



# FLY HIGH

## die Drohnenstudie 2017

Markt, Chancen und  
Herausforderungen  
eines wachsenden  
zivilen Drohneneinsatzes

– *Kurzfassung* –

Im Auftrag von



Erstellt von



Download unter [www.bvzd.org/themen](http://www.bvzd.org/themen)

[www.maslaton.de](http://www.maslaton.de)

## Fly High, Markt, Chancen und Herausforderungen eines wachsenden zivilen Drohneneinsatzes

Im Auftrag der



MASLATON Rechtsanwalts-gesellschaft mbH  
Holbeinstraße 24  
D-04229 Leipzig  
Tel: (0341) 14950-0

leipzig@maslaton.de  
www.maslaton.de

BVZD - Branchenverband Zivile Drohnen e.V.  
Berliner Straße 69  
D-13189 Berlin  
Tel. (030) 948 726 74

info@bvzd.org  
www.bvzd.org

Durchgeführt von

Ahnen&Enkel - Research  
Mariannenstraße 9-10  
D-10999 Berlin  
Tel. (030) 392 61 33



Marcus Franken (franken@ahnenenkel.com), Kai Weller, Jesko Habert, Christoph Hertel  
www.ahnenenkel.com

Redaktionsschluss: 31. April 2017

**Wir danken allen Experten, die sich im Verlauf der Studie für Interviews und Befragungen zur Verfügung gestellt haben.**

**Unser besonderer Dank gilt:**

**Frank Lochau / ProCopter GmbH, Leipzig**

**Hans-Peter Thamm / Aerolution, Berlin (seit 2017 germandrones)**

**Frank Wernecke / DroneMasters GmbH, Berlin**

**York Rackow / AiDrones GmbH, Königs Wusterhausen**

**Andrea Müller / Spectair Group, Meerbusch**

**Alexander Engelfried / FairFleet, München**

**Andreas Hausotter / esc aerospace, München**

Ahnen&Enkel

Berlin, im Mai 2017

***Die vollständigen Interviews stehen allen Lesern der Langfassung der Studie zur Verfügung. Bezug über: [ahnenenkel.com](http://ahnenenkel.com)***

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen .....	4
1. Zusammenfassung .....	5
2. Ziel der Studie .....	7
3. Der Markt für Drohnen .....	9
3.1. Weltmarkt .....	9
3.2. Größter Markt: Drohnen in den USA .....	12
3.3. Der Markt für Drohnen in Deutschland .....	14
4. Infrastruktur: Drohnen für schwer zugängliche Bauwerke und ausgedehntes Gelände .....	16
4.1. Einsatzmöglichkeiten .....	19
4.2. Flugtechnik .....	22
4.3. Sensoren und Funktionen .....	23
4.4. Ablauf des Einsatzes .....	23
4.5. Markt für Drohnen und konkurrierende Systeme .....	25
4.6. Marktaussichten .....	25
Interview: „Das gab es bisher nicht“ .....	26
5. Landwirtschaft: Drohnen-Bilder für das „Precision Farming“ .....	27
5.1. Einsatzmöglichkeiten .....	28
5.2. Flugtechnik .....	29
5.3. Sensoren und Funktionen .....	29
5.4. Ablauf des Einsatzes .....	30
5.5. Markt für Drohnen und konkurrierende Systeme .....	30
5.6. Marktaussichten .....	32
Interview: „Drohnen lenken Agrarroboter“ .....	33
6. Logistik: Drohnen als fliegende Lastwagen? .....	34
6.1. Einsatzmöglichkeiten .....	35
6.2. Flugtechnik .....	38
6.3. Markt für Drohnen und konkurrierende Systeme .....	39
Interview: „Es muss ein Verkehrsmanagement für Drohnen geben“ .....	40
7. Schlaglichter: Weitere Branchen .....	41
7.1. Hersteller von Drohnen .....	41
Interview: „Es geht um B2B-Lösungen, die mit chinesischen Drohnen nicht erreicht werden“ .....	41
Interview: „Wir beobachten einen Professionalisierungsprozess“ .....	42
7.2. Film- und Medienbranche, Werbebranche .....	43
7.3. Unterhaltung .....	43
7.4. Polizei, Security und Feuerwehr; Unfall- und Katastrophenhilfe .....	44
7.5. Vermittlung .....	45
Interview: „Inspektionen werden das Hauptvolumen ausmachen“ .....	46
7.6. Drohnenabwehr .....	47
Interview: „Zur Überwachung von Grundstücken werden Drohnen bald selbstverständlich sein“ .....	48

# Abkürzungen

BVZD	Branchenverband zivile Drohnen
BVT	Bundesverbands Technik des Einzelhandels
BVLOS	Beyond visual line-of-sight (Fliegen außer Sichtweite)
DFS	Deutsche Flugsicherung
FAA	Federal Aviation Association
GIS	Geoinformationssysteme
PwC	Pricewaterhouse Coopers
RPAS	Remotely Piloted Aircraft Systems
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VDI	Verband Deutscher Ingenieure
UAV Dach	Unmanned Aerial Vehicle Dach, eingetragener Verein

# 1. Zusammenfassung

2017 werden schätzungsweise über eine Million Drohnen allein in Deutschland in Betrieb sein, ein erheblicher Teil davon im kommerziellen Einsatz. Schon heute gibt es in Deutschland mehr Drohnen als Flugzeuge. Die Technische Entwicklung hat die rechtlichen Einsatzmöglichkeiten dabei inzwischen überholt.

Wie die Marktanalyse der vorliegenden Studie zeigt, werden Multikopter und andere Drohnen nicht mehr nur im Vorreitergebiet Medien und dem Hobbybereich genutzt.

In einigen kommerziellen Anwendungsfeldern gibt es stabile Märkte für den Einsatz von Drohnen, in denen weiter ein kontinuierliches Wachstum zu erwarten ist.

Im Bereich „**Infrastruktur**“ werden Multikopter und andere Trägersysteme eingesetzt, um schwer erreichbare Strukturen und Bauteile zu erfassen. Für deren Service und Wartung sind Drohnen günstiger als Zugangssysteme wie Leitern, Gerüste, Hub- und Leiterwagen, Seil- und Sicherungssysteme von Industriekletterern oder auch bemannte Hubschrauber.

In der Erfassung und Planung werden sie bei ausgedehnten Infrastrukturen der Energiewirtschaft und bei Bauprojekten inzwischen standardmässig verwendet.

In der **Landwirtschaft** kommt Drohnen in den allermeisten Fällen die Rolle des bildgebenden ersten Schrittes für das so genannte Precision Farming zu. Während die Systeme technisch sehr weit entwickelt sind, sind der Marktzugang und die Konkurrenz von Systemen aus der Agrarwirtschaft eine erhebliche Hürde, insbesondere in Deutschland.

In der medial stark beachteten **Logistik** stecken Drohnen-Lösungen dagegen noch in einem frühen Stadium der Entwicklung. Hier stehen neben den Kosten und Sicherheitsfragen vor allem die rechtlichen Beschränkungen einer schnellen Weiterentwicklung etwa zur Paketzustellung im Weg. Insbesondere Drohnen zur Personenbeförderung (Lufttaxis) werden so lange Science Fiction bleiben, bis hier ein rechtlicher Rahmen geschaffen wurde.

Während die **Hersteller** von Drohnen im Unterhaltungssegment überwiegend aus China und den USA kommen, gibt es in Deutschland eine Reihe von Firmen, die erfolgreich kommerzielle Drohnen anbieten. Die Kosten für diese Systeme liegen oft bei 20.000 Euro.

In der **Sicherheits-Branche** werden Drohnen in der Überwachung von Grundstücken schon bald eine selbstverständliche Ergänzung sein.

Besonders schnell entwickelt sich insbesondere unter dem Eindruck des internationalen Terrorismus die **Abwehr von Drohnen**. Aber auch Industrieunternehmen kaufen Dienstleister und Systeme ein, die Industriespionage mit Drohnen verhindern.

**Allen Bereichen ist gemeinsam, dass die Hemmnisse für die Entwicklung von High-Tech Lösungen und Unternehmen in Deutschland vor allem rechtlicher Natur sind.**

**Drohnen können ihr erhebliches Potenzial nur dann voll entfalten, wenn sie autonom und automatisiert eingesetzt werden können.**

**Die derzeitige Rechtslage führt in der Praxis jedoch zu einem Verbot von autonomen Drohnenflügen.**

Experten der Branche sehen 2017 daher bereits als ein *verlorenes Jahr für Deutschland*. Wegen **Überregulierung und einem Mangel an Testfeldern** für neue Anwendungen besteht die Gefahr, von internationalen Wettbewerbern überholt zu werden.

Die Tatsache, dass es weiterhin Grauzonen bei Datenschutz und Haftungsfragen gibt, erschwert zudem neben der rechtlichen Lage auch die allgemeine Akzeptanz.

Als besonders bedeutend stellt sich in der Studie **das fehlende Luftraummanagement** im unregulierten, bodennahen Luftraum G heraus. Ob die Deutsche Flugsicherung hierfür verantwortlich ist oder ob Kommunen und Unternehmen hier Initiative ergreifen werden, ist aktuell ungeklärt.

Internationale Unternehmen, insbesondere aus der US-amerikanischen Internetbranche, arbeiten hier intensiv an eigenen Lösungen, die potenziell weltweit ausgerollt werden können.

Aus Sicht der Autoren ist es entscheidend, hier zeitnah alle relevanten Akteure einzubeziehen und **schnellstmöglich in Deutschland alltagspraktische, entwicklungsfreundliche Ansätze zum Luftraummanagement** von autonomen Drohnen zu schaffen.

## 2. Ziel der Studie

2017 wird die Zahl der in Deutschland betriebenen Multikopter erstmals die 1-Millionen-Marke durchbrechen. Dabei werden nur die mittelpreisigen und zum Teil professionell eingesetzten Kamera-Drohnen gezählt. Die Zahl der kleinen Hobby-Drohnen, die zwischen 30 Euro und 500 Euro in den Elektromärkten zu haben sind, hat diese Marke schon Anfang 2016 deutlich überschritten.

Der Markt für zivile Drohnen und für Drohnenanwendungen entwickelt sich damit auch in Deutschland rasant. Die ständige Verbesserung und Miniaturisierung der „unmanned aerial vehicles“ (UAV) führt nicht nur zu einer enormen Verbreitung als Trend-Spielzeug im Hobbybereich, sondern auch zu immer neuen Geschäftsideen vom Pizzadienst über Baustellenmanagement, Landwirtschaft, Unterstützung der Feuerwehr bis zu Security-Anwendungen wie der Überwachung von Fabriken.

Die Technik und der Markt der Drohnenwirtschaft ist auf ihrer Entwicklungskurve heute da, wo sich das Internet um das Jahr 1995 befand. Dementsprechend hoch ist die Innovationsgeschwindigkeit und die Wahrscheinlichkeit von unerwarteten Innovationen (disruptive Entwicklung). Ähnlich wie bei der Entwicklung des Internet ist auch hier der rechtliche Regulierungsbedarf zeitkritisch.

