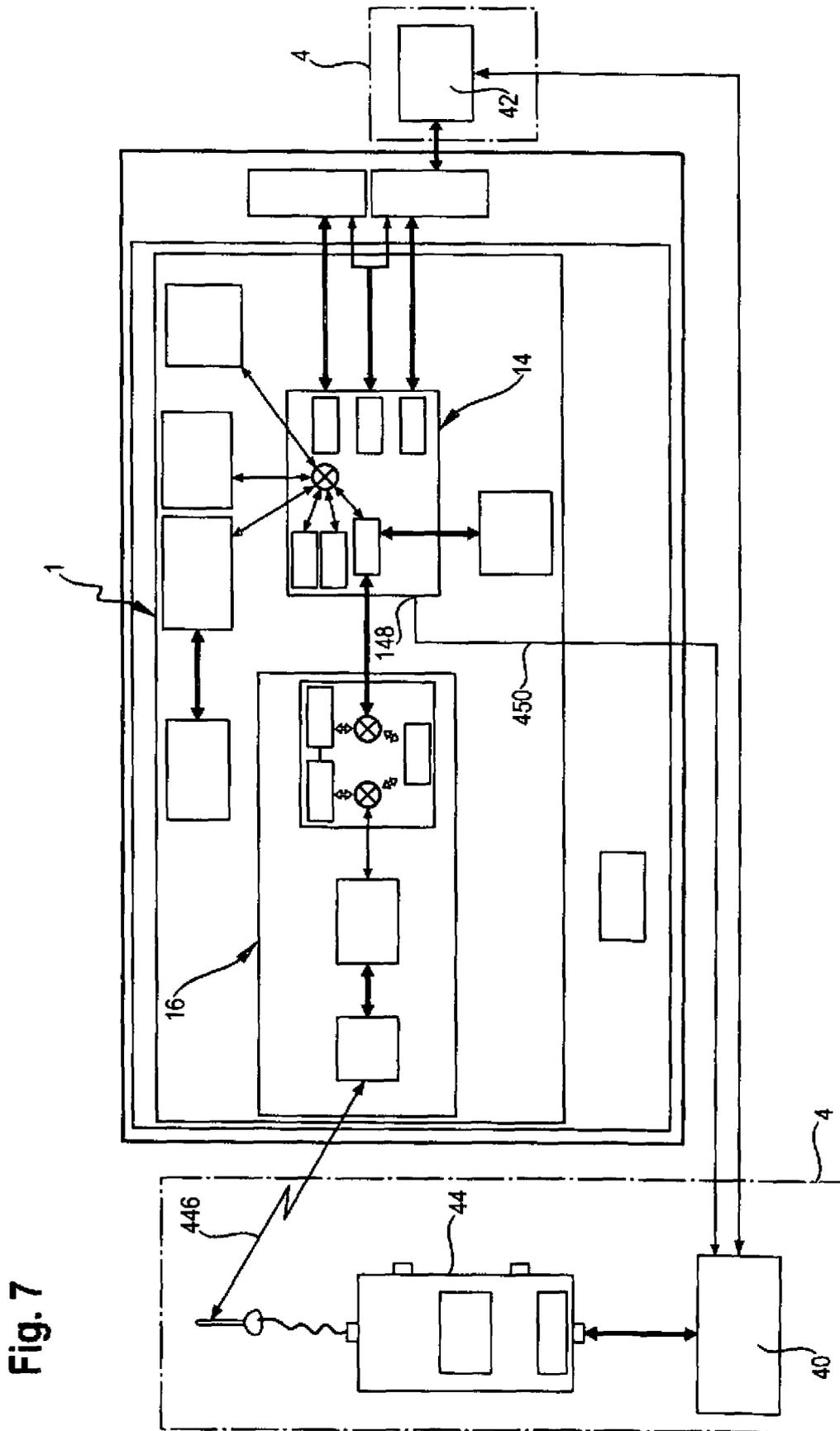


Fig. 7