

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. Mai 2011 (05.05.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/051501 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 17/02 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/066658
- (22) Internationales Anmeldedatum:
2. November 2010 (02.11.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2009 051 644.1
2. November 2009 (02.11.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **EUROSIMTEC GMBH** [DE/DE]; Saarwerdenstraße 8a, 40547 Düsseldorf (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHEUFELD, André** [DE/DE]; Mörsenbroicher Weg 73, 40470 Düsseldorf (DE).
- (74) Anwälte: **ZIMMERMANN, Gerd** et al.; Zimmermann & Partner, Josephspitalstr. 15, 80331 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: TRAINING SIMULATION SYSTEM FOR DRONE SYSTEMS

(54) Bezeichnung : AUSBILDUNGSSIMULATIONSSYSTEM FÜR DROHNENSYSTEME

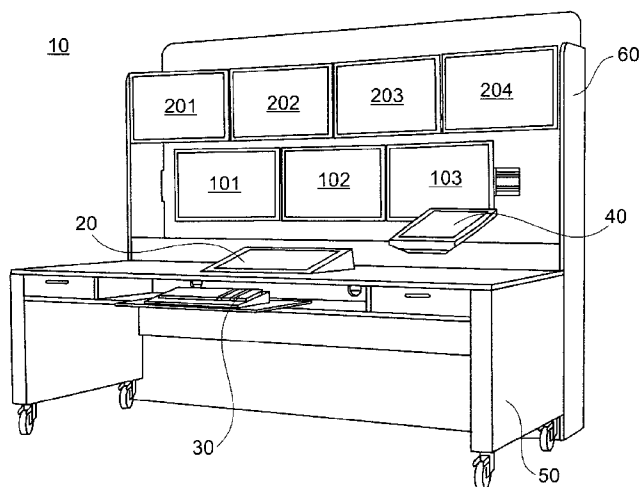


Fig. 1

(57) Abstract: A training simulation system for a drone system comprises a trainer station (10) having a first output means (101, 102, 103), which is equipped to generate and show at least one current exterior view of the drone, a second output means (201, 202, 204, 204), which is equipped to show at least one current display of a ground station of the drone; and a first input means (20, 30), which is equipped to change a parameter of the drone simulation, wherein the training simulation system further comprises a first interface to a simulation means, which is equipped to simulate the physical properties of the drone, and a second interface to a ground control station, which is equipped to control the drone.

(57) Zusammenfassung: Ein Ausbildungssimulationssystem für ein Drohnensystem umfasst einen Ausbilderplatz (10) mit einem ersten Ausgabemittel (101, 102, 103), das eingerichtet ist, zumindest eine aktuelle Außenansicht der Drohne zu erzeugen und darzustellen, einem zweiten Ausgabemittel (201, 202, 203, 204), das eingerichtet ist, zumindest eine aktuelle Anzeige einer Bodenstation der Drohne darzustellen; sowie ein erstes Eingabemittel (20, 30), das eingerichtet ist, einen Parameter der Drohnensimulation zu verändern, wobei das Ausbildungssimulationssystem weiterhin eine erste Schnittstelle zu einem Simulations-

mittel, das eingerichtet ist, die physikalischen Eigenschaften der Drohne zu simulieren, und eine zweite Schnittstelle zu einer Bodenkontrollstation, die zur Steuerung der Drohne eingerichtet, umfasst.

WO 2011/051501 A2

Ausbildungssimulationssystem für Drohnensysteme

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Ausbildungssimulationssystem für ein Drohnensystem, das bei der Ausbildung von Drohnensteuerern einsetzbar ist.

Unbemannte Luftfahrzeuge werden im allgemeinen auch Drohnen genannt. Sie sind wiederverwendbare Flugobjekte, die zur Überwachung, Erkundung, Aufklärung und mit Waffen bestückt in Kampfeinsätzen verwendet werden können. Der Begriff "Drohne" ist allerdings nicht auf Flugobjekte beschränkt. So gibt es auch Boden-, See- und Untersee-Drohnen. Alle diese Drohnen werden in militärischen, geheimdienstlichen und zivilen Bereichen verwendet. Im weiteren wird beispielhaft auf fliegende Drohnen Bezug genommen. Dies stellt jedoch keine Einschränkung hinsichtlich anderer Drohnensysteme, insbesondere nicht hinsichtlich Boden-, See- und Untersee-Drohnen, dar. Eine Drohne fliegt ohne einen Pilot an Bord und wird entweder automatisiert über ein Programm oder vom Boden aus mittels einer Bodenkontrollstation (BKS) über Funksignale, bzw. über Satellitenfunk betrieben. Je nach Einsatzgebiet und Ausstattung können Drohnen Nutzlasten tragen, wie z. B. Raketen für einen militärischen Angriff. Weiterhin wird auch die Abkürzung UAV für unmanned/uninhabited/unpiloted aerial vehicle für Drohnen verwendet.

Die Bedienung der Drohne in der Bodenstation muß selbstverständlich geübt und erlernt werden. Dabei ist es vorteilhaft, auf Simulationen zurückzugreifen, so daß kein teures Gerät gefährdet wird.

Im Hinblick auf das oben Gesagte schlägt die vorliegende Erfindung ein Ausbildungssimulationssystem für ein Drohnensystem gemäß Anspruch 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, Einzelheiten, Aspekte und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung sowie der beigefügten Zeichnung. In letzterer zeigt:

Fig. 1 einen Ausbildungsplatz gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2.1 eine Darstellung der unterschiedlichen Geschwindigkeitsanforderungen an die Übermittlung der Flug- und Steuerungsdaten zwischen der Bodenkontrollstation und einer realen Drohne und zwischen der Drohnensimulation und der UAS-TS.

Fig. 2.2 eine schematische Darstellung der Anbindung von Drohnensystemen an UAS-TS.

Fig. 3.1 ein Schema der an der Simulation beteiligten Komponenten und deren Schnittstellen.

Fig. 3.2 ein Schema der an der Simulation beteiligten Komponenten und deren Schnittstellen.

Fig. 4.1 ein Schema der an der Simulation beteiligten Komponenten und deren Kommunikation im UAS-TS Prototypen.

Fig. 4.2 ein Schema der an der Simulation beteiligten Komponenten und deren Schnittstellen bei der Anbindung des LUNA-Systems.

Fig. 4.3 eine detaillierte Darstellung der Kommunikation zwischen LUSiCo und den Komponenten der Bodenkontrollstation LUNA.

Fig. 4.3 eine in der Ausbildungssimulation UAS-TS realisierte Eingabemaske der Wettervorhersage für UAVs.

Fig. 4.4 eine in der Ausbildungssimulation UAS-TS realisierte Eingabemaske der Fehler-Einspeisung für UAVs.

Im weiteren werden die folgenden Abkürzungen verwendet, deren Bedeutung hier angegeben ist:

ABUL	Automatisierte Bildauswertung am Beispiel UAV LUNA.
BG2001	In der LUNA-BKS integriertes Bediengerät.
BKS	Bodenkontrollstation
DataCenter	Schnittstelle zwischen der LUSiCo und der LUNA-BKS.
Downlink	(Funk-) Verbindung von dem UAV zur BKS.
DV	Digitales Video.
GCSGate	Schnittstelle zw. dem Modul zur Flugberechnung der Drohne und der BKS.
IEEE1394	Standard der Busschnittstelle FireWire.

LSGate	Schnittstelle, die die Daten der drohnenspez. Simulation in Echtzeit bereitstellt.
LUNA	Aufklärungsdrohne (Luftgestützte unbemannte Nahaufklärungs-Ausstattung)
LUSiCo	LUNA Simulation Core
LuSiCoGate	Schnittstelle zwischen dem LUSiCo und dem LSGate.
RealtimeGate	Schnittstelle zw. der drohnenspez. Simul. des Herstellers und UAS-CG-LUNA.
RS-232	Standard der seriellen Schnittstelle.
SDI	Serial Digital Interface. Schnittstelle zur Übertragung von dig. Videosignalen.
STANAG-4586	NATO-Richtlinie zur Kommunikation zwischen BKS und Fluggerät.
STANAG-4609	NATO-Richtlinie zur digitalen Bildübertragung.
UAS	Unmanned Aerial System. Unbemanntes Luftsystem.
UAS-CG-LUNA	Kontroll- und Datenschnittstelle zwischen der UAS-TS und LSGate.
UAS-TS	Unmanned Aerial System – Training Simulation.
UAS-VG-LUNA	Videoschnittstelle der UAS-TS, die ein SDI-Signal liefert (SMPTE-259M).
UAV	Unmanned Aerial Vehicle. Unbemanntes Luftfahrzeug.
UDP/IP	Verbindungsloses Netzwerkprotokoll basierend auf dem Internetprotokoll (IP).
Uplink	(Funk-) Verbindung von der BKS zum UAV.
VideoGate	Schnittstelle zur Umwandlung des SDI-Signales in ein BKS-kompatibles Signal.