*Drohnen kündigen für einigen Branchen eine Revolution an.*

Diese Studie liefert zunächst einen Überblick über Einsatzgebiete von Drohnen, die technische Entwicklung und den Markt in seinen einzelnen Segmenten. Auf dieser Basis werden die Herausforderungen durch die neue Technologie deutlich gemacht und Lösungen diskutiert, die den Anforderungen von Öffentlichkeit und Politik gerecht werden.

Die Studie soll dazu beitragen, dass die zivile Drohnenindustrie in Deutschland durch klare Regulierung ein gesichertes Entwicklungsfeld bekommt. Die Rahmenbedingungen müssen so gesetzt werden, dass diese junge und potenziell für einige Wirtschaftsbereiche revolutionäre Branche sich in Deutschland entwickeln und auch kommerziell in der Industrie erfolgreich sein kann.

Neben technischen Fragen wie der genauen Positionierung der Flugobjekte, Traglasten und Flugdauer beschäftigt sich die Branche 2017 intensiv mit möglichen Geschäftsmodellen – und stößt dabei in vielen Fällen auch an rechtliche Grenzen oder muss in rechtlichen Grauzonen operieren. Ein Beispiel ist etwa das Recht auf Datenschutz und das Recht am eigenen Bild: Beispielsweise, wenn Drohnen über Firmengelände für Security-Anwendungen genutzt werden, wenn Hobby-Piloten in der Nähe

*Weiterhin rechtliche Grauzonen bei Datenschutz und Haftung.*

von sicherheitsrelevanten Einrichtungen fliegen oder wenn es gilt, die technisch immer leichter mögliche Steuerung von Drohnen außerhalb des Sichtflugs über Bildschirme und Virtual-Reality-Brillen zu regeln. Auch die Regelung von Haftungsfragen bei automatisierten Flügen ist nicht abschließend geklärt.

Bundeskanzlerin Angela Merkel hat noch 2013 das Internet als *Neuland* beschrieben. Für die Themen *Drohnen*, *UAV* oder *Multikopter* gilt das 2017 umso mehr: Hier öffnet sich ein technisches Feld, das enorme wirtschaftliche Potenziale hat, Fragen aufwirft und weitreichende gesellschaftliche Veränderungen mit sich bringen kann. Der hohe Regelungsbedarf muss dabei so umgesetzt werden, dass die Chancen der jungen Industrie und damit verbundener Dienstleistungen in Deutschland nicht beschnitten werden. Andersfalls droht hier ein innovationspolitischer Abriss, wie er in anderen Bereichen schon geschehen ist: Im Internet bestimmen heute weitgehend US-amerikanische Unternehmen den Markt und auch den Umgang mit Daten in Europa. In der Unterhaltungsindustrie hat sich die Kompetenz schon in den 80er Jahren nach Asien verlagert.

*Drohnen sind das  
„Neuland“ von 2017*

## 3. Der Markt für Drohnen

### 3.1. Weltmarkt

Der Markt für Drohnen hat sich in den vergangenen Jahren weltweit rasant entwickelt und wird dies auch weiter tun. Die Wachstumsraten der zivilen Drohnenwirtschaft liegen jährlich bei etwa 19 %.<sup>1</sup>

Dabei steigt die Leistung der Geräte, während Preise und Gewicht sinken. Denn die Branche nutzt mehrere technische Mega-Trends, die der Technik der Drohnen zugutekommen:

- Immer kostengünstigere und leistungsfähigere Lithium-Ionen Akkus
- Leistungsfähigere und dabei billigere Hardware für die Verarbeitung von Flugdaten
- Intensive Nutzung von GPS Daten
- Weiterentwicklung der Hard- und Software für autonomes Fahren und Fliegen
- Einsatz von Smartphone-Apps zur Steuerung von Alltags- und Profi-Technik
- Massiver Trend zur Kommunikation in Bildern und Filmen statt Text

Während der Markt bis heute weitgehend von hardware-technischen Entwicklungen getrieben war, findet inzwischen eine Verlagerung in Richtung spezialisierter Software statt. Das zeigt, dass die Möglichkeiten der bereits existierenden Hardware der Multikopter noch lange nicht ausgereizt sind.

Um eine erste Abschätzung des potenziellen Marktes für Drohnen zu erreichen, hat die Beratungsgesellschaft *Pricewaterhouse Coopers* (PwC) Mitte 2016 eine Aufstellung aller Dienstleistungen vorgestellt, die aus der Sicht der Consultants zeitnah („immediate possible“) von Drohnen-Anwendungen ausgeführt werden könnten. Insgesamt ergibt sich danach ein potenzieller weltweiter Markt von 127 Mrd. Dollar (118 Mrd. Euro) jährlich.<sup>2</sup>

**Internationales  
Marktpotential:  
118 Mrd. Euro**

---

<sup>1</sup> [www.businessinsider.de/drones-report-market-forecast-2015-3?r=US&IR=T](http://www.businessinsider.de/drones-report-market-forecast-2015-3?r=US&IR=T). Sofern nicht anders gekennzeichnet, entspricht das Abrufdatum von Online-Quellen dem 10.4.2017.

<sup>2</sup> PwC 2016: *Clarity from above*, PwC global report on the commercial applications of drone technology.

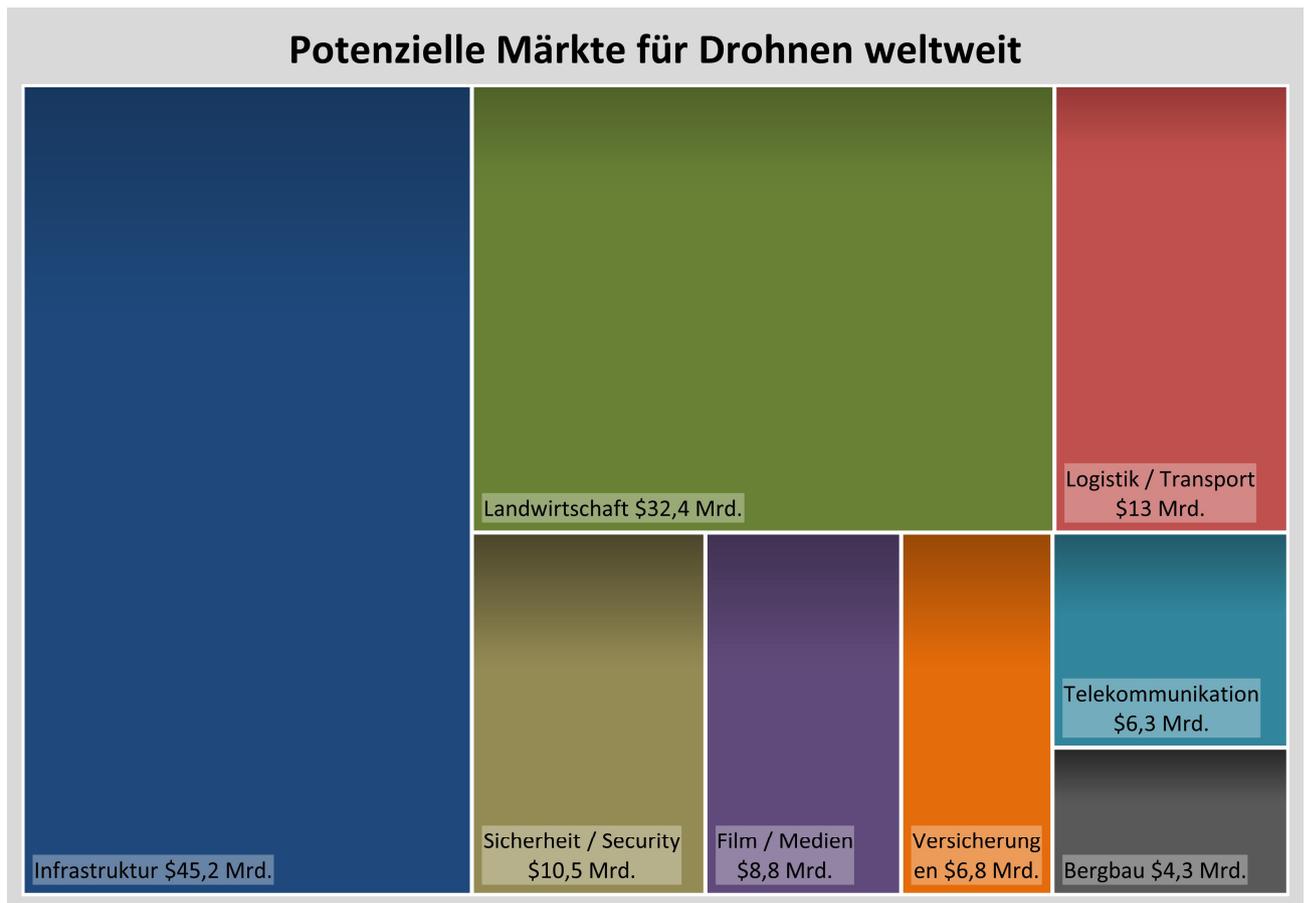


Abbildung 1: Potenzielle Märkte für Drohnen weltweit in Milliarden Dollar; betrachtet werden die Umsätze, die 2015 in den Feldern erzielt wurden, die Drohnen technisch bedienen könnten. Quelle: PwC 2016: 4, eigene Darstellung.

PwC sieht in den drei größten Einsatzbereichen insbesondere folgende Vorzüge der Drohnen-Anwendungen:

- **Infrastruktur:** Beobachtung, Überwachung und Überprüfung etwa von Baufortschritten von verzweigten, großen oder unübersichtlichen Anlagen und Netzen. Als Industrien werden Energie, Straßen, Schienen sowie Öl- und Gasinfrastrukturen adressiert. Die Drohnen übernehmen dabei insbesondere gefährliche Arbeiten und erfassen große Mengen an (Bild-) Daten in kurzer Zeit.
- **Landwirtschaft:** Bodenanalyse und Überwachung des Pflanzenaufwuchses, um zeitnah mit Wasser, Pflanzenschutzmitteln und Dünger auf Fehlentwicklungen reagieren zu können. Die dazu nötigen Luftbilder werden bisher meist von Satelliten zur Verfügung gestellt, was unflexibel und teuer ist.
- **Logistik und Transport:** Zustellung von Päckchen, Ersatzteilen, Medizin, Nahrung (Fertiggerichte vom Lieferservice) können von Drohnen übernommen werden. Voraussetzung sind dabei weniger technische Entwicklungen, als die Zulassung von Lieferdrohnen in den Städten, wo die größten Märkte zu erwarten sind.

Auffallend ist, dass sich im weltweiten Maßstab die größten Zielmärkte eher in öffentlich wenig beachteten Bereichen und gesellschaftlichen *Hintergrunddienstleistungen* wie Energie-Bereitstellung und Landwirtschaft liegen. Die medial stark beachtete Logistik mit Experimenten wie der „Pizza-Drohne“ oder die Luftbildfotografie fallen dagegen stark ab.

**Dienstleistung  
übersteigt Wert der  
Drohnen bei Weitem**

Auch ist dabei erkennbar, dass im Mittelpunkt dieser möglichen Geschäftsfelder nicht die Drohne selber für die Wertschöpfung entscheidend ist, sondern wissensbasierte Dienstleistungen und Produkte wie etwa die standardisierte Bildauswertung, die Mengensteuerung beim Ausbringen von Pflanzenschutz-Mitteln oder die Programmierung von Drohnenflügen. Welche Drohne dabei eingesetzt wird, ist primär von technischen Parametern wie der Flugdauer und den Wettereigenschaften abhängig. Auch der Preis der Hardware tritt schnell hinter die Kosten der Dienstleistung zurück. Zur Veranschaulichung: Während für eine hochwertige Drohne zwischen einmalig 20.000 und 30.000 Euro zu veranschlagen sind, liegen die Kosten für die oder den qualifizierten Bediener mit technischem Hintergrund jährlich bei 100.000 Euro.

