



Quelle: Universität Siegen

LUFTIGES NETZWERK ZUR MARKTENTWICKLUNG

Zwei Projekte zum praktischen Einsatz von unbemannten Flugsystemen stehen im Mittelpunkt dieses Beitrags über das Innovationsnetzwerk UAS-INSY. Es will mit seinen Aktivitäten den neuen fliegenden Sensoren gewissermaßen den Boden bereiten. Denn die sogenannten Unmanned Aircraft Systems (UAS) sind ziemlich vielseitig einsetzbar. Das muss sich nur noch herumsprechen – zum Beispiel in der Landwirtschaft.

Unbemannte Luftfahrtsysteme (UAS – Unmanned Aircraft Systems) werden zunehmend für zivile Anwendungen eingesetzt. Durch die 14. Änderung des Luftverkehrsgesetzes vom Mai 2012 sind unbemannte Luftfahrtsysteme mit ihrer Kontrollstation in Deutschland jetzt auch als reguläre Luftfahrzeuge definiert. Dies ist ein weiterer Schritt, ihre zivile Nutzung voranzutreiben. Die Einsatzbereiche für unbemannte Fluggeräte kann man nahezu als grenzenlos bezeichnen. Sie dienen im Sicherheitsbereich bei Polizei, Feuerwehr und Technischem Hilfswerk, bei Energieversorgern in Prozessen der Instandhaltung, etwa zur Befliegung von Energietrassen oder zur Aufnah-

me von Luftbildern und Luftbildvideos. Aber sie kommen auch immer mehr zum Einsatz, um hochpräzise Rauminformationen (Geoinformationen) zu erfassen. Mit Sensoren zur Thermografie, mit Laserscannern und Infrarotkameras oder Umweltsensoren lassen sich die Nutzungsmöglichkeiten von unbemannten Flugsystemen zusätzlich erweitern. Auch die Einsatzbereiche im „Precision Farming“ wie in der Landwirtschaft allgemein stehen erst am Anfang.

An Hand von zwei Forschungsprojekten sollen die Möglichkeiten aufgezeigt werden, diese neuartige Technologie effizient einzusetzen. Und schließlich wird das Innovationsnetzwerk „UAS-INSY – Innovati-

onsnetzwerk Systemtechnologien für zivile unbemannte Luftfahrtsysteme und Anwendungen“ vorgestellt. Das Netzwerk UAS-INSYS verfolgt technologische wie wirtschaftliche Ziele gleichermaßen. Hierbei initiiert und managt das Netzwerk innovative Entwicklungen und die damit verbundene Markteinführung neuer integrierter und intelligenter Anwendungen und Services.

PROJEKT 1:

Lokalisierung von Objekten auf landwirtschaftlichen Flächen durch unbemannte Flugsysteme in Kooperation mit landwirtschaftlichen Bodenfahrzeugen

In dem Forschungsprojekt wird ein neuartiger Ansatz zur Objektlokalisierung auf landwirtschaftlichen Flächen in einem autonomen „Team“ von kooperierenden Luft-Boden-Robotern verfolgt. Das unterscheidet es von zahlreichen Projekten, die auf einzelne unbemannte Luftfahrtsysteme oder Landfahrzeuge setzen. Ein UAS, ausgestattet mit einer hochauflösenden Kamera und einem einfachen GPS-Empfänger, erzeugt Luftaufnahmen der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Diese georeferenzierten Luftbilder werden dem Bodenroboter übermittelt, der die Luftaufnahmen hinsichtlich der als besonders gekennzeichneten Objekte auswertet. Dies können Schädflächensein oder auch Hindernisse wie Rehkitze, die aus der Vogelperspektive besonders gut zu erkennen sind. Der Bodenroboter kann dann entsprechende Aktionen durchführen. In dem Bericht werden die Ergebnisse des Feldtests, die Effizienz und die Genauigkeit der Methode vorgestellt.

EINLEITUNG

In der modernen Landwirtschaft werden heute zahlreiche spezialisierte Nutzfahrzeuge eingesetzt, die mittels (D)GNSS Positionierung, unterstützt durch weitere Navigationssensoren und durch teilautonome Fahrerassistenzsysteme präzise gesteuert werden können. Der Grad der Automatisierung hat in der jüngsten Vergangenheit stark zugenommen. Auch ein besonders ineffizienter Einsatz von Chemikalien und die Verdichtung der Böden spielen eine große Rolle.