Die vorliegende Beschreibung betrifft ein Ausbildungssimulationssystem „Unmanned Aerial System – Training Simulation“ (kurz UAS-TS) für ein Drohnensystem, insbesondere für das Drohnensystem „Luftgestützte unbemannte Nahaufklärungs-Ausstattung“ (kurz LUNA). Das Ausbildungssystem umfaßt dabei einen in Fig. 1 gezeigten Ausbilderarbeitsplatz 10, der über Schnittstellen mit einer Bodenkontrollstation (BKS) für eine Drohne und einer Simulationseinheit für die physikalischen Flugeigenschaften der Drohne verbunden werden kann. Der Arbeitsplatz umfaßt dabei zwei voneinander trennbare Teile, nämlich einen

Arbeitsstisch 50, der beispielsweise auf feststellbaren Rollen montiert ist, sowie eine Rückwand 60, die ebenfalls rollbar ausgebildet sein kann. Die Tischeinheit 50 und die Wandeinheit 60 sind trennbar, so daß sie leichter zu transportieren sind. An der Wandeinheit 60 sind übereinander zwei Reihen von Monitoren montiert. Dabei wird auf drei ersten Monitoren 101, 102, 103 die simulierte Drohne in einer Außenansicht dargestellt, so daß der Ausbilder aus verschiedenen Blickwinkeln die Drohne in ihrer Umgebung sieht. Diese Ansicht steht dem Drohnensteuerer an der BKS selbstverständlich nicht zur Verfügung, sondern lediglich die von der Drohne gelieferten Kamerabilder. Diese werden dem Ausbilder auf der zweiten Monitorreihe auf vier Monitoren 201, 202, 203, 204 ebenfalls angezeigt. Gemäß einem Ausführungsbeispiel werden die vier Monitore einfach von der BKS geklont, um den Aufwand zu verringern. Die geklonten BKS Bildschirme ermöglichen weiterhin nicht nur die Darstellung der Kamerabilder, sondern auch aller anderen Daten in der BKS (Karte, Wegpunkte, Telemetrie, etc.). Dadurch hat der Ausbilder auch die Möglichkeit, die Eingaben und Interaktionen des Bedienpersonals zu beobachten. Der Ausbilderplatz 10 umfaßt weiterhin eine Eingabeeinheit, die gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Touchpad 20 sowie eine Tastatur 30 umfaßt. Über das Touchpad 20 bzw. über die Tastatur 30 kann der Ausbilder bestimmte Szenarien hervorrufen bzw. die Simulation beeinflussen. So können beispielsweise über das Touchpad 20 Fehler simuliert werden, wie beispielsweise ein Telemetrieausfall, eine Vereisung der Drohne, das Nichtauslösen des Landeschrims und ähnliches. So existiert für Drohnen eine Notfallcheckliste, gemäß der verschiedenste Störungen im Betrieb der Drohne erfaßt und entsprechende Handlungsanweisungen vorgegeben sind. Das Ausbildungssimulationssystem ist eingerichtet, alle diese Szenarien zu simulieren, so daß die Bedienmannschaft der Drohne für etwaige Notfälle geschult werden kann. Weiterhin kann der Ausbilder eine bestimmte Wettersituation vorgeben. Dies erfolgt typischerweise über die Tastatur 30, da diese für die schnelle Eingabe komplexer Daten besser geeignet sein kann als das Touchpad 20.

Das Ausbildungssimulationssystem umfaßt weiterhin typischerweise mehrere Rechner, die beispielsweise in einem transportablen Rack oder an dem Arbeitsplatz 10 selbst angeordnet sein können. Typischerweise weist das Ausbildungssimulationssystem einen Datalink-Server auf, der die Kommunikation mit einer Einheit zur Simulation der physikalischen Flugeigenschaften der Drohne übernimmt. Diese Verbindung ist bidirektional, da die vom Ausbilder über die Eingabemittel 20, 30 eingegebenen Fehler oder Szenarien an die Simulation übermittelt werden müssen. Auf der anderen Seite liefert die Einheit zur

Simulation der physikalischen Flugeigenschaften der Drohne lediglich entsprechende Daten, die von dem Ausbildungssimulationssystem visualisiert werden. Dazu sind die Geländedaten der Einsatzumgebung in einer Datenbank des Ausbildungssimulationssystems abgelegt. Die Datenbank kann zentral oder auf mehrere Rechner verteilt ausgebildet sein. Typischerweise umfaßt die Datenbank Geländedaten, die eine Simulation von Boden-, Luft- und Wassereinheiten in derselben Simulation erlauben. Das Ausbildungssimulationssystem weist weiterhin einen Videostream-Server auf, der über eine Schnittstelle mit der BKS verbunden ist und die von der Simulation erzeugten Ansichten der Drohnenkameras an die BKS übersendet. Schließlich umfaßt das Ausbildungssimulationssystem typischerweise noch einen Interface-Server, der beispielsweise die Eingabe und Ausgabe über die Eingabemittel und Ausgabemittel des Ausbilderplatzes 10 abwickelt.

Das Ausbildungssimulationssystem kann weiterhin eine Debriefing-Einheit bzw. Debriefing-Schnittstelle aufweisen, die eine Nachbesprechung des Trainings erlaubt. Typischerweise umfaßt die Debriefing-Einheit ein Aufzeichnungsmittel, auf dem die Trainingseinheit aufgezeichnet werden kann. Weiterhin umfaßt die Debriefing-Einheit ein Wiedergabemittel, um die aufgezeichnete Trainingseinheit wiederzugeben, wobei das Wiedergabemittel typischerweise eingerichtet ist, die Wiedergabe anzuhalten, vorzuspulen, zurückzuspulen, zu springen, in Zeitlupe ablaufen zu lassen etc. Typischerweise umfaßt die Debriefing-Einheit eine herkömmliche Video-Schnittstelle, damit die Aufzeichnung auf herkömmlichen Medien wiedergegeben werden kann.

Weiterhin umfaßt der Ausbildungsplatz 10 eine Eingabeeinheit 40, die ebenfalls als Touchpad ausgestaltet sein kann. Über diese Einheit 40, die auch als Control Center bezeichnet wird, können die Funktionen des Ausbildungssimulationssystems gesteuert werden. Insbesondere erlaubt das Control Center 40 das synchronisierte Hochfahren und Herunterfahren des gesamten Ausbildungssimulationssystems. Über die zentralisierte Steuerung und Anzeige der des Control Center 40 wird eine benutzerfreundliche Bedienung und Überwachung des gesamten Systems gewährleistet. Insbesondere werden der Status der einzelnen Datenlinks angezeigt und mitgeloggt, so daß Fehlfunktionen schnell erkannt und beseitigt werden können.

Das Ausbildungssimulationssystem umfaßt weiterhin eine Schnittstelle, deren Entwicklung modular und konform zu bestehenden Standard-Protokollen erfolgt, um zum einen die

Komplexität zu analysieren und andererseits die zukünftige Erweiterung der Schnittstelle zu ermöglichen. Dabei wird insbesondere die STANAG-Richtlinie 4586 in Version 2.5 berücksichtigt. Diese Richtlinie definiert die zur Kommunikation verwendeten Schnittstellen, Daten- und Nachrichtenformate einheitlich. Sie lässt Herstellern ausreichend Freiräume zur Realisierung der Kommunikation mit der Drohne und bietet Ihnen zugleich einen standardisierten Rahmen. Das modulare Layout der Schnittstelle ermöglicht die unkomplizierte Anbindung zukünftiger Drohnensysteme. Die im Rahmen der Anbindung entstehende Kommunikation erfolgt konform zu bestehenden STANAG-Richtlinien. Die Beschreibung ist folgendermaßen gegliedert. Der nächste Abschnitt beschreibt zum einen allgemeine Ziele und Rahmenbedingungen sowie aus technischen Gesichtspunkten notwendige Rahmenbedingungen. Aus diesen wird im darauffolgenden Abschnitt der grundsätzliche Aufbau der Schnittstelle abgeleitet, d.h. ohne Fokussierung auf ein konkretes Drohnensystem. Daraufhin wird diese Schnittstelle anhand der Anbindung des Drohnensystems LUNA als Ausführungsbeispiel konkretisiert. Der darauffolgende Abschnitt stellt die zwischen UAS-TS und dem Drohnensystem zu übertragenden Daten vor, die sich aus der Analyse der Anforderungen ergeben. Die Eingabemaske zur Übertragung der Wettervorhersage für UAVs an die Ausbildungssimulation UAS-TS sowie eine Eingabemaske für Fehlfunktionen von UAVs werden anschließend beschrieben.