Die Entwicklung ist analog zur Computerbranche: Die Anschaffungskosten für die Computerinfrastruktur spielt in wissensbasierten Branchen und Institutionen (Ingenieurbüros, Entwicklungsgesellschaften, Hochschulen) nur noch eine sehr untergeordnete Rolle gegenüber den laufenden Kosten.

In weiten Teilen abgegrenzt von den professionellen Anwendungen ist der Markt für Spielzeugdrohnen,<sup>3</sup> die typischerweise über Internetshops und in Deutschland über Elektronikmärkte verkauft werden. Hier lag der weltweite Umsatz 2015 schon bei 1,7 Milliarden US-Dollar bei einem jährlichen Wachstum gegenüber 2014 von 167 Prozent. Die Drohnen werden dabei überwiegend in den USA, Europa und China verkauft.<sup>4</sup>



Abbildung 2: Verkauf von Drohnen aus dem Freizeitsegment weltweit.  
Quelle: KPCB 2016

<sup>3</sup> Dieser Markt wird in der vorliegenden Studie nicht vertieft.

<sup>4</sup> KPCB 2016, nach: [emberify.com/blog/drone-market-analysis](http://emberify.com/blog/drone-market-analysis).

### 3.2. Größter Markt: Drohnen in den USA

Der heute größte und am besten untersuchte Markt für UAV sind die USA. Nach Angaben der Luftfahrtbehörde Federal Aviation Administration (FAA) ist das Segment der *unmanned aerial vehicles* der am „dynamischsten wachsende Markt innerhalb der Luftfahrt“<sup>5</sup> in den USA. Demensprechend investieren Risikokapitalgeber hier zurzeit erhebliche Mittel. Analysten haben für 2016 Investitionen von 2,3 Mrd. Dollar (2,14 Mrd. Euro) ermittelt<sup>6</sup>; unter den Venture Kapitalisten sind Chiphersteller wie Qualcomm und Intel, der Ingenieurskonzern GE sowie das Luftfahrtunternehmen Boeing.<sup>7</sup>

**Das Risikokapital in Drohnen lag 2016 bei \$2,3 Mrd. Dollar**

Im August 2016 schaffte es das Thema sogar auf die Agenda von Präsident Barack Obama. Im Zusammenhang mit den zunehmend ins Blickfeld gerückten Sicherheitsfragen äußerte das Weiße Haus die Erwartung, dass „die kommerzielle Drohnenindustrie in den kommenden zehn Jahren einen Umsatz von 82 Milliarden Dollar für die US-Wirtschaft erwirtschaften“ und 2015 schon 100.000 neue Jobs geschaffen haben soll.<sup>8</sup>

Gerade die *autonome Steuerung*, die bei kommerziellen zivilen Drohnen etwa für automatisierte Beobachtungsflüge oder Vermessung zum Einsatz kommen, zieht dabei breite Investorenkreise an. Solche autonomen Drohnen (nicht zu verwechseln mit unbemannten, aber vom Boden gesteuerten Geräten) könnten beispielsweise vorgegebene Routen selbständig abfliegen und spontan auftretende Hindernisse erkennen und ihnen ausweichen. Die Aufgaben sind durchaus mit denen vergleichbar, die beim stark diskutierten *autonomen Fahren* auftreten. Darum wundert es nicht, dass auf Industrie Foren zu unbemannten, autonom gesteuerten Luft- und Landfahrzeugen in den USA neben den oben genannten Firmen auch Unternehmen wie BMW, Deutsche Telekom, Samsung, Sony und Google stark vertreten sind.<sup>9</sup>

**Autonome Steuerung zieht Investoren an**

---

<sup>5</sup> FAA 2016: *FAA Aerospace Forecast; Fiscal Years 2016-2036*: 33, eigene Übersetzung.

<sup>6</sup> Laut Businessinsider, [www.businessinsider.de/drones-report-market-entrants-2015-3?r=US&IR=T](http://www.businessinsider.de/drones-report-market-entrants-2015-3?r=US&IR=T). Siehe außerdem AUVSI 2013: *The Economic Impact of unmanned Aircraft Systems integration in the United States*.

<sup>7</sup> Vgl. [www.businessinsider.de/drones-report-market-forecast-2015-3?r=US&IR=T](http://www.businessinsider.de/drones-report-market-forecast-2015-3?r=US&IR=T).

<sup>8</sup> [www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/08/02/fact-sheet-new-commitments-accelerate-safe-integration-unmanned-aircraft](http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/08/02/fact-sheet-new-commitments-accelerate-safe-integration-unmanned-aircraft).

<sup>9</sup> [startup.auvsi.org/home](http://startup.auvsi.org/home), abgerufen 9.12.2016.

Laut den Studien im Auftrag der FAA waren Ende 2016 in den USA schon über 600.000 hochwertige, kommerzielle Drohnen im Einsatz. Dazu kommen 1,9 Millionen Multikopter im Hobbybereich. Die Dichte an Drohnen pro Einwohner spielt demnach in einer ähnlichen Liga wie in Deutschland. Die FAA sagt voraus, dass sich diese Zahlen bis 2020 auf dann 2,7 Millionen und 4,3 Millionen respektive verdreifachen sollen. Die rasante Entwicklung des bestehenden Marktes und die große Anzahl zukünftiger vorstellbarer Anwendungen erklären den hohen US-amerikanischen Kapitalfluss in die Branche.

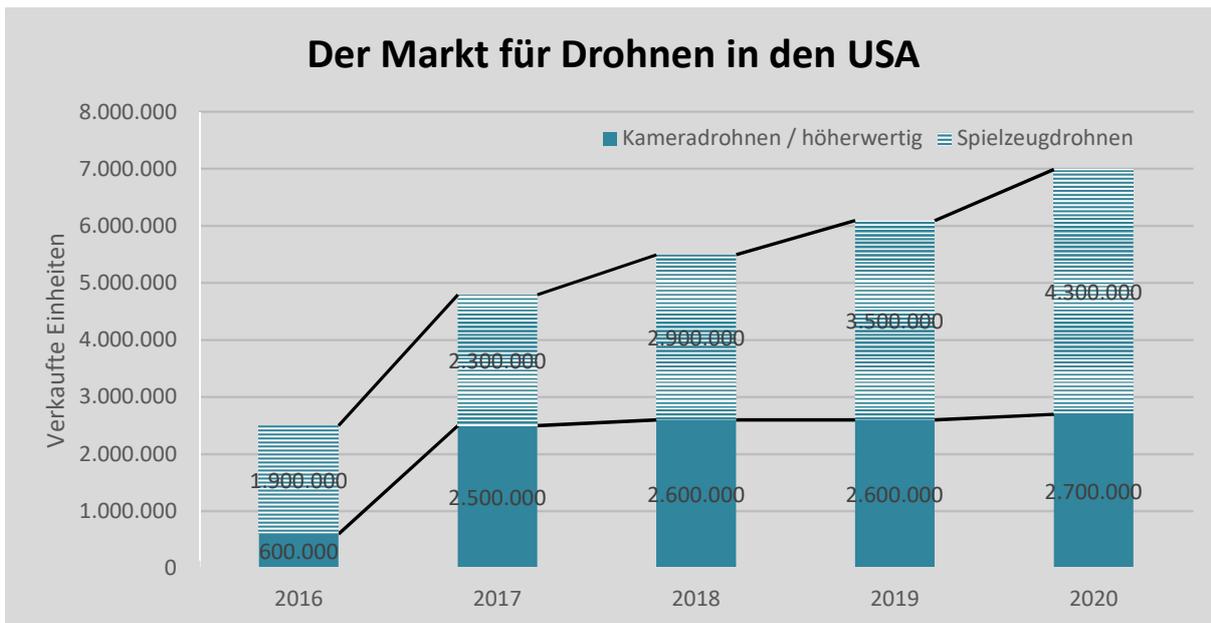


Abbildung 3: Prognose des US-Drohnenmarkts. Quelle: FAA 2016:31, eigene Darstellung.

Gleichzeitig hat die FAA auch eine erste Vorhersage getätigt, wo Drohnen heute besonders eingesetzt werden: Dabei liegen Wartungs- und Serviceaufgaben in der Industrie (Inspektion) mit 42 % der Anwendungen weit vorne; Luftbildfotografie, Aufgaben für die Versicherungsbranche und Landwirtschaft teilen sich die verbleibenden 56 % auf. Für staatliche Aufgaben – etwa die Verkehrsbeobachtung, Schutz vor Waldbränden oder Bewachung – wird lediglich ein Marktanteil von 2 % geschätzt.

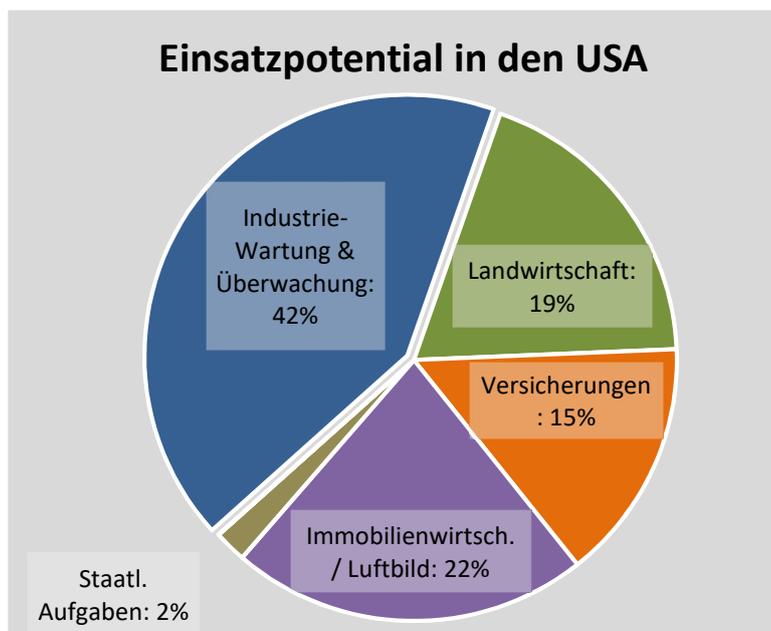


Abbildung 4: Segmente des Drohnen-Marktes in den USA. Quelle: FAA 2016: 33.

### 3.3. Der Markt für Drohnen in Deutschland

Zur Zahl der in Deutschland jährlich verkauften und insgesamt betriebenen Drohnen gibt es unterschiedliche Angaben.