Messsensoren auf Landfahrzeugen, die die Beschaffenheit der Vegetation und die Eigenschaften des Bodens ermitteln sollen und Hindernisse erkennen können, haben allerdings eine begrenzte Reichweite. Sie ermöglichen häufig keine ausreichende Analyse. In dem Forschungsprojekt wird die Kombination von unbemannten Luftfahrtsystemen (UAS) mit landwirtschaftlichen Fahrzeu-

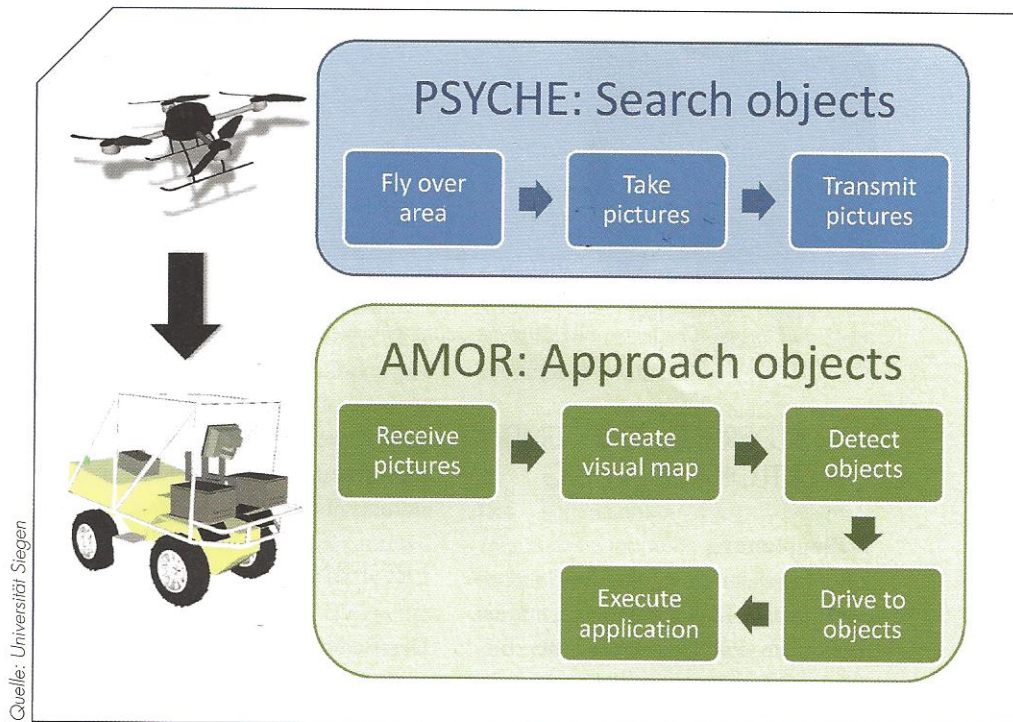


Abbildung 1: Einsatzszenario während der kooperativen Objektlokalisierung auf landwirtschaftlichen Flächen. Robotikplattformen im Feldversuch.

gen verfolgt und erprobt. So soll das Nutzfahrzeug präziser und zielgerichteter eingesetzt werden. Das UAS dient dabei als externe Sensorplattform, gewissermaßen als „Antenne“ des Nutzfahrzeugs, um es mithilfe der gewonnenen Informationen aus der Vogelperspektive präzise und effizient zu führen.

KOOPERATIONSKONZEPT DER ROBOTIKPLATTFORMEN

In allen Feldversuchen wurden die Roboterplattformen „AMOR“ und „PSYCHE“ eingesetzt (siehe Abbildung 1). Der Bodenroboter AMOR ist mit mehreren Positionierungs- und Navigationssensoren ausgerüstet, (Tachometer, Kompass, Inertialmess-einheit, GPS) und weiteren Sensoren zur Messung der lokalen Umgebung (Ultraschall-Sensoren, Laser-Scanner, Kameras). AMOR ist in der Lage, autonome Aufgaben durchzuführen wie Wegpunkt-Navigation, kinematisch mögliche Wegplanung und reaktive Hindernisvermeidung, um nur einige seiner Fähigkeiten zu nennen. Der Flugroboter (UAS) PSYCHE basiert auf

einem Quadrocopter vom Typ MD4-1000. Diese UAS-Plattform lässt sich durch die Integration eines Embedded Computer Systems mit vielfältigen autonomen Funktionen erweitern. Die modulare Sensorik kann so an die Bedürfnisse spezieller Anwendungen angepasst werden. Im Rahmen des Projekts wurde der Flugroboter mit einer hochauflösenden digitalen Kamera ausgestattet, die in einer aktiv stabilisierten Aufhängung mit einem Schwerkraftvektor montiert war.