Die Anbindung des Ausbildungssimulationssystems UAS-TS an ein Drohnensystem soll mittels einer flexiblen und zugleich standardisierten Schnittstelle erfolgen. Die Schnittstelle ist konform zu der STANAG-Richtlinie 4586 ausgelegt. Dies ermöglicht eine effektive und zugleich kosten- und zeitgünstige Anbindung. Darüber hinaus soll die Schnittstelle die Möglichkeit der UAS-TS bestehende Karten sowie Satelliten- und Überflugbilder einzubinden und verschiedenste Ausbildungsszenarien realitätsgetreu simulieren zu können, effektiv unterstützen. Dieses ermöglicht die realitätsnahe Ausbildung des UAV-Steuers sowie der Bildauswerter. Um die technischen Rahmenbedingungen zu beleuchten, werden zunächst die grundsätzlichen Unterschiede zwischen der Steuerung einer realen Drohne und der Simulation einer Drohne beschrieben. Abbildung 2.1. führt diese schematisch auf. Bei der Steuerung einer realen Drohne werden die Telemetrie- und Steuerungsdaten typischerweise in einer relativ niedrigen Häufigkeit übertragen; typischerweise ein bis fünf Mal in der Sekunde. Lediglich die Übertragung des Videosignals, der an Bord befindlichen Kameras, erfolgt in der Regel häufig, um eine flüssige Darstellung des zu beobachtenden Gebietes zu ermöglichen. Bei der Simulation einer virtuellen Drohne in einer Ausbildungssimulation müssen die

aktuellen Telemetriedaten der Drohne, also die Positions-, Lage- und Kameraausrichtungsdaten, ebenfalls mit einer sehr hohen Aktualität vorliegen. Nur auf diese Weise sind die folgenden drei Dinge gewährleistet:

- a) die visuelle Darstellung der Drohne in der virtuellen Welt ist flüssig und frei von Unterbrechungen;
- b) die Simulation der Kamera der Drohne in der virtuellen Welt – und somit der simulierte Blick durch die Kamera – ist flüssig und frei von Unterbrechungen.
- c) eine physikalisch korrekte Berechnung.

Die Punkte (b) und (c) sind aus Ausbildungssicht sicherlich relevanter, da es wünschenswert ist, dass die Auszubildenden (beinahe) keinen Unterschied zwischen dem Einsatz einer realen Drohne und der Simulation dieses Einsatzes in der UAS-TS feststellen sollen. Wie in der eben vorgestellten Abbildung 2.1 dargestellt, ist die Ausbildungssimulation UAS-TS für jede spezifische Drohne mit einem spezifischen Modul zur Flugberechnung der Drohne verbunden, die die (weitestgehend physikalischen) Spezifika der Drohne synthetisch abbildet. Diese UASabhängige Simulation besteht aus den folgenden Komponenten:· ein Drohnensimulator bzw. Autopilotsimulator; ein physikalischer Simulator, da eine enge Kopplung mit dem Autopilotsimulator vorhanden ist, wobei der Physiksimulator auch in die UAS-TS ausgelagert werden kann; ein Antennen Simulator; ein Landernetz Simulator; und Schnittstellen zur UAS-TS.

Nun wird kurz auf die Anbindung anderer Drohnensysteme an die UAS-TS eingegangen. Das modulare und Standard-konforme Design der Schnittstelle ermöglicht zugleich die unkomplizierte Anbindung von Drohnensystemen, die ebenfalls nach der STANAG-Richtlinie 4586 mit der Drohne kommunizieren. Daher ist das in Abbildung 2.2 dargestellte Szenario realisierbar.

In diesem Abschnitt wird anhand der Anbindung der LUNA das grundsätzliche Layout der Schnittstelle beschrieben, die die unkomplizierte Anbindung von Drohnensystemen an die UAS-TS ermöglichen. Die Abbildungen 3.1 und 3.2 zeigen schematisch die beteiligten Systeme, sowie deren Schnittstellen. Zur Anbindung von Drohnensystemen stellt die UAS-TS

zwei STANAG-konforme Schnittstellen zur Verfügung. Zum einen die Schnittstelle „UAS-CG-LUNA“ zur bidirektionalen Kommunikation mit der (synthetischen) Drohne. Diese ist dem STANAG-4586 Protokoll folgend angelegt und dient in erster Linie zur Übertragung von Telemetrie- und Konfigurationsdaten von der Drohne zur UAS-TS. In umgekehrter Richtung dient diese Schnittstelle der Übertragung von Simulationsdaten an die Drohne - beispielsweise der aktuell vorherrschenden Windgeschwindigkeit und Windrichtung. Die unidirektionale Schnittstelle „UAS-VG-LUNA“ folgt dem STANAG-4609 Protokoll und liefert die Videodarstellung der UAS-TS Simulation. Konkret werden hier die Kamerasignale der Kameras der Drohne übertragen. Diese können an externe Module wie das ABUL-System weitergeleitet werden. An dieser Stelle sei nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese beiden Schnittstellen unabhängig von der verwendeten Drohne aufgebaut sind. Zur Anbindung eines konkreten Drohnensystems wie beispielsweise des LUNA-Systems an die UAS-TS sind nun zwei Komponenten zu entwickeln. Zum einen muss das Videosignal der UAS-TS Simulation an die Bodenkontrollstation der Drohne übermittelt werden. Dazu ist u.U. zur Konvertierung des STANAG-4609-konformen Videosignals ein geeignetes VideoGate zu entwickeln. Zum anderen müssen die Eigenschaften der Drohne simuliert werden. Dieses erfordert die Entwicklung eines Moduls zur Flugberechnung der Drohne, in der u.a. die physikalischen (Flug-) Eigenschaften der Drohne simuliert werden. Es erfolgt keine direkte Kommunikation der UAS-TS mit der Bodenkontrollstation der Drohne. Wie weiter vorne erläutert erfordert die flüssige Darstellung der Drohne in der von UAS-TS berechneten Echtzeit-3D-Darstellung eine hohe Aktualisierungsrate der Positions- und Lagedaten der Drohne. Diese müssen kontinuierlich mindestens alle 20 Millisekunden aufgefrischt werden. Um diesem Rechnung zu tragen ist trotz der STANAG-konformen Übermittlung der Flugdaten der Drohne in Richtung UAS-TS die sogenannte Schnittstelle „RealtimeGate“ vorgesehen. Diese interpoliert die Daten der Flugberechnung der Drohne zwischen den Zeitschritten, um eine ruckelfreie und realistische Simulation der Drohne zu garantieren. Auf dieses Gate greift UAS-TS dann durch das STANAG-konforme UAS-CGLUNA zu. Bevor im nächsten Abschnitt die Schnittstelle näher spezifiziert wird, wird aus Gründen der Vollständigkeit eine zweite Anbindungsmöglichkeit von Drohnensystemen an die UAS-TS vorstellen. Abbildung 3.2 zeigt diese Anbindung, die insbesondere denkbar ist, falls der Drohnenhersteller über keine eigene Simulation der Flugeigenschaften der Drohne verfügt. So ist es möglich zukünftig ohne großen Aufwand andere Drohnensysteme an UAS-TS anzubinden.

Abbildung 4.1. zeigt den schematischen Aufbau des Ausführungsbeispiels einer Anbindung der UAS-TS an das Drohnensystem LUNA. Dabei wurde die physikalische Simulation der LUNA eingebunden. Die Anbindung des LUNA Simulation Core (LUSiCo) erfolgt gemäß der aus dem letzten Abschnitt bekannten Abbildung 3.1 und resultiert in der in Abbildung 4.2 dargestellten Struktur. Der folgende Abschnitt beschreibt die konkrete Auslegung der Schnittstellen UAS-CG-LUNA, LSGate und UAS-VG-LUNA. Der sich daran anschließende Abschnitt geht auf die Details der Flugberechnung der Drohne durch EMT ein.