Im Jahr 2015 sind nach Schätzungen des Bundesverbands Technik des Einzelhandels (BVT) durch den Einzelhandel in Deutschland 300.000 Drohnen aller Arten verkauft worden. Dabei sind Minidrohnen unter 100 Euro eingeschlossen. Im Jahr 2016 wurde die Marke von 300.000 verkauften Drohnen in Deutschland schon alleine von den etwas höherwertigen Drohnen mit Kamera im Freizeitsegment erreicht, die jeweils einen Wert von mindestens 200 Euro haben.<sup>10</sup>

Für Ende 2016 geht derweil die Deutsche Flugsicherung (DFS) von einem Bestand von 400.000 Drohnen (September 2016) aus, wobei der Großteil dem Spielzeug und Freizeitsektor zuzurechnen ist.<sup>11</sup> Bis zum Jahr 2020 sollte die Anzahl der Drohnen in Deutschland demnach auf über eine Million steigen.<sup>12</sup> Die Allianz Deutschland geht dabei von einem wachsenden (Versicherungs-)Markt hinsichtlich der Drohnen in Deutschland aus: Schon heute übersteige die Zahl der Drohnen die Anzahl an Flugzeugen.<sup>13</sup>

*Schon heute gibt es  
mehr Drohnen als  
Flugzeuge*

Die Zahlen dürfen inzwischen als überholt gelten. 2017 erwartet die Gesellschaft für Konsumforschung, dass allein über eine halbe Millionen Kameradrohnen für den Freizeitbereich verkauft werden.<sup>14</sup> Die Zahl der noch kleineren Hobby-Drohnen wird, nimmt man die Erfahrungen in den USA als Maßstab, mindestens um denselben Faktor zulegen.

Damit sind zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Studie schätzungsweise mehr als eine Millionen Drohnen in Deutschland im Gebrauch. 2017 ist mit einem Verkauf von mindestens einer weiteren Millionen Hobby- und höherwertigen Multicoptern zu rechnen.

---

<sup>10</sup> BVT 2016: [www.bvt-ev.de/Downloads/PM/2016/2016-12-08\\_PM\\_BVT-GfK-JPK.pdf](http://www.bvt-ev.de/Downloads/PM/2016/2016-12-08_PM_BVT-GfK-JPK.pdf).

<sup>11</sup> Kamphaus, Mölleken & Wiedermann 2016: *Sicherheitsrisiko Drohne: Neue Regeln für die Piloten* [www.abendblatt.de/vermischtes/article208240055/Diese-neuen-Regeln-koennen-auf-Drohnen-Piloten-zukommen.html](http://www.abendblatt.de/vermischtes/article208240055/Diese-neuen-Regeln-koennen-auf-Drohnen-Piloten-zukommen.html).

<sup>12</sup> DFS 2016: Pressemitteilung (15.11.16): *Kooperation auf hohem Niveau*. [www.dfs.de/dfs\\_homepage/de/Presse/Pressemitteilungen/2016/15.11.2016.%20Kooperation%20auf%20hohem%20Niveau/](http://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Presse/Pressemitteilungen/2016/15.11.2016.%20Kooperation%20auf%20hohem%20Niveau/).

<sup>13</sup> Polke & Much 2016: *Drohnen: Kommt die Kennzeichenpflicht?* [https://www.allianzdeutschland.de/drohnen-kommt-die-kennzeichenpflicht-/id\\_79283392/index](https://www.allianzdeutschland.de/drohnen-kommt-die-kennzeichenpflicht-/id_79283392/index)

<sup>14</sup> Telefonische Information Steffen Kahnt, BVT Köln; gleichlautend PM des BVT vom 9.12.16

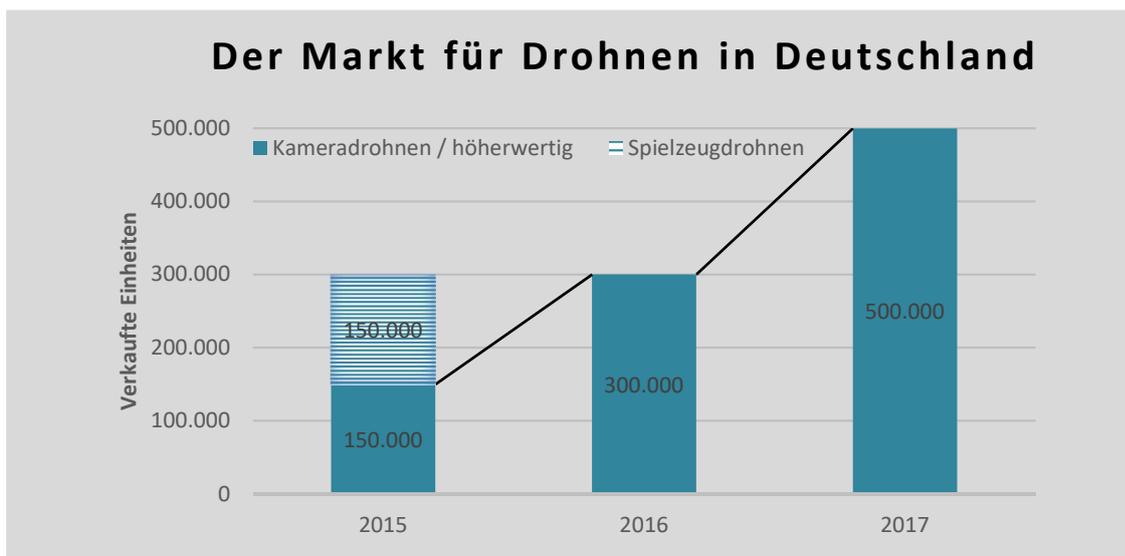


Abbildung 5: Markt für Freizeitdrohnen in Deutschland. Quelle: BVT / GfK 2016.

Eine belastbare Statistik hinsichtlich verkaufter Drohnen auf dem deutschen Markt fehlt allerdings. Die wichtigsten Gründe sind:

- Es gibt keine Zulassungs- und Registrierungspflicht für Drohnen in Deutschland, und insofern keine offizielle Statistik. Auch der Zoll erfasst eingeführte Drohnen nicht gesondert
- Der Weltmarktführer DJI mit geschätzten 70 % Weltmarktanteil nutzt den Direktvertrieb aus China ohne Zwischenhändler in Deutschland und macht selbst keine Angaben zu den Verkaufszahlen

Derzeit in Deutschland verkaufte Drohnen-Marken im Freizeit- und Hobbybereich sind:<sup>15</sup>

s-idee	Syma	Simulus	HASAKEE	NINETEC	Potensic	DEERC
DJI	DB POWER	XciteRC	Hubsan	SmartPlanet	GoolRC	UDIR/C

Auf den Markt für Drohnen im Hobby- und Freizeitmarkt, auf dem das Fliegen und häufig das Filmen als Unterhaltungswert im Zentrum steht, geht diese Studie nicht ein. Betrachtet werden ausschließlich Anwendungen, die einen wirtschaftlichen Mehrwert erzeugen und bei denen der Umsatz in dem Marktsegment überwiegend durch mit dem Einsatz der Drohne verbundene Dienstleistungen generiert wird. Die Anschaffungskosten der Drohnen treten dabei in den Hintergrund.

<sup>15</sup> Nach Listung auf [www.amazon.de](http://www.amazon.de)

## 4. Infrastruktur: Drohnen für schwer zugängliche Bauwerke und ausgedehntes Gelände

Die nach Marktwert größten Chancen für Drohnen sieht die Beratungsgesellschaft PwC im Bereich Infrastruktur.<sup>16</sup> Dabei umfassen die Tätigkeiten unter anderem Beobachtung, Überwachung und Überprüfung von Anlagen und dem Baufortschritt bei verzweigten, großen oder unübersichtlichen Anlagen und Netzen. Als Industrien werden Energie, Straßen, Schienen sowie Öl- und Gasinfrastrukturen adressiert. Nach Branchen sind dabei primär die Energieproduktion und Netze, der Hoch- und der Tiefbau angesprochen.

Wirtschaftlichkeit erreichen Drohnen dabei zuerst dort, wo sie gefährliche und aufwändige Einsätze übernehmen können oder ausgedehnte Objekte in kurzer Zeit zu erfassen sind. Beispiele sind die Inspektion von Rotorblättern an Windenergieanlagen und die Vermessung und Dokumentation von Autobahn-Neubauten.<sup>17</sup>

*Drohnen übernehmen aufwändige Einsätze in der Infrastruktur*

Der Verband Deutscher Ingenieure VDI beschreibt, dass Drohnen „inzwischen verstärkt im Bereich Instandhaltung eingesetzt [werden,] und dort gezielt zur Sichtkontrolle von Anlagen oder Gebäuden, die schlecht oder nur mit großem Aufwand besichtigt werden können (z.B. Anlagen der Prozesstechnik, Kraftwerke, PV-Anlagen, Kühltürme, Kamine, Überlandleitungen usw.). Auch in Gebäuden werden Drohnen für Inspektions- und Vermessungsaufgaben eingesetzt.“<sup>18</sup>

Neben Wartungs- und Kontrollarbeiten, die mit Lichtbild oder Wärmebildverfahren ausgeführt werden, haben Drohnen daher ein hohes Potenzial in der Photogrammetrie und bei Geoinformationssystemen (GIS). Hier werden auf Basis von Luftbildern 3D-Punktwolken erzeugt, die in der

*Hohes Potential bei Photogrammetrie und GIS*

---

<sup>16</sup> Wir folgen der Einteilung nach Einsatzbereichen der PwC-Studie aus pragmatischen Gründen. Eine einheitliche Einteilung der Drohnen nach Gebieten gibt es nicht. Andere Autoren unterscheiden nach technischen Eigenschaften, nach Branchen oder sehen etwa Geoinformationssysteme als eigenes Gebiet. Die absoluten Höhen der möglichen Umsätze, die in der PwC Studie gemacht werden, sehen wir durchaus kritisch, insbesondere weil Drohnen andere Techniken oft nicht verdrängen, sondern ergänzend angeboten werden.

<sup>17</sup> Vgl. Trimble Magazin t+m: *Surveying an mountain highway from above*. Ausgabe 2/2016.

<sup>18</sup> [www.vdi.de/technik/fachthemen/produktion-und-logistik/fachbereiche/fabrikplanung-und-betrieb/fa-2025-ueberpruefung-von-anlagen-via-uav/](http://www.vdi.de/technik/fachthemen/produktion-und-logistik/fachbereiche/fabrikplanung-und-betrieb/fa-2025-ueberpruefung-von-anlagen-via-uav/)

Planungssoftware weiterverwendet werden können (vergleiche Interview mit *ProCopter* / Leipzig am Ende dieses Kapitels).

Neben den Spezialanwendungen wie in der Windbranche dienen Drohnen heute der „Erfassung dreidimensionaler geometrischer Daten“<sup>19</sup> in der Geodäsie, der Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche. Die Geodäsie umfasst dabei auch die Ingenieurgeodäsie mit den Bereichen Qualitätskontrolle im Maschinen- und Anlagenbau, Vermessungen für Baumaßnahmen sowie das Geomonitoring, etwa die Beobachtung von Berghängen in der Nähe von Infrastruktureinrichtungen.<sup>20</sup>

**UAV sind günstiger  
als herkömmliche  
Luftbildtechniken**

Beim Vermessen und Erfassen sind Drohnen universell einsetzbar und der Einstieg in die Technik fällt den Unternehmen leicht,<sup>21</sup> da die Technik im Vergleich zu herkömmlichen Luftbildtechniken wie Satellit oder dem Einsatz von bemannten Flugzeugen und Hubschraubern günstig ist.