Abbildung 1 zeigt die Operation während der kooperativen Objektlokalisierung. Zunächst wird eine sogenannte Trajektorie für das UAS erzeugt. Das Luftfahrzeug überfliegt die Fläche auf diesem vorgeplanten Kurs und erzeugt dabei flächendeckend Luftbilder. Sobald ein Luftbild aufgenommen und mit den synchronisierten Sensordaten (GPS, IMU) georeferenziert wurde, wird es auf den Bodenroboter AMOR übertragen. Dort werden alle Luftbilder verarbeitet, zu einem Luftbildmosaik zusammengefügt und analysiert. Dem Bodenroboter stehen nun alle Informationen für weitere Aktionen zur Verfügung.

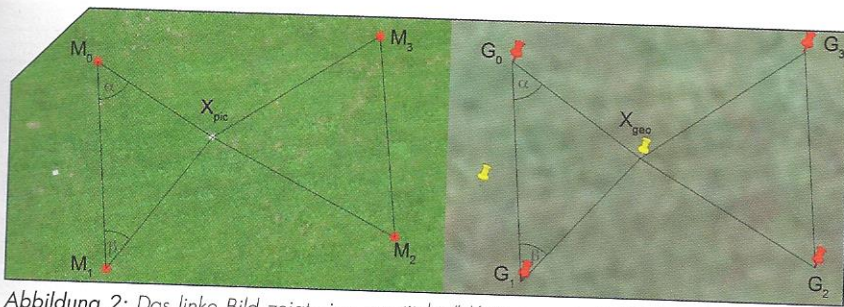


Abbildung 2: Das linke Bild zeigt eine „gestitchte“ Karte von vier Luftbildern. Die roten Punkte symbolisieren die Mitte jedes einzelnen Bildes und die weißen Punkte sind im Bild vorhandene markante Objekte. Das rechte Bild zeigt die geographischen Kamerapositionen (rot) während der Belichtung auf einer Google-Earth-Karte.

PROJEKT 2:

UAS-Fernerkundung für die Landwirtschaft

Die Nutzung fernerkundlicher Daten in der Landwirtschaft hat lange Tradition. Während sich die Satellitenfernerkundung vor allem im nationalen und internationalen Maßstab, etwa zur Vorhersage von Dürren ein bewährtes Mittel ist, fußt die Umsetzung fernerkundlicher Daten auf der betrieblichen Ebene auf der Ermittlung von Flächengrößen im EU-Beihilfeverfahren und das Precision Farming. Dabei ist das Potenzial fernerkundlicher Informationen für die betriebliche Pflanzenproduktion sehr groß. Sie können nicht nur für Precision Farming im engeren Sinne genutzt werden, sondern auch dabei helfen, als Interpretationsgrundlage in Zusammenarbeit mit Dienstleistern und Experten zahlreiche Fragen zur Boden- und Bestandsführung zu klären.

Als Grundvoraussetzung für den Erfolg des Precision Farming ist es notwendig, die Heterogenität des Bodens und des Pflanzenbestandes zeitnah und aktuell zu erfassen, um sie anschließend im Entscheidungsprozess zu berücksichtigen. Genau hier setzt die Fernerkundung an, denn durch den Blick aus der Vogelperspektive bekommt der Landwirt detaillierte und flächendeckende Informationen über seine Schläge. Das versetzt ihn in die Lage, mit seinem Wissen entsprechend darauf zu reagieren. Die Fernerkundung ist ein indirektes Verfahren, welches je nach Aufnahmezeitpunkt Unterschiede innerhalb eines Schlages dokumentiert. Diese Unterschiede sind auf viele Ursachen zurückzuführen: z.B. auf die Heterogenität des Bodens, des Bestandes, der Nährstoffversorgung, der Exposition oder der Bewirtschaftung. Die Vielfalt möglicher Ursachen spektraler Unterschiede erschwert den Einsatz der Fernerkundung ungemein, da die Pflanzen auf unterschiedliche Stressfaktoren wie Nährstoffmangel, unregelmäßige Wasserversorgung oder Pflanzenkrankheiten oft recht ähnlich reagieren – zumindest auf einer spektralen Abbildung.