Die Kommunikation zwischen LSGate und UAS-CG-LUNA ist durch DLL-Aufrufe und Callback-Funktionen realisiert. Als Programmiersprache kann auf beiden Seiten C++ zum Einsatz kommen. Die Datenübertragung von LSGate zu UAS-CG-LUNA geschieht von LSGate gesteuert durch folgende Funktionen `lsgateGetParameter` und `lsgateSetParameter`. Dabei spezifiziert der erste Parameter das angesprochene System durch die zugewiesene `SystemID`. Es werden exakt `_NumberOfParameter` Parameter abgefragt bzw. gesetzt. Für eine beliebige natürliche Zahl `i` zwischen 0 und `_NumberOfParameters` gilt dabei: Der Parameter `_pParameterIDs[i]` gibt die ID des gewünschten Parameters an. Der Parameter `_pParameterAddress[i]` gibt die Speicheradresse an, unter der der aktuelle Wert des Parameters durch LSGate abgerufen bzw. abgelegt wird. Die aufrufende Funktion hat sicherzustellen, dass ausreichend Speicherplatz zur Verfügung steht. Schließlich liefert die Funktion durch einen Fehlercode zurück, ob der Aufruf erfolgreich war. Das Modul LSGate stellt hingegen sicher, dass alle zurückgelieferten Werte untereinander konsistent sind, also den Zustand der Simulation zu einem Zeitschritt liefern. Ebenso wird die Thread-Safety durch das Modul LSGate gesichert.

Am Beispiel der Parameter-ID `SYS_WIND_DIRECTION` sollen die festgelegten Eigenschaften der Parameter erläutert werden:

ID	Einheit	Typ	Setzbar	Frequenz [ms]	Min	Max
<code>SYS_WIND_DIRECTION</code>	Radians	double	Ja	20	0	2pi

Die Angabe der Windrichtung erfolgt in Radians und als Fließkomma mit doppelter Genauigkeit. Dementsprechend sind zulässige Werte des Parameters im Intervall $[0, 2\pi)$. Der Wert darf durch UAS-CG-LUNA an LSGate übermittelt werden und spätestens alle 20ms

liegt ein aktualisierter Wert zum Abruf durch die UAS-TS im LSGate vor. Während der Simulation von LUSiCo ausgelöste Ereignisse – wie beispielsweise die Definition eines neuen Wegpunkts – werden von LSGate durch eine Callback-Funktion an UAS-CG-LUNA und somit an UAS-TS übertragen. Dazu wird ein entsprechender Funktions-Zeiger an LSGate mit der Funktion `lsgateSetEventCallback` übertragen. Die Übertragung der Videodaten durch die Schnittstelle „UAS-VG-LUNA“ an die Bodenkontrollstation erfolgt analog oder digital. Bei analoger Übertragung wird das digitale STANAG-4609-konforme Ausgangsvideosignal der UAS-TS zunächst durch das „VideoGate“ in ein analoges umgewandelt und anschließend in den in der Bodenstation integrierten DV-Recorder eingespeist. Von dort wird es an die einzelnen Anzeigeelemente weitergereicht. Es kann jedoch auch die gesamte Wegstrecke von der UAS-TS bis zu den Anzeigeterminals der Bodenkontrollstation digital gehalten werden. Dies führt zu einer gesteigerten Bildqualität und Fehlertoleranz.

Bislang bekannte Systeme ermöglichen lediglich die Ausbildung des Steuerers, da eine Visualisierung der durch die Kamera erfaßten Bilder im Rahmen der vorhandenen Simulation nicht möglich ist. Der modulare Aufbau der Simulationsumgebung UAS-TS ermöglicht nun die Anbindung dieser existierenden Simulationen. Da dadurch die Neuentwicklung komplexer Softwaremodule verhindert wird, stellt dieses die kosten- und zeitgünstigste Lösung dar (ohne die spätere Anbindung anderer Drohnen zu erschweren). Dennoch sind Anpassungen der vorhandenen Simulation nicht gänzlich zu vermeiden. Abbildung 4.3 zeigt den Aufbau des Moduls zur Flugberechnung der LUNA. Den Hauptteil nimmt der LUNA Simulations Kern LUSiCo ein (LUNA Simulation Core). Dieser kommuniziert STANAG- 4586-konform über das LUSiCoGate mit dem UAS-CG-LUNA und somit letztendlich mit der Simulation UAS-TS. Durch diese Schnittstelle ist zum einen die Simulation der LUNA durch UAS-TS hochgradig steuerbar und zum anderen die ausreichend zeitnahe Übertragung der Flugdaten an die UAS-TS gewährleistet. Die eigentliche Simulation der Drohne erfolgt im LUSiCo durch die Module „Physical Simulator (PSi)“, „Autopilot Simulator (ApSis)“, „Netzsimulator (NGPS Simulation)“, „Antennen Tracker Simulation“. Auf der anderen Seite stellt er über das DataCenter die Verbindung zur der Bodenkontrollstation her. Das DataCenter verbindet somit LUSiCo mit dem Notsystem, dem Steuerrechner, dem Videorechner sowie dem Kartenrechner.

Die Ausbildungssimulation UAS-TS ist insbesondere für die Schulung von Drohnen- und Videooperatoren eingerichtet. Daher stehen nach abgeschlossenem Vorflugcheck die durch

den Operator eingetragenen Daten der UAS-TS zur Verfügung und werden dem Ausbilder unmittelbar angezeigt. Da alle für den Vorflugcheck relevanten Eigenschaften der Drohne durch den Ausbilder veränderbar sind, lassen sich somit Fehleingaben während des Vorflugchecks provozieren und erkennen. Dieses betrifft sowohl den Vorflugcheck des Karten- als auch des Videorechners und unterstützt somit sowohl die Schulung des Steuerers als auch des Bildoperators bereits in dieser frühen Phase des Einsatzes. Durch die Übertragung und Visualisierung von erweiterten Telemetriedaten wie beispielsweise der Motordrehzahl und Seitenruderausschlags läßt sich theoretisch der Starter am Startkatapult ebenfalls ausbilden. Neben der Simulation des gewöhnlichen Starts und Drohnenflugs – und somit der Schulung zur Vermeidung von Menschen hervorgerufenen Ausnahmesituationen – ermöglicht die Schnittstelle die Einspeisung von (technischen) Fehlern durch den Ausbilder, die während des Betriebs der LUNA auftreten. Dieses reicht von Ausfällen des Motors, oder des GPS-Systems bis zu Gefahrensituationen durch starke Abwinde und Abschattungen des Kommunikationssignals durch Hindernisse. Dazu zeigt Figur 4.4 eine Eingabemaske für Fehlfunktionen von UAVs, über die die Eingabe, Abspeicherung sowie der Wiederaufruf der Fehlereinspeisung für UAVs in der UAS-TS realisiert ist. Die aktuellen Einstellungen des Bediengeräts BG2001 werden laufend an die Simulation UAS-TS über die oben definierte Schnittstelle übermittelt und stehen damit dem Ausbilder ebenfalls in Echtzeit zur Verfügung. Dieses unterstützt ebenfalls die Ausbildung des Steuerers. Durch das Setzen der Anfangsposition und Fluglage der Drohne sind gezielte Schulungen von vorgegebenen Szenarien möglich ohne die Startprozedur durchlaufen zu müssen. Ebenso ist die Möglichkeit einer temporären Unterbrechung der Simulation und spätere Wiederaufnahme durch den Ausbilder in der Schnittstellendefinition enthalten. Eine weitere Neuerung, die durch die Einführung der Simulationsumgebung UAS-TS ermöglicht wird, ist die Schulung der Bildoperatoren im Rahmen der Simulation. Dazu werden über die Schnittstelle die relevanten Kameradaten, wie beispielsweise die Ausrichtung des Kamerapods und die verwendete Zoomstufe an die UAS-TS übermittelt. Durch die realitätsnahe Simulation der von der LUNA erzeugten Kamerabilder lassen sich Überwachungs- und Erkundungssituation effektiv schulen.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ermöglicht die Ausbildungssimulation UAS-TS die Simulation eines konfigurierbaren und auf der Wettervorhersage für UAVs fundierenden Wettersystems. Dieses erlaubt die Berücksichtigung von Wettereinflüssen auf den Flug der Drohne und die Beobachtung des Geländes durch die Bildoperatoren. Dabei ist die Eingabe,

Abspeicherung und Wiederaufruf der Wettervorhersage für UAVs in der UAS-TS realisiert. Abbildung 4.3 zeigt die dafür vorgesehene Eingabemaske. Die farblich hinterlegten Felder sind im Rahmen der UAS-TS editierbar.