Die Markterhebungen für den so beschriebenen Bereich Infrastruktur schwanken dabei erheblich. Nach den Schätzungen von PwC besteht ein möglicher Markt von 45,2 Milliarden US-Dollar.

Die amerikanische Interessenvertretung der unbemannten Luftfahrt, die Association for Unmanned Vehicle Systems, schätzt den Markt für kommerzielle Drohnen im Jahr 2025 auf insgesamt 80 Milliarden Dollar und die Beschäftigung zu dem Zeitpunkt auf 100.000 Jobs in den USA.<sup>22</sup> Auf den Bereich Infrastruktur würde nach der Schätzung von PwC knapp die Hälfte aller Umsätze der Drohnenindustrie entfallen.

**Infrastruktur-  
Potential 2025:  
\$40 Mrd.**

Die Abschätzung der heute bereits realisierten Umsätze von Unternehmen in diesem heterogenen Feld sind jedoch deutlich bescheidener.

---

<sup>19</sup> 156. DVW-Seminar 2017: *UAV – Anforderungen und Möglichkeiten*, Schriftenreihe Band 86/2017: 5.

<sup>20</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Ingenieurgeodäsie>.

<sup>21</sup> 156. DVW-Seminar 2017

<sup>22</sup> <https://www.technologyreview.com/lists/innovators-under-35/2016/visionary/jonathan-downey/>.

Etablierte Start Ups wie *Redbird* in den USA haben nach eigenen Angaben etwa 40 Beschäftigte;<sup>23</sup> das ebenfalls zu den bekannteren Start Ups zählende *Airware* in San Francisco lag Mitte März 2017 bei etwa 100 Mitarbeitern.<sup>24</sup> Beide zählen laut Branchenreport „Drone Industrie Insight“ Ende 2016 bereits unter die 20 bekanntesten Drohnen-Hard- und Software Anbieter. Insgesamt sind weltweit bisher erst einige dutzend bis hundert junge Unternehmen mit einigen tausend Mitarbeitern in diesem Bereich tätig.

**Die Anzahl  
Beschäftigter liegt im  
vierstelligen Bereich**

Die Umsätze aus kommerziellen Aufträgen können dabei ebenfalls als noch gering eingeschätzt werden. Von einem realen, breiten Einsatz könne beispielsweise beim Tiefbau – einem der breitesten Anwendungsfelder – noch nicht geredet werden, sagen etwa Branchenvertreter der Bauausrüstung.<sup>25</sup> Auch die Anwendungen, wie sie in aktuellen Fachpublikationen beschrieben werden, stammen oft aus dem universitären Umfeld.<sup>26</sup>

Gleichzeitig wird in der Zukunft durchweg ein hohes Potenzial gesehen: Etwa für die GPS-gestützte Maschinensteuerung. Durch genaueres Vermessen und Arbeiten etwa im Straßenbau ließen sich erheblich Baustellenverkehr und Material und damit Kosten einsparen. Auch im Flottenmanagement ließen sich unnötige Staus etwa in Be- und Entlade Routinen vermeiden. Allerdings haben die führenden Hersteller der Baumaschinenindustrie wie *Caterpillar* noch keine eigenen Drohnen und Drohnenservices im Angebot.

Anders sieht es bei den Dienstleistern für die Baubranche aus. So bietet etwa die *Trimble Navigation Inc.*, mit rund 8.500 Mitarbeitern einer der weltweit führenden Anbieter von Geoinformationen für Industrie und Gewerbe, seit 2016 drohnen-basierte Vermessungssysteme an und hatte bis November auch eine eigene Abteilung für die Entwicklung von Drohnen (in Belgien). Inzwischen hat Trimble seinen strategischen Ansatz überarbeitet und will sich in Zukunft vor allem auf die Software konzentrieren, die die Nutzung der Daten einer „größeren Zahl von Drohnen-Plattformen“ in GIS-Anwendungen ermöglicht.<sup>27</sup>

**Dienstleister der  
Baubranche gehen in die  
Software-Entwicklung**

*Trimble* hat dazu eine strategische Allianz mit *Delair-Tech*, dem Käufer der Drohnen-Sparte, und dem deutschen Drohnenhersteller *Microdrones* bekannt gegeben. *Delair* beschäftigt 100

<sup>23</sup> [www.getredbird.com/en/company/](http://www.getredbird.com/en/company/), abgerufen 02.03.2017.

<sup>24</sup> [www.airware.com/about-us](http://www.airware.com/about-us), abgerufen 02.03.2017; Airware hat Redbird im September 2016 übernommen.

<sup>25</sup> Persönliche Auskunft Zeppelin Baumaschinen GmbH, Klaus Finzel, 15.3.2017.

<sup>26</sup> Vgl. 156. DVW-Seminar 2017.

<sup>27</sup> [www.trimble.com/news/release.aspx?id=101016a](http://www.trimble.com/news/release.aspx?id=101016a)

Mitarbeiter in 80 Ländern (Stand 2016) und bietet Tragflächen-Drohnen und Drohnenservices an.<sup>28</sup>

Für Deutschland lässt sich vor diesem Hintergrund und aufgrund der Zahl der Unternehmen und deren Mitarbeiter abschätzen, dass die Umsätze aus kommerziellen Einsätzen erst bei wenigen Millionen Euro liegen.<sup>29</sup>

#### 4.1. Einsatzmöglichkeiten

Die realisierten Einsätze von Drohnen im Bereich Infrastruktur sind bereits heute sehr vielfältig und lassen sich in zwei Richtungen unterteilen:

**Service und Wartung:** Im Kern werden Multikopter und andere Trägersysteme hier eingesetzt, um schwer erreichbare Strukturen und Bauteile zu erfassen. Die Schwierigkeit bei der Erreichbarkeit kann sich beispielsweise aus der Höhe von Gebäuden und Anlagen ergeben: Hier können die Drohnen andere Zugangssysteme wie Leitern, Gerüste, Hub- und Leiterwagen, Seil- und Sicherungssysteme von Industriekletterern oder auch bemannte Hubschrauber ersetzen und ergänzen.

*Drohnen erleichtern  
Wartung und Planung von  
großen Anlagen / Arealen*

**Erfassung und Planung:** Ebenso schwer zugänglich können Anlagen wegen ihrer schieren Ausdehnung sein. Hier verschaffen Drohnen insbesondere bei linearen Infrastrukturen wie Strom-, Öl- und Gasleitungen in der Energiewirtschaft einen sehr viele schnelleren und detaillierteren Überblick als er wahlweise mit Satellitenerfassung oder mit traditionellem Begehen und Befahren der Einrichtungen möglich ist. Drohnen setzen sich derzeit „auf breiter Basis für die unterschiedlichsten Anwendungen in der Ingenieurvermessung“<sup>30</sup> durch.

Anders motiviert ist der Einsatz auf Baustellen. Hier dienen Drohnen neben der Bildgebung auch dazu, durch 3D-Messungen Volumen von Bau- und Räummaterial sowie von Baufortschritten zu erfassen (siehe Interview *Procopter* am Ende dieses Abschnittes). Eine zentrale Dienstleistung der Anbieter ist dabei die Aufbereitung der Daten zu Geopunkten und die Bereitstellung der Daten in einer Form, die von bestehenden CAD-Systemen übernommen werden können. Das zeigt auch das Beispiel *Trimble*.<sup>31</sup>

---

<sup>28</sup> [www.delair-tech.com/our-company/](http://www.delair-tech.com/our-company/).

<sup>29</sup> Vergleiche Interview Frank Lochau am Ende dieses Kapitels.

<sup>30</sup> 156. DVW-Seminar 2017: 122.

<sup>31</sup> [www.trimble.com/news/release.aspx?id=101016a](http://www.trimble.com/news/release.aspx?id=101016a)

Im Einzelnen werden in **Service und Wartung** heute folgenden Dienstleistungen entwickelt oder sind schon am Markt verfügbar:

- Schnelle Inspektion von Freileitungen ohne Besteigung und Außerbetriebnahme der Infrastruktur<sup>32</sup>
- Inspektion von Bauteilen wie Rotor und Turm an Windenergieanlagen<sup>33</sup>
- Schnellere Ermittlung von Schäden wie Rissen, Wärmelecks oder Undichtigkeiten an Industriekomplexen und Infrastrukturen wie Öl- und Gasplattformen (on- und offshore), Chemischer Industrie, Brücken, Straßen, Schienen, Staudämmen, Wasserspeichern oder Stützwänden<sup>34</sup>
- Visuelle Inspektion von Passagierflugzeugen<sup>35</sup>
- Kontrolle der thermischen Hülle von Gebäuden vor der Baufertigstellung<sup>36</sup>
- Inspektion von Industriekaminen ohne Sicherheitsrisiken für Seilkletterer durch Höhe oder chemische Rückstände in der Struktur und ohne Aussetzen des Verbrennungsprozesses<sup>37</sup>

Gängige Beispiel im Bereich **Erfassung und Planung** sind:

- Aufnahmen von 3D-Daten zur Kontrolle und Planung von Baustellen und Tagebau-Minen<sup>38</sup>
- Dokumentation des Baufortschrittes und Koordination von Gewerken und Firmen auf Baustellen<sup>39</sup>
- Klassifikation von Baumarten<sup>40</sup>
- Dokumentation einer Hangrutschung<sup>41</sup>
- Dokumentation und Visualisierung beim Bau einer Autobahn<sup>42</sup>

<sup>32</sup> [www.alpig-intec.ch/unser-angebot/energieversorgungs-verkehrstechnik/hoch-mittelspannung/leitungen/flying-drones-for-power-line-inspections.jsp](http://www.alpig-intec.ch/unser-angebot/energieversorgungs-verkehrstechnik/hoch-mittelspannung/leitungen/flying-drones-for-power-line-inspections.jsp) sowie [www.welt.de/wirtschaft/article124774226/Drohnen-sollen-das-deutsche-Stromnetz-retten.html](http://www.welt.de/wirtschaft/article124774226/Drohnen-sollen-das-deutsche-Stromnetz-retten.html)

<sup>33</sup> BWE 2016: *Jahrbuch Windenergie 2016*: 58.

<sup>34</sup> [www.asctec.de/uav-uas-drohnen-anwendungen/drohneninspektion-drohnenmonitoring/](http://www.asctec.de/uav-uas-drohnen-anwendungen/drohneninspektion-drohnenmonitoring/)

<sup>35</sup> [www.airbus.com/presscentre/pressreleases/press-release-detail/detail/airbus-demonstrates-aircraft-inspection-by-drone-at-farnborough-innovation-and-digitalisation-for-production-ramp-up/](http://www.airbus.com/presscentre/pressreleases/press-release-detail/detail/airbus-demonstrates-aircraft-inspection-by-drone-at-farnborough-innovation-and-digitalisation-for-production-ramp-up/)

<sup>36</sup> [www.suasnews.com/2017/01/drones-helping-construction-companies-make-save-money/](http://www.suasnews.com/2017/01/drones-helping-construction-companies-make-save-money/)

<sup>37</sup> [www.suasnews.com/2017/01/versatol-validates-patent-pending-drone-inspection-method/](http://www.suasnews.com/2017/01/versatol-validates-patent-pending-drone-inspection-method/)

<sup>38</sup> [www.getredbird.com/en/](http://www.getredbird.com/en/)

<sup>39</sup> [www.suasnews.com/2017/01/drones-helping-construction-companies-make-save-money/](http://www.suasnews.com/2017/01/drones-helping-construction-companies-make-save-money/)

<sup>40</sup> DGPF 2016: *Baumartenklassifizierung mittels multi-temporalen Full-Waveform Laserscanning-Daten*, 36. In: Tagungsband 36. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung 06.2016: 240ff.