LUFTBILDERSTELLUNG UND OBJEKTLOKALISIERUNG

► Flugplanung

Die Flugplanung erfolgte an Hand einer digitalen Kartengrundlage, auf der mit einem Polygon das zu überfliegende Gebiet gekennzeichnet wurde. Hierbei wurde die Bildabdeckung wie auch die Überlappung berücksichtigt. Das Ergebnis ist ein vollständiger Flugplan mit allen Bildpunkten.

► Stitching

Alle Luftbilder wurden auf Basis eines punktbasiereten Image Stitching mit Randanpassung zu einem Luftbild zusammengeführt. Zur Optimierung der Laufzeit wurden die Bildkoordinaten (GPS) benutzt, um benachbarte Bilder miteinander zu vergleichen. Das Ergebnis ist ein homogenes, georeferenziertes Luftbildmosaik.

► Georeferenzierung

Zur Georeferenzierung von Luftbildmosaikern, die von einem UAS erstellt wurden, ist es in der Regel erforderlich, geographische Bezugs- oder Passpunkte zu verwenden. Aufgrund der Struktur der landwirtschaftlichen Flächen liegen solche Bezugspunkte nicht vor. Ebenso fehlen „markante“ Landschaftselemente. Aus dem Grund wurde eine eigene Georeferenzierungstechnologie angewendet, die mittels sogenannter Transformationsmatrizen die Bildpixel auf die Kartenpixel transformiert.

► Objekterkennung und Analyse

Die Objekterkennung und Analyse war nicht Bestandteil dieser Forschungsarbeit. Es wurde lediglich ein einfacher Farberkennungsalgorithmus

zu Testzwecken implementiert, um die Effizienz und den integrierten Lokalisierungsansatz zu evaluieren.

ERGEBNIS

Der Bodenroboter AMOR erhält eine Liste von detektierten Objekten mit absolut referenzierten Koordinaten, die nun vom Roboter angefahren werden sollen. Zur lokalen Orientierung werden ein Laserscanner sowie acht Ultraschallsensoren eingesetzt. Von der Umgebung des Roboters wird eine zweidimensionale Karte erstellt, in der alle Hindernisse als überfahrbar oder nicht überfahrbar markiert sind. Auf Basis aller verfügbaren Daten wird die Fahrrouete mit allen Aufträgen ermittelt und dynamisch angepasst.

ABSCHLUSS

Es wurde ein Verfahren zur Objektlokalisierung unter Einsatz eines kooperierenden Roboterteams vorgestellt, das aus einem Bodenroboter und einem UAS besteht. Das neuartige kooperative Konzept beinhaltet die Luftbilderfassung und die Verarbeitung der Daten in Echtzeit, die vom Bodenroboter zusätzlich detektiert und verifiziert werden können, um die Aktionen unmittelbar auszuführen. Die Möglichkeiten der Aktionen sind nicht beschränkt und können aufgrund des modularen Sensorkonzepts und der hohen Nutzlast an die jeweiligen Aufgaben angepasst werden. Aufgrund der neuartigen Georeferenzierung der georteten Objekte erfolgt die Lokalisierung mit einer hohen Genauigkeit.

Quelle: Universität Siegen

Unabhängig davon ist es für landwirtschaftliche Anwendungen reizvoll, nicht nur Informationen aus dem sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums zu nutzen, sondern auch Informationen aus dem Nahinfrarot, dem thermalen Infrarot oder gar multi- bzw. hyperspektrale Daten. Diese Informationen werden in Nah-Echtzeit und möglichst unter jeder Witterung benötigt. Deshalb sind entweder speziell angepasste Luftbildbefliegungen oder der Einsatz von UAS notwendig.

Aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen in der Bundesrepublik, die eine UAS-Befliegung nur in Sichtweite und mit Fluggeräten unter fünf Kilogramm ohne größere Einschränkung ermöglichen, konzentriert sich der Einsatz von UAS in Deutschland auf die (multispektrale) Datenerfassung. Die vielen Anwendungsmöglichkeiten und die vielfältigen multispektralen Kamerasysteme haben in den letzten Jahren zu einer Fülle von innovativen technischen Entwicklungen und Lösungen geführt.