Vorhergehend wurde der Aufbau der modularen Schnittstelle zwischen dem STANAG-konformen Drohnensystem LUNA und der Ausbildungssimulation UAS-TS beschrieben. Die durch die Analyse ermittelten zu übertragenden Daten und die darauf basierende Schnittstelle ermöglichen eine realistische Simulation diverser Einsatzszenarios, inklusive technischer Ausfälle und witterungsbedingter Extremsituationen. Das System ermöglicht die realitätsnahe Schulung des Flug- und Bildoperators in der Vorflug- und Flugphase. Dank des modularen Aufbaus der Schnittstelle kann diese im Laufe des Projekts (und auch darüber hinaus) jederzeit erweitert und ergänzt werden, sowie weitere (STANAG-konforme) Drohnensysteme angebunden werden. Bereits in dieser frühen Phase des Projekts ist die Eingabe der Wettervorhersage für UAVs durch einer dieser nachempfundenen Eingabemaske in UAS-TS möglich.

Die vorliegende Erfindung wurde anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Diese Ausführungsbeispiele sollten keinesfalls als einschränkend für die vorliegende Erfindung verstanden werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Ausbildungssimulationssystem für ein Drohnensystem, umfassend einen Ausbilderplatz (10) mit

einem ersten Ausgabemittel (101, 102, 103), das eingerichtet ist, zumindest eine aktuelle Außenansicht der Drohne zu erzeugen und darzustellen,

einem zweiten Ausgabemittel (201, 202, 203, 204), das eingerichtet ist, zumindest eine aktuelle Anzeige einer Bodenkontrollstation der Drohne darzustellen; sowie

ein erstes Eingabemittel (20, 30), das eingerichtet ist, einen Parameter der Drohnensimulation zu verändern,

wobei das Ausbildungssimulationssystem weiterhin eine erste Schnittstelle zu einem Simulationsmittel, das eingerichtet ist, die physikalischen Eigenschaften der Drohne zu simulieren, und eine zweite Schnittstelle zu einer Bodenkontrollstation, die zur Steuerung der Drohne eingerichtet, umfaßt.
2. Ausbildungssimulationssystem nach Anspruch 1, wobei das erste Eingabemittel ein Touchpad (20) und/oder eine Tastatur (30) umfaßt.
3. Ausbildungssimulationssystem nach Anspruch 1 oder 2, der Parameter, der über das erste Eingabemittel verändert werden kann, umfaßt: eine Wetterbedingung, einen technischen Fehler der Drohne, einen technischen Fehler der Bodenkontrollstation, einen Fehler der Funkverbindung zwischen Bodenkontrollstation und Drohne, eine Flugsituation und Kombinationen der vorhergehenden Parameter.
4. Ausbildungssimulationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend eine Steuereinheit, die eingerichtet ist, das Ausbildungssimulationssystem zentral zu steuern.

5. Ausbildungssimulationssystem nach Anspruch 4, wobei die Steuereinheit eine zweite Eingabeeinheit umfaßt, die zur Eingabe von Steuerbefehlen für das Ausbildungssimulationssystem eingerichtet ist.
6. Ausbildungssimulationssystem nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Steuereinheit eingerichtet ist, das Ausbildungssimulationssystem synchronisiert hochzufahren und/oder synchronisiert herunterzufahren.
7. Ausbildungssimulationssystem nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die Steuereinheit weiterhin eingerichtet ist, den Betriebszustand einer oder mehrerer Funktionseinheiten des Ausbildungssimulationssystems zu überwachen und/oder zu protokollieren.
8. Ausbildungssimulationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend eine Debriefing-Einheit, die eingerichtet ist, eine simulierte Trainingseinheit aufzuzeichnen und wiederzugeben.