<sup>41</sup> DGPF 2016: *Direkte Georeferenzierung in UAS-Anwendungen – Eine Beispielanwendung der Landesvermessung Baden-Württemberg*, In: Tagungsband 36. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung 06.2016: 13ff.

<sup>42</sup> Vgl. Trimble Magazin t+m 2016: *Surveying an mountain highway from above*. Ausgabe 2016-2.

- Luftbilder von landwirtschaftlichen Nutzflächen<sup>43</sup>
- Beobachtung der Einleitung von Abwasser Eisen-II und Eisen-III-Oxiden in Bergbauregionen<sup>44</sup>

Die Ergebnisse der Drohnenmessung erreichen dabei dieselbe Qualität wie photogrammetrische Kamerasysteme und Laserscanner.<sup>45</sup>

Anwendungen von Drohnen im Vermessungswesen Anfang 2017:<sup>46</sup>

Anwendung	Flächenflügler	Multikopter	Bemerkung
Topographische Aufnahme	ja	zum Teil	nur für Teilaufnahmen, z. T. auch zu genau
Kataster	zum Teil	ja	Flächenflügler nur bei großen Flächen
Hoch- und Tiefbau	zum Teil	ja	Flächenflügler nur bei langgestreckten Objekten
Landwirtschaft	ja	zum Teil	Einsatz von Multispektralkameras
Monitoring	nein	ja	Genauigkeitsschranke vorhanden
3D-Stadtmodelle	ja	ja	Kombination mit anderen Messverfahren
Denkmalpflege	nein	ja	Genauigkeitsschranke vorhanden

Einzelne Sonderentwicklungen zielen auf einen **zeitlich limitierten Einsatz von Systemen**, die sonst dauerhaft installiert werden:

- Facebook hat einen solarbetriebenen Lastsegler vorgestellt, der mit einer Flügelspannweite von 42 Metern so groß ist wie eine Boeing 737 und als fliegender Mobilfunk-Mast<sup>47</sup> dient
- Seilgebundene Systeme zur Überwachung, Vermessung von Tagebauen und Sendern etwa über Festivals<sup>48</sup>

<sup>43</sup> Trimble Magazin t+m, 2015: *Ein Tag im Leben eines versierten UAS-Nutzers in Neuseeland*. Ausgabe 2-2015.

<sup>44</sup> DGPF 2016: *Ableitung von Eisen(II, III)oxid in Fließgewässern mittels Multispektraldaten*. In: Tagungsband 36. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung 06.2016: 34ff.

<sup>45</sup> DGPF 2016: *Direkte Georeferenzierung in UAS-Anwendungen – Eine Beispielanwendung der Landesvermessung Baden-Württemberg*. In: Tagungsband 36. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung 06.2016: 22.

<sup>46</sup> Liste nach 156. DVW-Seminar 2017: 22.

<sup>47</sup> [www.spiegel.de/netzwelt/web/facebook-drohne-aquila-soll-millionen-menschen-internet-bringen-a-1046114.html](http://www.spiegel.de/netzwelt/web/facebook-drohne-aquila-soll-millionen-menschen-internet-bringen-a-1046114.html).

<sup>48</sup> [www.skypoint-e.com](http://www.skypoint-e.com), Vortrag auf Dronemasters Meetup Berlin, 30.11.2016.

## 4.2. Flugtechnik

Im Segment der Infrastruktur werden überwiegend hochleistungsfähige Drohnen unterschiedlicher Bauarten eingesetzt. Für ausgedehnte lineare Infrastrukturen werden häufig Tragflächen-Drohnen genutzt, die auch außerhalb Sichtweite geflogen werden können. Für hohe Traglasten wie hochauflösende Kameras und für eine hohe Windstabilität bei relativ niedrigem Energieverbrauch werden Helikopterdrohnen mit einem Rotor genutzt.

*Eingesetzt werden  
Helikopterdrohnen mit  
sechs oder mehr Rotoren*

Die Inspektion von räumlich nahen Punkten wie Außenverkleidungen, Flächen oder Verbindungen erfolgt häufig mit leistungsfähigen Multikoptern mit sechs oder mehr Rotoren. Für hohe Traglasten und große Reichweiten kommen dabei regelmäßig auch Verbrennungsmotoren zum Einsatz.<sup>49</sup>

Die Vielzahl der hier eingesetzten Techniken resultiert aus den technischen Anforderungen der jeweiligen Aufgaben. Da die Hersteller von Drohnen oft eine einzelne Technik favorisieren, können sie nur eng begrenzte Services anbieten. Umgekehrt sind Serviceanbieter gezwungen, mehrere Fluggeräte gleichzeitig vorzuhalten. Typische Anforderungen an die Drohnen im Bereich Service und Wartung sind eine hohe Flugstabilität bei Wind und eine gute Regenfestigkeit. Die Kosten für Sonderentwicklungen liegen bei derzeit 30.000 Euro, um beispielsweise die Bedürfnisse der Windbranche zu erfüllen.<sup>50</sup>

- Stabilität bei Windgeschwindigkeiten bis 13 Meter je Sekunde
- Eine Zuladung bis drei Kilogramm
- Kamera mit wenigstens 36 Megapixel
- Flugdauer von 20 Minuten, auch voll beladen und bei Gegenwind

---

<sup>49</sup> Siehe etwa Viper 250 und andere UAVs von versatol ([www.versatol.com](http://www.versatol.com)).

<sup>50</sup> BWE 2016: 58 ff.

### 4.3. Sensoren und Funktionen

Professionelle Drohnen im Bereich Infrastruktur müssen in fast allen Fällen hochauflösendes, professionelles Equipment zur Datenaufnahme tragen. Die günstigeren Modelle aus dem Bereich der besseren Kameradrohnen wie etwa von DJI, dem Marktführer im Unterhaltungsbereich, sind hier kaum zu finden.

*Hochauflösende Sensoren und Eigen-Entwicklungen sind üblich*

Als optische Systeme werden hochauflösende digitale Spiegelreflexkameras<sup>51</sup> und Thermokameras eingesetzt. In Einzelfällen kommen spezielle Eigen-Entwicklungen zum Einsatz, etwa zur Stromflussmessung in den zu untersuchenden Bauteilen (Blitzableiter) mit Karbonrahmen.

### 4.4. Ablauf des Einsatzes

Die hochpreisigen Drohnen in diesem Bereich werden ausschließlich von erfahrenen und lizenzierten Piloten geflogen. Ein typischer Ablauf für einen **Wartungseinsatz** – hier in der Windbranche – läuft nach folgendem Muster ab:

- Anreise der speziell geschulten Wartungsmitarbeiter
- Vorbereitung der Drohne für den Start
- Manuelles Starten und Heranfliegen an die Spitze des Rotorblattes
- Übergang in den Autopiloten
- Die Drohne steigt via Autopilot langsam am Rotorblatt hoch
- Die Kamera erfasst im Abstand von fünf bis acht Metern zum Rotorblatt den Bildausschnitt und schießt auf jedem Höhenmeter ein Foto.
- Die Drohne kommt unter der Nabe an und umfliegt die Blattwurzel und sinkt auf der Hinterseite des Blattes dann weiter fotografierend in Richtung Blattspitze.
- Die Drohne kehrt autonom an den Ausgangspunkt zurück. Der Flug dauert etwa 10 Minuten und produziert 60 bis 70 hochauflösende Bilder<sup>52</sup>

Der Ablauf im Bereich **Erfassung und Planung** setzt in der Regel ebenfalls die Anreise von Spezialisten voraus. Die Befliegung erfolgt streifenweise und zunehmend autonom.<sup>53</sup>

---

<sup>51</sup> Beispielsweise bei <http://www.alpiq-intec.ch/unser-angebot/energieversorgungs-verkehrstechnik/hoch-mittelspannung/leitungen/flying-drones-for-power-line-inspections.jsp>

<sup>52</sup> Darstellung nach BWE 2016: 58 ff.

<sup>53</sup> 156. DVW-Seminar 2017: 9.

## Drohnen in der Windbranche

Die Serviceanbieter von Windenergieanlagen haben das Potenzial von Drohnen schon früh gesehen. Dabei stand zunächst das Interesse im Vordergrund, die Arbeitssicherheit bei der Inspektion der Blätter zu erhöhen. Zwar sind Unfälle bei Seilkletterern in der Windbranche selten, mit Drohnen sinkt das Risiko jedoch auf Null. Zweiter Grund sind nach Angaben von Serviceunternehmen die Geschwindigkeit, mit der die Blätter abgeflogen werden.

Die Vorbereitung des Drohnen-Systems und das Befliegen der drei Rotorblätter eines Windrades dauert nach Branchenangaben rund 1,5 Stunden. Ein Seilkletterer braucht dafür gut doppelt so lang, das macht den Einsatz der Drohnen rentabel. Statt erfahrener Kletterer werden im Service dann ausgebildete Drohnenpiloten eingesetzt.

Nach ersten Pilotanwendern im Jahr 2015 haben sich Drohnen in der Windbranche schnell etabliert (siehe Anbieterübersicht). Die Geräte des Serviceanbieters *Height Tech* können bereits mit GPS-Signalen vollautomatisch verschiedene Kontrollpunkte anfliegen. Das mit dem *Height Tech* verbundene Unternehmen *SpectAir* bewirbt die automatische Abstandhaltung zu definierten Objekten; Geräte von *Volocam* aus Rostock lassen sich zwecks Liveübertragung kabellos mit Videobrillen verbinden. *RWE Westnetz* nutzt seit 2013 einen mit Joystick steuerbaren Hexakopter für die eigenen Inspektionen und bietet diesen Service auch für externe Kunden an. Und das Unternehmen *Cyberhawk* liefert das hauseigene Datenanalyse-Programm *iHAWK Wind* mit, um Bilder und Analysen einfach zu operationalisieren.

Gleichzeitig wird die benötigte Technik immer kleiner, so dass Prozessoren, Batterien und GPS-Module in doppelter Ausführung eingebaut werden können – das minimiert das Ausfallrisiko. Während man vor zehn Jahren an der Fernsteuerung bloß ablesen konnte, wie hoch der Copter gerade fliegt, zeigt die Steuerung heute neben der Flughöhe auch den Stand der Batterien, die Geschwindigkeit und die zur Verfügung stehenden GPS-Satelliten an. Zusätzlich warnen die Systeme, wenn sich kritische Flugsituationen anbahnen. So fliegt immer ein unsichtbarer Autopilot mit.