Als Trägerplattform haben sich entweder Multitrotorsysteme (Quattro-, Hexa- oder Octocopter) oder Flächenflügler (Modellflugzeuge) bewährt. Die Vorteile der Flächenflügler liegen eindeutig in der größeren Reichweite und der längeren Flugzeit, die somit eine größere Flächenleistung ermöglicht. Diese ist insbesondere zur Erfassung größerer landwirtschaftlicher Schläge notwendig, die in Ostdeutschland gerne mal 100 Hektar oder größer sein können. Aus diesem Grund setzen kommerzielle Lösungen auf Flächenflügler, wie zum Beispiel das Doppelkamerasystem (Farb- + NIR-Kamera) der Firma CIS GmbH, das auch von Landwirten selber eingesetzt werden kann.

Multitrotorsysteme haben ihre Stärken als Lastenträger schwererer multispektraler Kamerasysteme und der gezielten Aufnahme von Objekten und Flächen aus beliebigen Richtungen. Sie werden deshalb an den Universitäten und Forschungseinrichtungen gerne als Experimentalplattformen genutzt. Neben Kameraeigenentwicklungen

sind miniaturisierte Multispektralkamerasysteme, wie die der Firma Tetracam oder die hyperspektrale Kamera der finnischen Firma Rikola am Markt verfügbar.

Im Vergleich mit einem flugzeuggetragenen System dürfen UAS nur in einer geringen Flughöhe von 100 bis 300 Metern operieren. Das führt bei „normalen“ senkrecht blickenden Kameras zu kleinen Flächenabdeckungen pro Bild. An der Universität Rostock ist deshalb ein schrägblickendes Mehrkamerasystem „Four Vision“ entwickelt worden, das gleichzeitig die Felder aus verschiedenen Perspektiven aufnehmen kann (Abbildung 4).

Das nur rund 1,2 Kilogramm schwere „Four-Vision“-Kamerasystem verspricht nicht nur eine höhere Flächenleistung und somit eingesparte Flugzeit, sondern erlaubt es auch, wichtige Parameter für die Bidirektionale Reflektanzfunktion (BRDF) zu bestimmen, mit deren Hilfe Helligkeits- und Kontrastunterschiede, die durch Sonneneinstrahlung entstehen, in den einzelnen Bildern ausgeglichen werden können. Eine andere interessante Anwendung von UAS ist es, diese für die präzise, leise und kosten-

günstige Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) einzusetzen. In der Bundesrepublik ist erst ein Projekt in dieser Richtung gestartet, und zwar die so genannte „Weinbergdrohne“ mit einer Abflugmasse von 65 Kilogramm, von denen 35 Kilogramm die mögliche Zuladung darstellen. Sie könnte in den schwer zugänglichen Steillagen der Mosel den bisherigen Einsatz von Hubschraubern ersetzen.

NETZWERK UAS-INSYS

Die vorgenannten Projekt-Beispiele zeigen das enorme Potenzial der eingesetzten Technologien und Robotersysteme. Gleichzeitig wird deutlich, welche Innovationen und Entwicklungen noch für die Integration in die jeweiligen Technologieketten, Geschäfts- und Arbeitsprozesse etwa im Precision Farming notwendig sind. Hier setzt das Innovationsnetzwerk „UAS-INSYS“ an. Es soll Innovationen und die damit verbundene Markteinführung neuer integrierter und intelligenter Anwendungen und Services mit unbemannten Luftfahrtssystemen für zivile Anwendungen anschieben. Mit den umfassenden Kompetenzen und branchenüber-