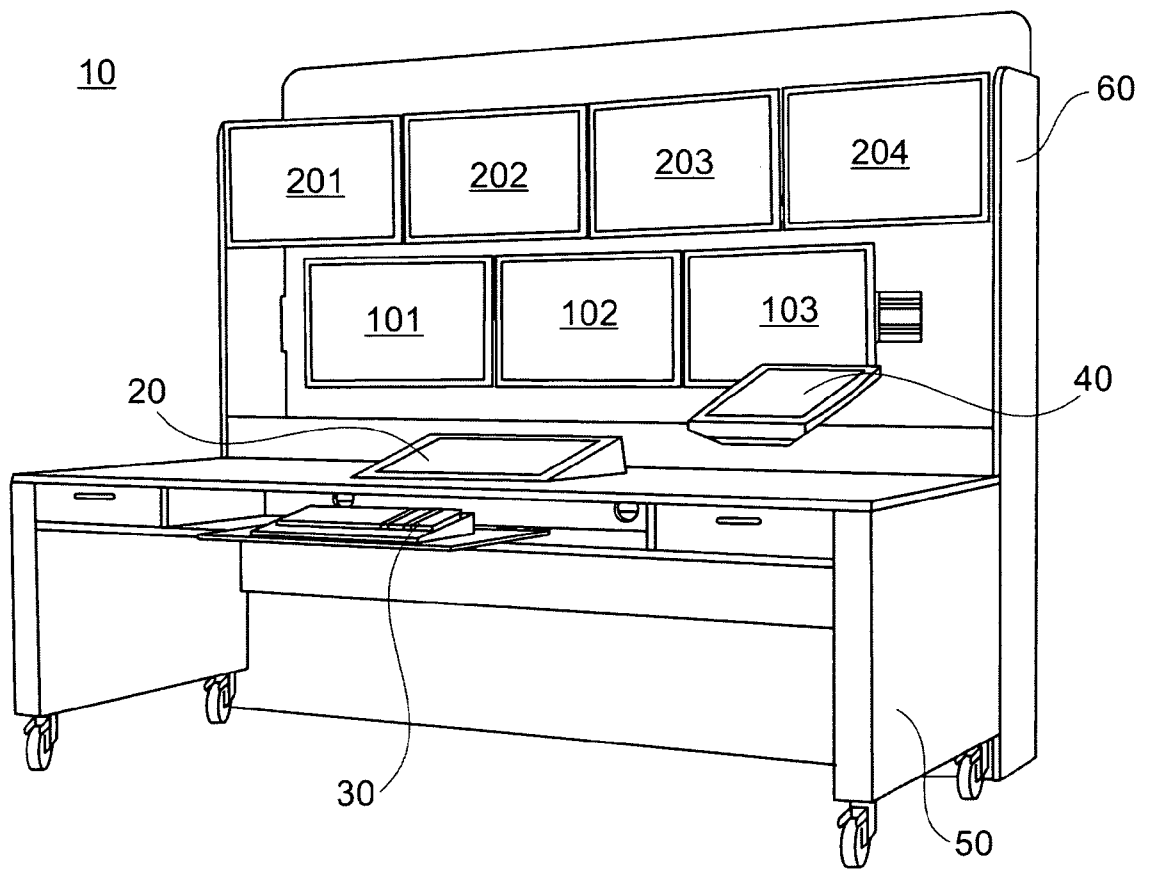


Fig. 1

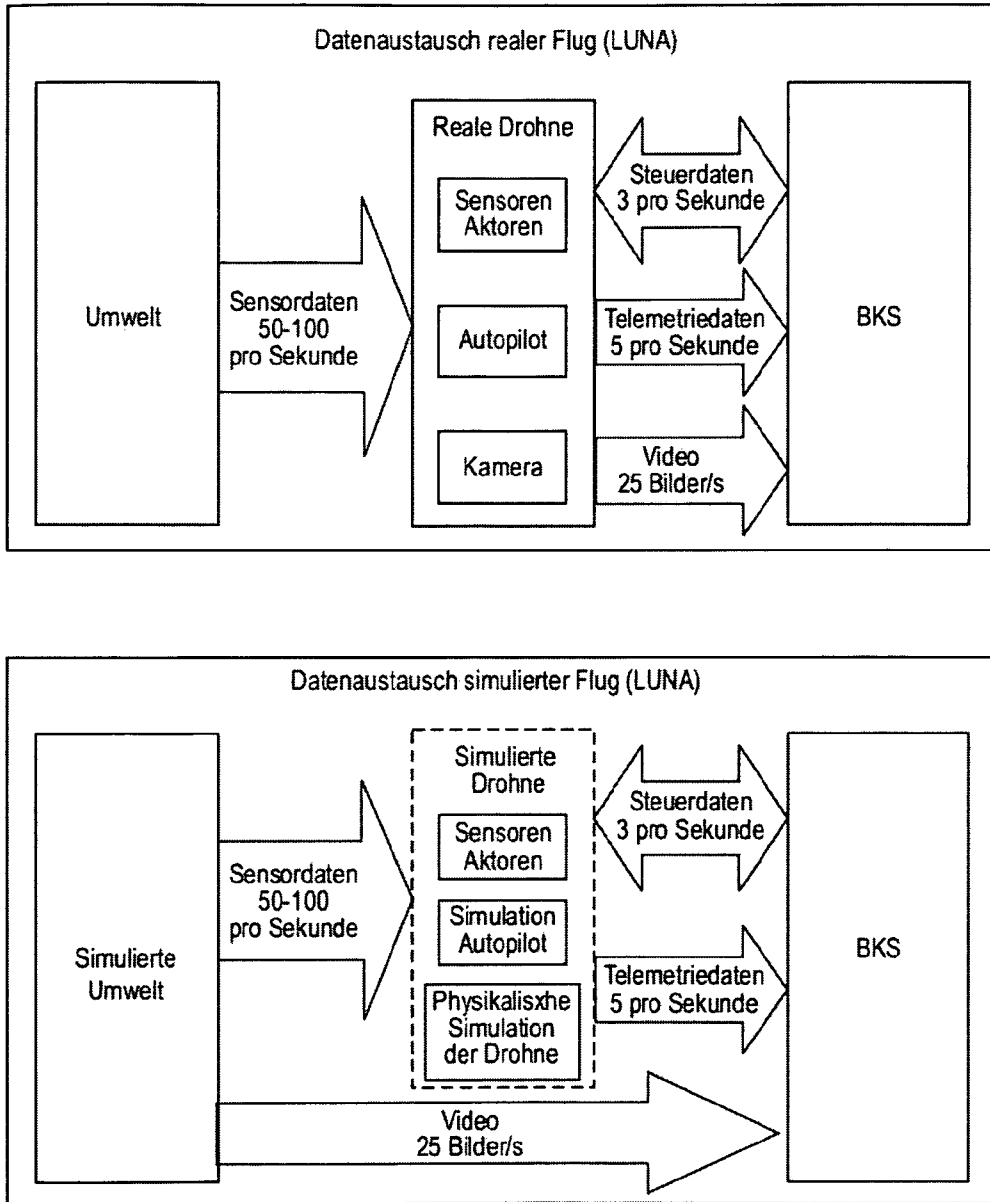


Abbildung 2.1. Darstellung der unterschiedlichen Geschwindigkeitsanforderungen an die Übermittlung der Flug- und Steuerungsdaten zwischen der Bodenkontrollstation und einer realen Drohne und zwischen der Drohnensimulation und der UAS-TS.

Fig. 2.1

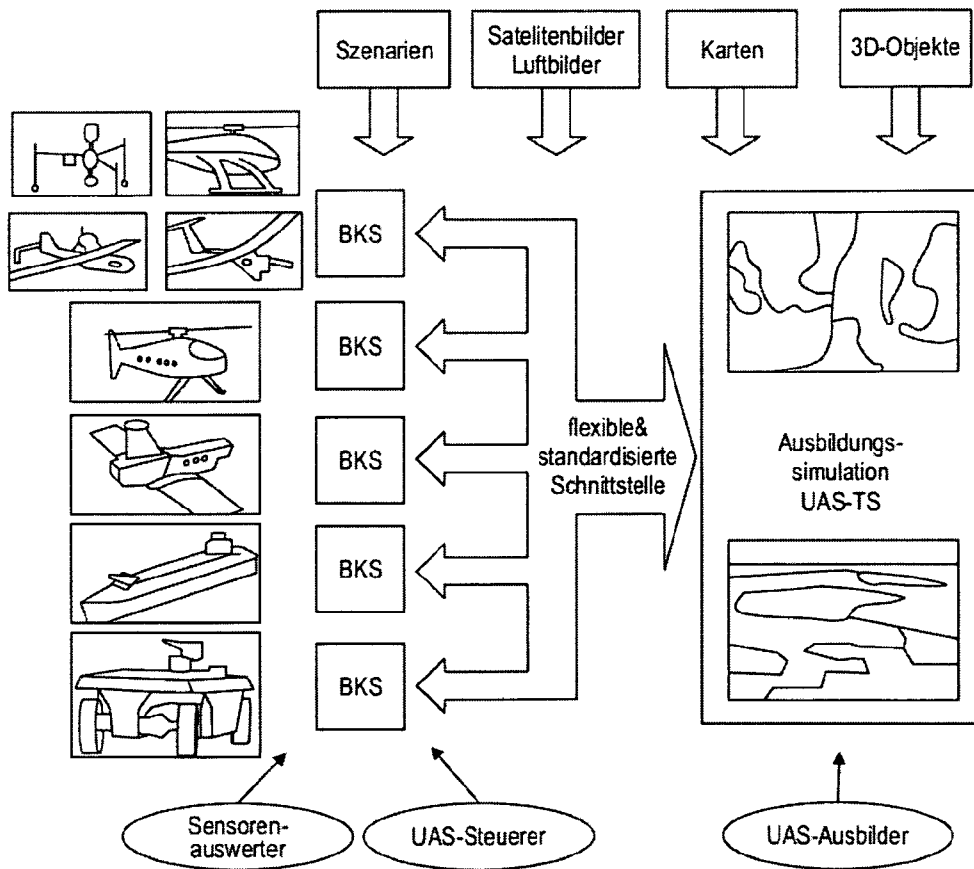


Abbildung 2.2. Schematische Darstellung der Anbindung von Drohnensystemen an UAS-TS.

Fig. 2.2

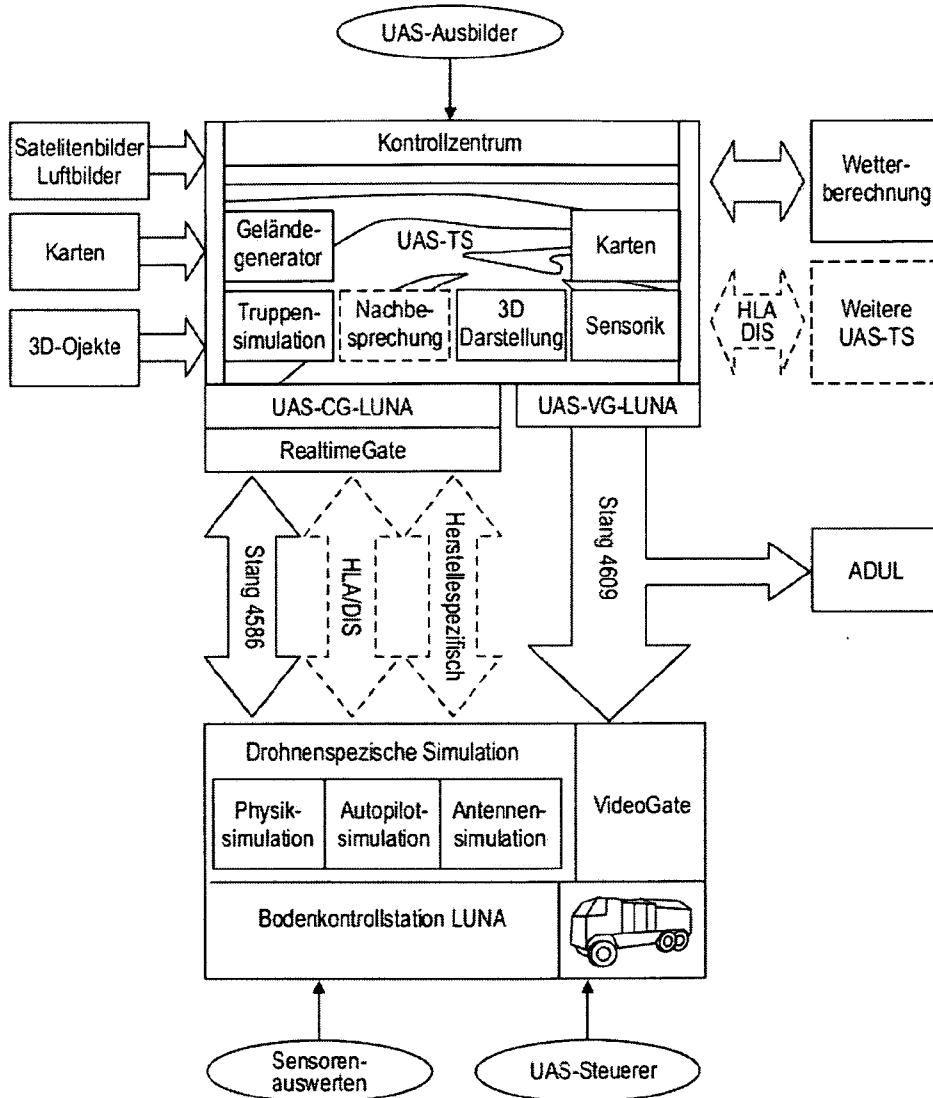


Abbildung 3.1. Schema der an der Simulation beteiligte Komponenten und deren Schnittstellen bei Entwicklung der drohnenspezifischen Simulation durch EMT.