---

### Anbieter von Drohnen & Servicedrohnen

<b>RWE Westnetz</b>	<a href="http://www.westnetz.de/web/cms/de/1507122/westnetz/">www.westnetz.de/web/cms/de/1507122/westnetz/</a>
<b>Availon</b>	<a href="http://www.availon.eu">www.availon.eu</a>
<b>Height Tech</b>	<a href="http://www.heighttech.com">www.heighttech.com</a>
<b>Spect Air</b>	<a href="http://www.spectair.com">www.spectair.com</a>
<b>Volocam</b>	<a href="http://www.colovam.de">www.colovam.de</a>
<b>Robotic Air</b>	<a href="http://www.robotic-air.de">www.robotic-air.de</a>

## 4.5. Markt für Drohnen und konkurrierende Systeme

Schätzungen von PwC zufolge liegt der Marktwert von Drohnen im Infrastruktur-Sektor bei 45 Milliarden US-Dollar. Gewinne im Vergleich zu bestehender Technologie lassen sich zum einen durch günstigere und risikofreiere Durchführungen (z.B. Windrad-Prüfung Offshore), zum anderen durch einen erweiterten Datenfundus erreichen.

Drohnen für den Bereich Service und Wartung mit hochauflösenden Kameras können bereits bei einer Vielzahl unterschiedlichen Anbietern mitsamt einem Piloten gemietet werden.<sup>54</sup> Die aktuell noch verhältnismäßig geringe Anzahl qualifizierter Piloten schränkt den Infrastrukturmarkt derweil allerdings noch auf spezialisierte Nischen wie die Offshore-Windbranche ein, wo eine teure Fachkraft (Kletterer) durch eine weniger gefährdete, andere Fachkraft (Drohnenpilot) ersetzt werden kann. Die Vorteile bei Anwendungen wie der Geodäsie sind in Deutschland jedoch noch eingeschränkt: Zum einen aufgrund kleinteiliger Areale, zum anderen aufgrund des faktischen Verbots von Außer-Sichtflügen in der derzeitigen Rechtslage.

## 4.6. Marktaussichten

Drohnen ergänzen im Infrastruktur-Bereich vorhandene Dienstleistungen, die vorher weniger effizient durchgeführt wurden – vergleichbar mit der Lasertechnologie in der Landvermessung. In näherer Zukunft wird jedoch vermutlich kein völlig neuer Markt entstehen. Das große Potential liegt hier in selbststeuernden Multikoptern: Sollten die rechtlichen Rahmenbedingungen für einen autarken Betrieb auch außer Sichtweite geschaffen werden, bieten sich Unternehmen des Sektors nicht nur vielfältige ökonomische Anreize, sondern auch die Möglichkeit neuer Betriebsfelder.

---

<sup>54</sup> [www.copterproject-industrial.com/uav-flight-services/](http://www.copterproject-industrial.com/uav-flight-services/).

Frank Lochau / ProCopter

## Interview: „Das gab es bisher nicht“

Drohnen liefern in der Planung von Infrastruktur-Projekten Daten schneller und genauer als herkömmliche Verfahren. Die Kompetenz der Anbieter liegt dabei immer weniger bei der Steuerung der Drohne, sondern im Wissen um die richtige Aufnahme der Daten und die Aufbereitung für die branchenüblichen digitalen Planungsmittel, sagt Frank Lochau, Geschäftsführer der Leipziger *ProCopter GmbH*.

### Zentrale Aussagen

- Drohnengestützte Bildauswertung und Vermessung ermöglicht eine Datendichte, die es bisher nicht gab
- Genauigkeit in der Planung senkt Kosten der Ausführung
- Rund zehn vergleichbare Firmen in Deutschland
- Anschaffungskosten für Drohne und weiterer Sensorik liegen im fünfstelligen Bereich
- Das Verbot von Flügen außerhalb Sichtkontrolle behindert die Entwicklung

### ProCopter Unternehmensprofil

- Geschäftsbereich: Erfassen von Geodaten, Monitoring von Objekten und Flächen, Visualisierungen, Luftbild & Film
- Drohntyp und Technik: 2 x Hexacopter von Droidair mit DJI Flugsteuerung; 2 x DJI Phantom 3 Pro, 1 x DJI Phantom 4 Pro
- Gegründet (Jahr): 2014
- Mitarbeiter (Zahl): 2 Geschäftsführer (CEO & CTO) freie Mitarbeiter für Projekte
- Wie entstanden? Fotografie und ingenieurtechnisches Studium führten zur technischen Fotografie aus der Luft.
- Umsatz (Euro pro Jahr): <50.000€ (2016)
- Märkte: Ingenieursplanung / Bausektor, Digitalisierung / BIM, Erneuerbare Energien, Landwirtschaft, Marketing und Werbung, Immobilien

**Das vollständige Interview steht allen Lesern der Langfassung der Studie zur Verfügung. Bezug über: [ahnenenkel.com](http://ahnenenkel.com)**

## 5. Landwirtschaft: Drohnen-Bilder für das „Precision Farming“

Die Landwirtschaft gilt als einer der größten möglichen Einsatzbereiche für autonome mobile Lösungen. Doch die Drohnentechnologie muss sich hier gegen etablierte Unternehmen der Branche und die Skepsis der Anwender durchsetzen.

PwC geben einen potenziellen jährlichen Markt in Höhe von 32,4 Milliarde US-Dollar an. Dabei sind die Ausgaben aller heute vorhandenen Anwendungen zugrunde gelegt, deren Ersatz durch Drohnen technisch denkbar ist.

Deutlich vorsichtiger sind die Abschätzungen für den wirtschaftlichen Einsatz. Laut einer Prognose des britischen Marktforschungsunternehmens *IDTechEx*<sup>55</sup> werden Landwirte 2027 weltweit 480 Mio. US-Dollar jährlich für Drohnen ausgeben – ein Sechzigstel der laut PwC denkbaren technischen Fälle. Laut *IDTechEx* spielt vor allem der Einsatz autonomer Geräte dabei eine wichtige Rolle: Nach den Prognosen wird auch der Absatz von automatisch gelenkten Traktoren binnen zehn Jahren von rund 300.000 auf 660.000 Einheiten steigen.

**2027 könnten Landwirte  
\$480 Mio. jährlich für  
Drohnen ausgeben**

In der Landwirtschaft wird die Drohne zur Überwachung des Pflanzenwachstums und des Bodenzustands eingesetzt. Mit Hilfe systematischer Feldüberfliegungen kann der Zustand der Felder in jedem Stadium des Wachstums genau betrachtet und analysiert werden.<sup>56</sup> Auch vom Wind niedergedrückte Feldteile, Staunässe oder Trockenheit können erfasst werden. Drohnen helfen, den Erntezeitpunkt und den gezielten Einsatz von Pestiziden und Herbiziden gerade bei größeren Feldern aus der Luft zu erkennen.<sup>57</sup>

In der Landwirtschaft kommt Drohnen in den allermeisten Fällen die Rolle zu, der bildgebende erste Schritt für das so genannte Precision Farming zu sein. *Precision Farming*

---

<sup>55</sup> Ghaffarzadeh, Harrop & Zervos 2017: *Agricultural Robots and Drones 2017-2027: Technologies, Markets, Players: The future of farming; ultra precision farming; autonomous farming.* <http://www.idtechex.com/research/reports/agricultural-robots-and-drones-2017-2027-technologies-markets-players-000525.asp>.

<sup>56</sup> Häring et al. (Hrsg.) 2015: *Am Mut hängt der Erfolg - Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung.* Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 17.-20. März 2015. Verlag Dr. Köster, Berlin.

<sup>57</sup> Vgl. auch <https://www.microdrones.com/de/anwendungen/wachstumsmaerkte/microdrones-in-der-landwirtschaft/>.

ist die „teilflächenspezifischen Bewirtschaftung“ von Agrarflächen. Ziel ist es, „jede Fläche einzeln auf der Grundlage ihrer natürlichen Gegebenheiten zu betrachten und zu behandeln.“<sup>58</sup>

*Precision Farming  
betrachtet Teilflächen  
nach natürlichen  
Potentialen*

Im Gegensatz zu diesem Ideal werden heute alle Teilflächen eines landwirtschaftlichen Schlags mit derselben Menge an Dünger und Pflanzenschutzmitteln bearbeitet, unabhängig von der tatsächlichen Fähigkeit eines Flächenstücks zur Speicherung von Wasser und Nährstoffen und dem Aufwuchs der hier gepflanzten Sorten wie Mais oder Getreide.

## 5.1. Einsatzmöglichkeiten

Konkret werden heute beispielsweise folgende Einsätze von Drohnen in der Landwirtschaft angedacht und in Deutschland erforscht:

- Erkennen von Unkrautnestern durch Luftbilder in verschiedenen Kulturpflanzen wie Gerste, Weizen, Zuckerrübe, Sojabohne und Mais; Ziel ist es, Herbizide nur noch kleinflächig einzusetzen und dadurch Kosten zu sparen und die Umwelt zu schonen<sup>59</sup>
- Abwurf von biologischen Schädlingsbekämpfungsmitteln. Beispielsweise werden knapp einen Zentimeter durchmessende Kugeln eingesetzt, in denen Schlupfwespeniern deponiert sind. Sie dienen der quadratmetergenauen Bekämpfung von Schädlingen wie dem Maiszünsler
- Pflanzen von Baumsamen in biologisch abbaubaren Verpackungen in Größenordnungen von einer Milliarde Samen pro Jahr<sup>60</sup>
- Aufspüren von Rehkitzen vor der Mahd durch den Einsatz von Wärmebildkameras
- Bestimmung von Wuchshöhen und Blühbeginn auf dem Feld um Pflege- und Dünge-Maßnahmen einzuleiten
- Erfassen von sanierungsbedürftigen Drainagesystemen mittels Luftbild<sup>61</sup>

---

<sup>58</sup> [www.claas.de/produkte/easy/precision-farming](http://www.claas.de/produkte/easy/precision-farming).

<sup>59</sup> Projekt Reweed, siehe Betrag SWR „Odysso“ vom 8.12.16, [www.swr.de/odysso/drohnen-in-der-landwirtschaft/-/id=1046894/did=18383354/nid=1046894/hczd6t/index.html](http://www.swr.de/odysso/drohnen-in-der-landwirtschaft/-/id=1046894/did=18383354/nid=1046894/hczd6t/index.html).

<sup>60</sup> [www.biocarbonengineering.com](http://www.biocarbonengineering.com).

<sup>61</sup> Mario Hehne, Gründer [www.geomanagement-dresden.de](http://www.geomanagement-dresden.de).

## 5.2. Flugtechnik

Zum Einsatz kommen überwiegend professionelle Multikopter mit sechs Rotoren, Elektroantrieb und Flugdauern zwischen 20 und 30 Minuten. Bei solchen Modellen können die abzufliegenden Routen in der Regel programmiert werden, so dass ein autonomer Betrieb möglich ist.

*Tragflächen-  
Systeme eignen sich  
für große Acker*

Wegen der großen landwirtschaftlichen Acker und Felder werden auch Tragflächen-Systeme eingesetzt. Dabei handelt es sich oft um spezielle, eigens für diesen Einsatz entwickelte ferngesteuerte Flugzeuge (siehe Interview Thamm, *Aerolution GmbH*) oder um Weiterentwicklungen von elektrisch betriebenen Senkrechtstartern,<sup>62</sup> die auch den Landwirtschaftssektor bedienen sollen. Der Verkaufspreis solcher Systeme liegt in der Größenordnung von 10.000 bis 50.000 Euro.<sup>63</sup>

## 5.3. Sensoren und Funktionen

Grundsätzlich werden in der Landwirtschaft an Drohnen vor allem optische Systeme wie Infrarot, Wärmebild und Lichtbild-Fotografie eingesetzt.