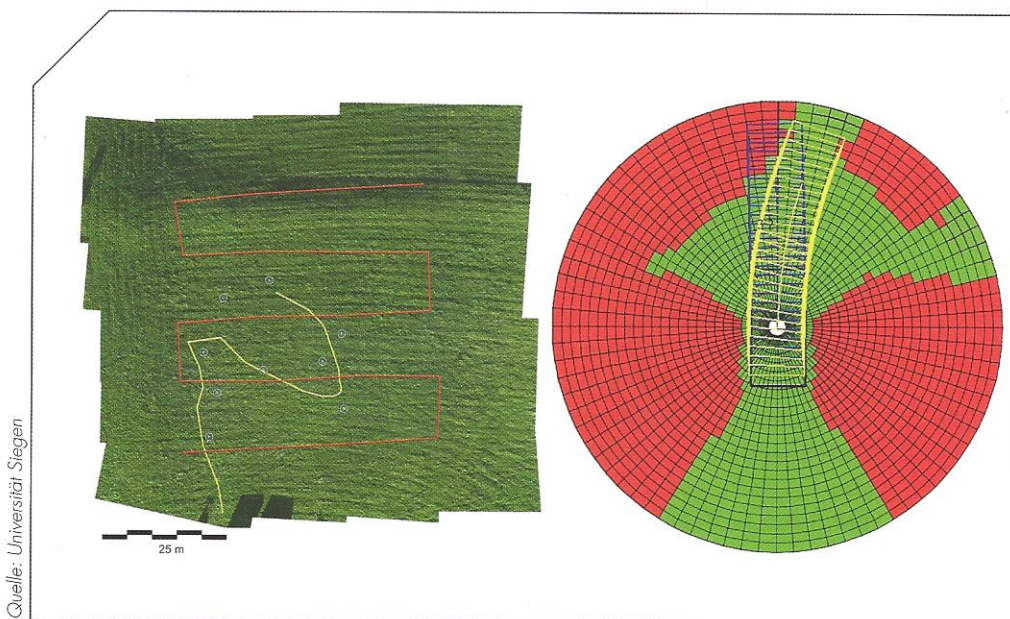
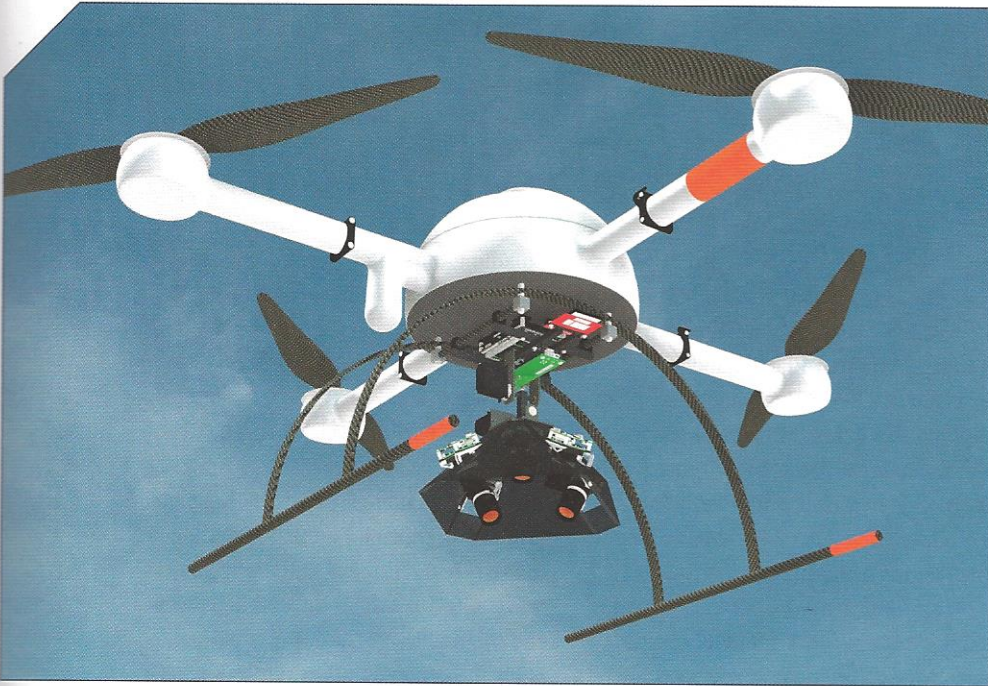


Abbildung 3: (a) Luftbildkarte aus Feldtest-Experimenten. Der Flug des UAS ist rot, der Weg des Bodenfahrzeugs (UVG) gelb eingezeichnet, die lokalisierte Objekte sind durch blaue Kreise markiert. (b) Die Select-Karte beschreibt das lokale Umfeld. Das UVG befindet sich in der Mitte der Karte. Die überfahrbaren Bereiche sind grün, die nicht überfahrbaren rot. Die GPS Referenzen sind blau und eine bereinigte Kollisionsvermeidung-Trajektorie gelb markiert.