Fig. 3.1

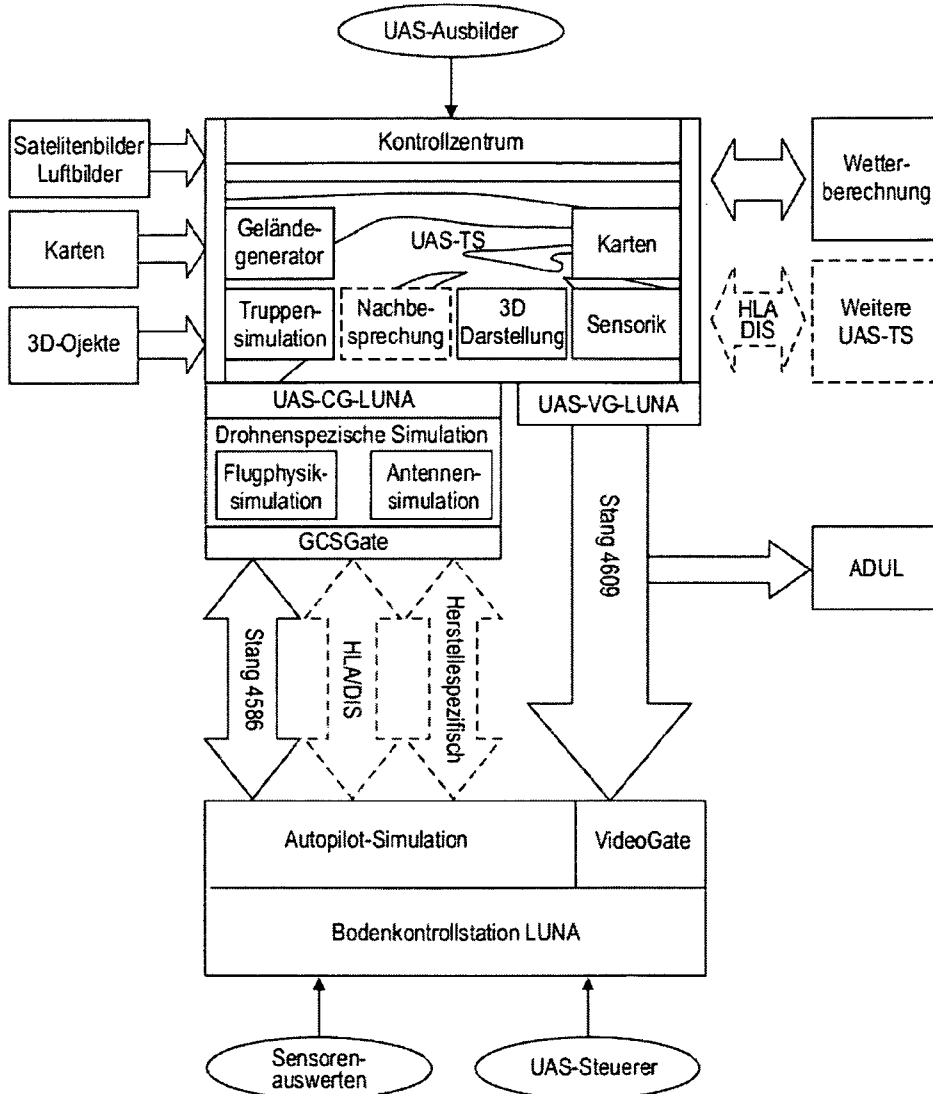


Abbildung 3.2. Schema der an der Simulation beteiligte Komponenten und deren Schnittstellen bei Entwicklung der drohnenspezifischen Simulation durch eurosimte. Diese Anbindung ist empfehlenswert, falls noch keine Simulationskomponenten seitens des Herstellers vorliegen.

Fig. 3.2

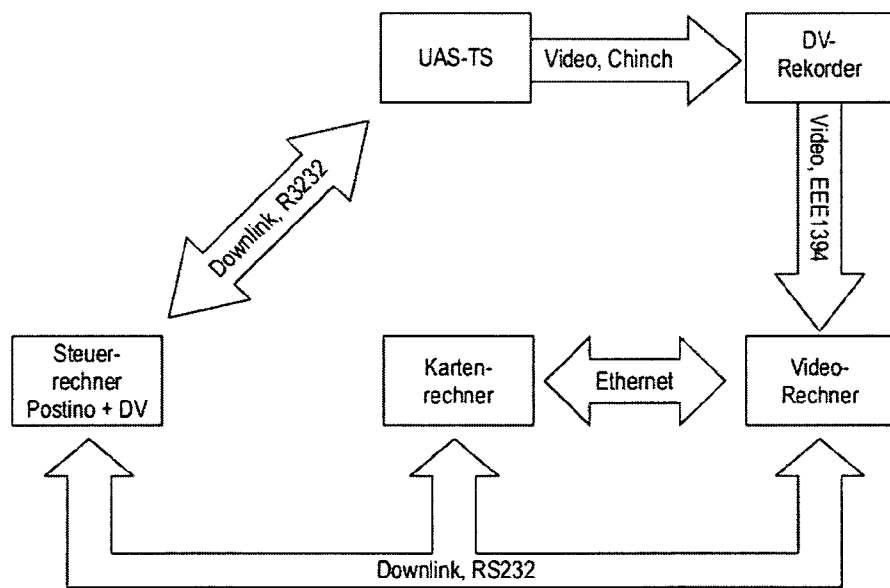


Abbildung 4.1. Schema der an der Simulation beteiligten Komponenten und deren Kommunikation im UAS-TS Prototypen.

Fig. 4.1

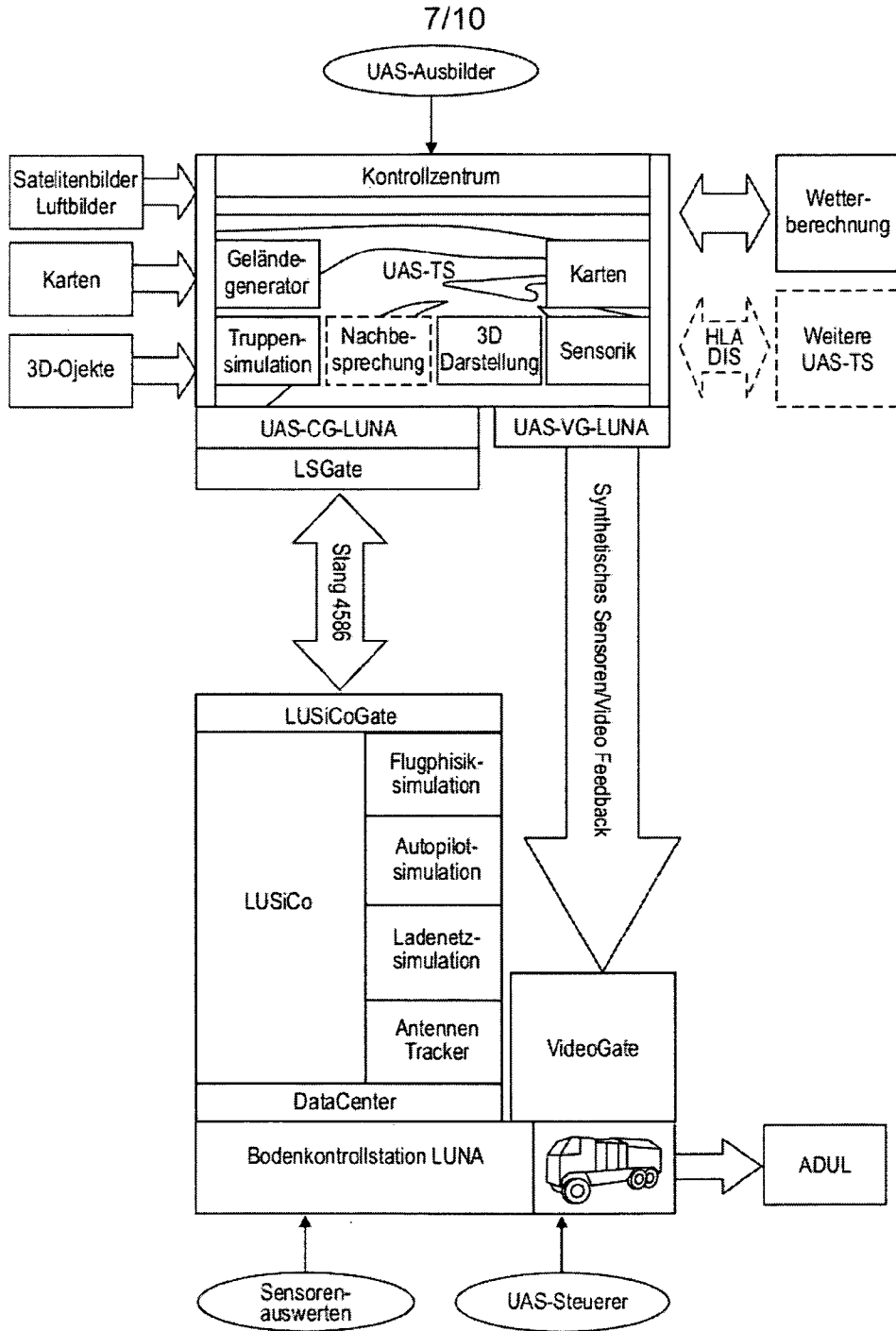


Abbildung 4.2. Schema der an der Simulation beteiligten Komponenten und deren Schnittstellen bei der Anbindung des LUNA-Systems.

Fig. 4.2

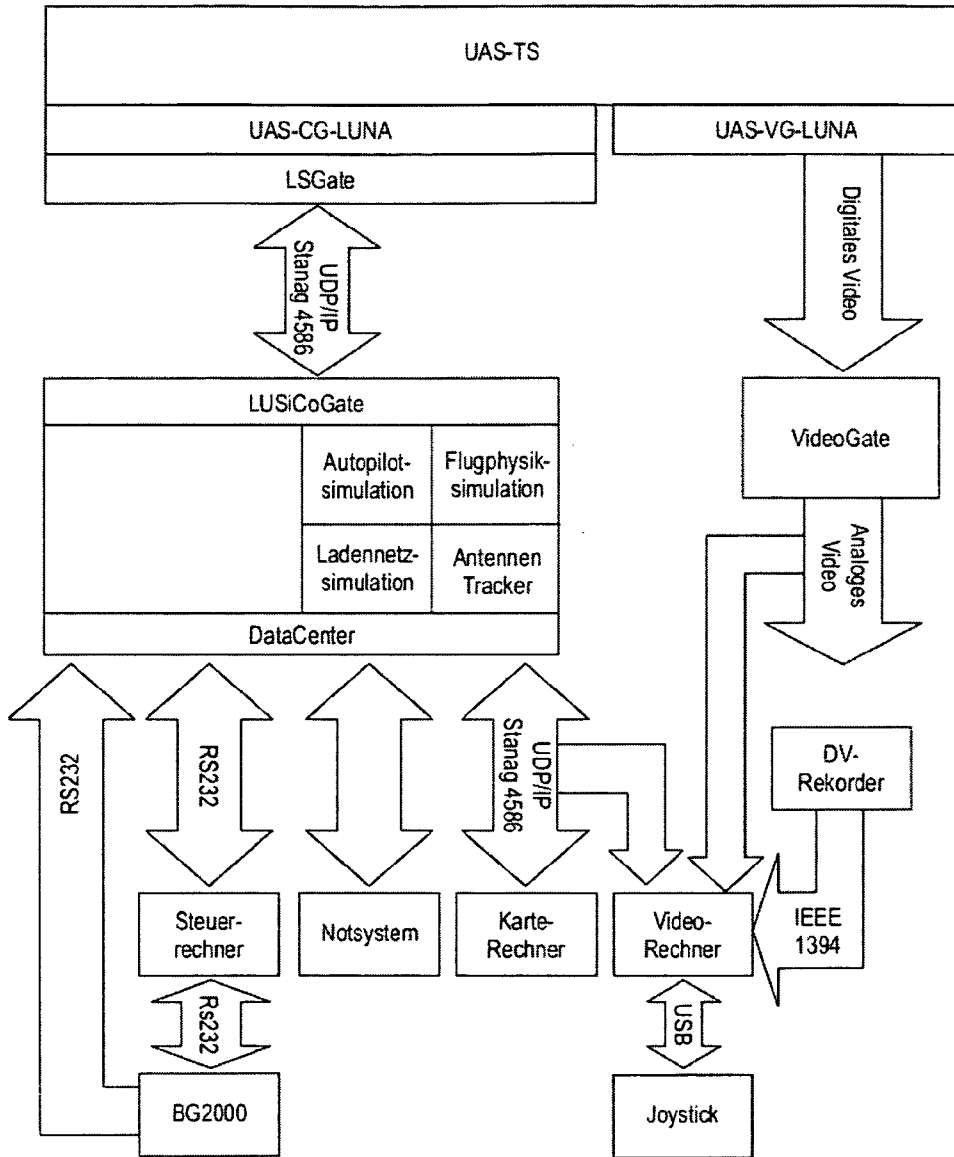


Abbildung 4.3. Detaillierte Darstellung der Kommunikation zwischen LUSiCo und den Komponenten der Bodenkontrollstation LUNA.

Fig. 4.3

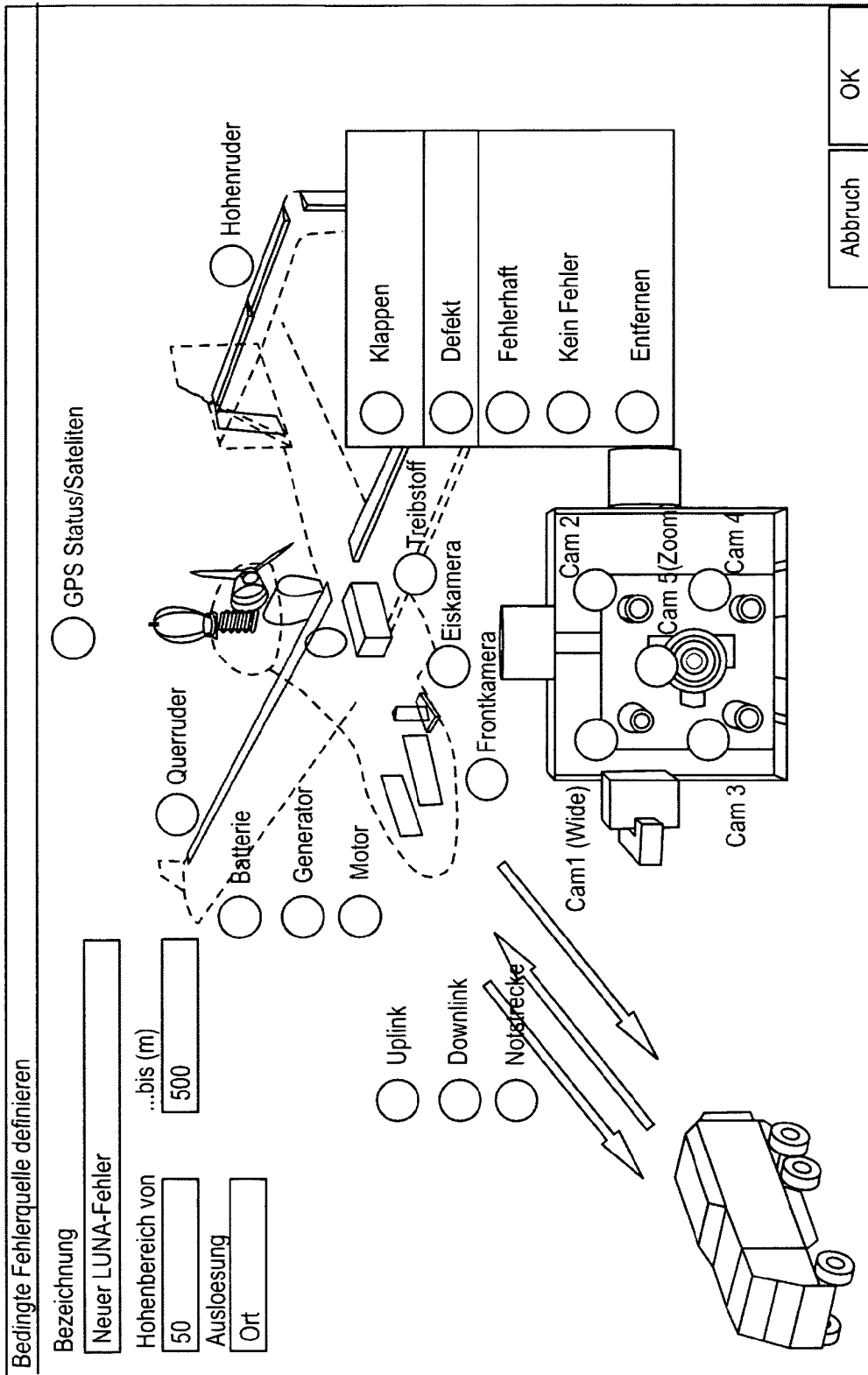


Fig. 4.4