Quelle: Universität Siegen

Abbildung 4: "Four Vision"-Kamerasystem

greifenden Aktivitäten der beteiligten sieben Unternehmen und sechs Forschungs- und Entwicklungs-Einrichtungen im UAS-INSY-Netzwerk lässt sich dieses Ziel optimal realisieren. Bei den möglichen breiten Einsatzfeldern der UAS-Technologie handelt es sich typischerweise um neuartige, erklärungsbedürftige Anwendungen, für die nicht nur Marketingmaßnahmen, sondern echte Strategien zur Marktentwicklung entwickelt werden müssen. Der Schwerpunkt der Technologieentwicklungen wird dabei auf Multisensorsysteme und Missionsmanagement-Systeme gelegt werden. Dabei geht es beispielsweise um die Erfassung von Umweltdaten, hochpräzise Messungen mit Laserscannern bei der Stromtrassenüberprüfung sowie den Gebrauch von Thermografiesensoren für den Einsatz bei Energieeffizienzanalysen oder bei der Überprüfung von Photovoltaik-Anlagen und Solarparks.

DAS NETZWERKKONZEPT

UAS-INSYS-Netzwerkpartner werden vom Austausch untereinander profitieren. Das Netzwerk führt die Experten entlang der gesamten Wertschöpfungskette zusammen, um Systementwicklungen mit den Partnern umzusetzen. Die

Netzwerkpartner bündeln ihre technologischen Potenziale sowie Markt- und Branchenkenntnisse, um gemeinschaftlich innovative Ideen zu verwirklichen.

Dabei werden auch die Querschnittstechnologien der Geoinformation, Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) sowie der Sensortechnologien einbezogen, um gemeinsam mit innovativen Produkten, Systemlösungen und Mehrwertdiensten neue Geschäftsfelder und Absatzmärkte zu erschließen.

DIE NETZWERKPARTNER

Das Netzwerk besteht aus meist mittelständischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus dem breiten Umfeld der UAS-Anwendungen, die die gesamte Wertschöpfungskette abdecken. Die Akteure verfügen über Erfahrungen im Bereich der Datenverarbeitung, der Entwicklung und Systemintegration von UAS-Technologien und Systemkomponenten, der Sensortechnologien sowie der Herstellung von unbemannten Flugsystemen.

Das Netzwerk wird in der Startphase von folgenden Unternehmen gebildet:

- ▷ BLOM Deutschland GmbH, Schorndorf
- ▷ Height-Tech GmbH, Bielefeld

- ▷ PMM – Services GmbH & Co.KG, Krefeld
- ▷ Allsat GmbH, Hannover
- ▷ Volz Servos GmbH & Co. KG, Offenbach
- ▷ EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Münster
- ▷ LOGIBALL GmbH, Herne

Der hohe technologische und innovativen Anspruch des Netzwerkes soll durch das Engagement folgender Hochschulen und Forschungseinrichtungen gewährleistet werden:

- ▷ Universität Rostock
- ▷ Hochschule Bochum
- ▷ Universität Siegen
- ▷ Fraunhofer Institut, FKIE, Wachtberg
- ▷ Technische Universität München

Auch der Dachverband UAV-DACH ist Teil des Netzwerkes „UAS-INSYS – Innovationsnetzwerk Systemtechnologien für zivile unbemannte Luftfahrtsysteme.“ Es wurde auf Initiative der EurA Consult AG neu gegründet und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

Es steht für neue Partner jederzeit offen. Das Netzwerkmanagement steht Ihnen bei Fragen zur Partizipation selbstverständlich zur Verfügung. ◀

AUTOREN UND KONTAKT:

Peter Loef

Netzwerkmanager „UAS-INSYS“ & Innovationsberatung
EurA Consult AG, Dennewartstraße 25-27, 52068 Aachen
Telefon: +49 (0)241 96312-13 •
Telefax: +49 (0)241 96312-14
Mobil: +49 (0)173 5666 496 •
Email: peter.loef@euracconsult.de

Mitarbeit: Lars Kuhnert, Klaus Müller, Markus Ax, Klaus-Dieter Kuhnert (Universität Siegen), Dr.-Ing. Görres Grenzdörffer (Universität Rostock),