Neben diesen Bildsensoren kommen in der Forschung auch so genannte *Dispenser*<sup>64</sup> zum Einsatz. Das sind Ausgabe- oder Abwurfeinrichtungen, mit denen in Kugeln verpackte Wirkstoffe oder Eier von schädlingsbekämpfenden Insekten aus der Luft eingebracht werden.

*Drohnen mit Dispensern  
können Wirkstoffe in  
Kugeln abwerfen*

In einem Forschungsprojekt wurde außerdem eine unbemannte Drohne mit einem Flüssigkeitstank und einer Spritze ausgestattet. Als Flugtechnik kommt dabei in diesem Projekt ein ferngesteuerter Hubschrauber mit Verbrennungsmotor und drei Meter Rotorkreisdurchmesser zum Einsatz. Diese Drohne wird für das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln im Weinberg eingesetzt. Die Anwendung zielt insbesondere auf extreme, schwer begehbare Steillagen.<sup>65</sup> Als Vorteile gegenüber Großhubschraubern werden „eine höhere Effizienz, eine deutlich reduzierte Abdrift von Pflanzenschutzmitteln, Vorteile

---

<sup>62</sup> Etwa die schweizerische Firma *Wingtra*, [wingtra.com](http://wingtra.com).

<sup>63</sup> Vergleiche [www.nzz.ch/digital/aktuelle-themen/schweizer-start-ups-ein-himmel-voller-drohnen-ld.127698](http://www.nzz.ch/digital/aktuelle-themen/schweizer-start-ups-ein-himmel-voller-drohnen-ld.127698), Wingtra-Modell für 20.000 Schweizer Franken.

<sup>64</sup> [rucon.de/produkte-service.html](http://rucon.de/produkte-service.html).

<sup>65</sup> [mueef.rlp.de/de/presse-meldungen/detail/news/detail/News/weinbauministerin-hoefken-unbemannter-klein-hubschrauber-leistet-wertvollen-beitrag-zum-erhalt-des-s/](http://mueef.rlp.de/de/presse-meldungen/detail/news/detail/News/weinbauministerin-hoefken-unbemannter-klein-hubschrauber-leistet-wertvollen-beitrag-zum-erhalt-des-s/); Bericht in [www.rhein-zeitung.de/region\\_artikel,-spritzen-im-steilhang-drohnen-sollen-moselwinzern-helfen-arid,461751.html](http://www.rhein-zeitung.de/region_artikel,-spritzen-im-steilhang-drohnen-sollen-moselwinzern-helfen-arid,461751.html).

beim Treibstoffverbrauch, weniger Lärmbelastung und eine geringere Unfallgefahr“ genannt. Auch DJI, das vor allem als Hersteller von höherwertigen Hobbydrohnen bekannte Unternehmen, bietet Drohnen mit 10-Liter-Spritztanks an.<sup>66</sup>

#### 5.4. Ablauf des Einsatzes

Der Einsatz von Drohnen, die programmierte Routen autonom abfliegen, wird beim heutigen Entwicklungsstand noch individuell geplant. Die Vorbereitung für den Einsatz umfasst typischerweise folgende Schritte:<sup>67</sup>

- Festlegen eines Flugplanes für die Drohnen anhand von digitalen Karten und GPS-Daten
- Festlegen der Abstände für Aktionen wie Fotografie oder Abwerfen von Schädlingsbekämpfungsmitteln
- Übertragen des Flugplanes und der festgelegten Aktionen vom PC-System auf die Software der Drohne
- Anfahrt und technische Vorbereitung und Starten der Drohne vor Ort
- Autonomes Abfliegen der definierten Strecke und autonomes Ausführen der geplanten Aktionen, allerdings unter Sichtkontrolle
- Landen der Drohne manuell oder autonom
- Auslesen der Informationen auf das IT-System (wieder inhouse)
- Verarbeitung der gewonnenen Bilddaten (Zusammensetzen der Einzelbilder, Analyse der Farben) mit Bildanalyse-Programmen auf dem IT-System.
- Festlegen der angezeigten Maßnahmen wie Düngen oder Schädlingsbekämpfung
- Einleiten der Maßnahmen; idealerweise übernimmt eine landwirtschaftliche Maschine (Traktor mit Spritze) die gewonnenen GPS-Daten und dosiert Düngung oder Pflanzenschutz automatisch

#### 5.5. Markt für Drohnen und konkurrierende Systeme

Laut Marktforschung gibt es schon heute denkbare Anwendungsfelder für Drohnen in der Landwirtschaft mit einem Umsatz von gut 30 Milliarden US-Dollar und einen erwarteten Markt in etwa zehn Jahren von knapp einer halben Milliarde US-Dollar.

---

<sup>66</sup> Modell DJI Agras MG-1, vgl. VDI-Nachrichten 18.11.16: „Über das Feld in Hochgeschwindigkeit“.

<sup>67</sup> Agrar heute, „Drohnen in der Landwirtschaft“ auf [www.youtube.com/watch?v=aOMj1nO8-Ko](http://www.youtube.com/watch?v=aOMj1nO8-Ko); Experte: Martin Herkommer, *GEO Konzept GmbH*. Den Ablauf beschreibt auch das *Forum Smart Farming* des VDI am 27.3.2017, siehe [www.vdi-wissensforum.de/weiterbildung-maschinenbau/st-smart-farming-2017/](http://www.vdi-wissensforum.de/weiterbildung-maschinenbau/st-smart-farming-2017/).

Tatsächlich befinden sich alle Drohnenanwendungen in der Landwirtschaft in Deutschland heute weitgehend im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Typischerweise erfolgt diese Forschung in Universitäten, landwirtschaftlichen Einrichtungen der Länder und jungen Unternehmen.

Die Triebfeder aus Sicht der Landwirtschaft liegt in den möglichen Einsparungen bei Herbiziden, Saatgut und in daraus folgenden Mehrerträgen bei der Ernte. Dabei zeigen unterschiedliche Studien eine große Spannweite bei möglichen Mehr- und Minderausgaben. Bei den Herbiziden liegen die Einsparungen danach bei 40 bis 70 %. Der Einsatz gilt naturgemäß als umso eher „lohnend, je heterogener die Flächen sind.“<sup>68</sup>

**Bei Herbiziden  
können bis zu 70 %  
eingespart werden**

Der Erschließung dieser großen Potenziale haben sich auch die klassischen Landmaschinenunternehmen verschrieben.<sup>69</sup> Ein bekannter Anbieter ist das norwegische Unternehmen *Yara*. Die *Norsk Hydro*-Tochter vertreibt einen Stickstoffsensoren (N-Sensor<sup>70</sup>), der auf dem Dach der Zugmaschine montiert wird und von dort mit Sensoren den Aufwuchs der Pflanzen dokumentiert. Wenn der Landwirt den Traktor zur Düngung über das Feld steuert, registriert der Sensor die Qualität des Aufwuchses und das System steuert die Stickstoffausbringung am Düngerstreuer.

Ähnlich funktioniert das System von *Claas*. Der deutsche Hersteller bietet für das Precision Farming einen Sensor zur Erfassung von Bestandsdichten und Grünfärbung von Pflanzen an. Das Messsystem mit LED-Lichtern (im sichtbaren Bereich) ist an einem Ausleger mit einer Spannweite von rund acht Metern angebracht. Der Ausleger ist vor dem Traktor, in der vorderen Dreipunkt-Aufhängung angebracht. Der Sensor berechnet die Wachstumsgüte der Pflanzen und steuert die Ausbringmenge des Düngerstreuers oder der Spritze für das Pflanzenschutzmittel.<sup>71</sup> Die Ansteuerung und der Datenaustausch erfolgt über das *Isobus*-System. Die internationalen Normungsorganisationen haben 2008 damit begonnen, Isobus zum weltweiten Standard physikalischer Eigenschaften, Datenformate und Schnittstellen machen.<sup>72</sup>

---

<sup>68</sup> Prof. Peter Wagner, MLU-Halle, Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre, [www.landw.uni-halle.de/lb/](http://www.landw.uni-halle.de/lb/), Vortrag zum Projekt „Precision Farming Görzig“.

<sup>69</sup> Übersicht siehe [www.agrarheute.com/agrartechnik/news/optische-sensoren-top-anbieter-yara.com/sustainability/how\\_we\\_engage/green\\_growth/precision\\_farming\\_tools/](http://www.agrarheute.com/agrartechnik/news/optische-sensoren-top-anbieter-yara.com/sustainability/how_we_engage/green_growth/precision_farming_tools/).

<sup>71</sup> Siehe Broschüre „Crop Sensor Isaria 2015“ auf [www.claas.de/produkte/easy/precision-farming](http://www.claas.de/produkte/easy/precision-farming).

<sup>72</sup> [de.wikipedia.org/wiki/ISOBU](http://de.wikipedia.org/wiki/ISOBU).

## 5.6. Marktaussichten

Eine Herausforderung für die Drohnenanbieter ist es, einen Marktzugang für ihre Lösung zu finden. Das könnte am schnellsten dadurch geschehen, dass einer der etablierten Anbieter von landwirtschaftlichen Geräten eine der Drohnen-Entwicklungen auf dem Markt übernimmt und in sein Sortiment aufnimmt. Damit wäre die Integration der Drohne als bildgebendes System für die Steuerung von Arbeitsgeräten am Traktor gewährleistet. Dazu müssen die Entwickler von Drohnenanwendungen nachweisen, dass die Drohnen funktional und wirtschaftlich überlegen sind.

Auch muss immer noch eine generelle Skepsis der Landwirte überwunden werden. Nach einer Untersuchung der *Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik* (VDI-MEG) scheuen 60 % der Befragten die hohen Anschaffungskosten bei IT-Lösungen generell. Stark verbreitet ist auch die Sorge vor Bedienfehlern durch überforderte und wechselnde Mitarbeiter. Größere Abhängigkeit von Herstellern und höherer Reparaturaufwand sind ebenfalls oft genannte Motive. Jeder zweite Befragte zeigt sich verunsichert, ob die Investition in ein System zukunftssicher ist.

**50 % der Landwirte  
sorgt sich um  
Zukunftssicherheit**

Aus Sicht von Experten könnten Drohnensysteme perspektivisch vor allem von Dienstleistern eingesetzt werden, die in einer Region alle Felder regelmäßig abfliegen und die so gewonnenen Daten für die Ertragsoptimierung an die Landwirte weiter geben.

Hans-Peter Thamm / Aerolution

## Interview: „Drohnen lenken Agrarroboter“

Was bewegt den Einsatz von Drohnen in der Landwirtschaft? Dr. Hans-Peter Thamm, Geschäftsführer der *Aerolution GmbH* in Berlin, über Chancen und Herausforderungen auf Märkten in Deutschland und weltweit.

### Zentrale Aussagen

- Einsatz von Luftbildern für höhere Erträge
- Hohe preisliche Vorteile gegenüber erdgebundener Sensorik und Satelliten
- Drohneneinsatz möglich durch technischen und preislichen Fortschritt bei Akkus und Flugcontrollern
- Knowhow der Bildauswertung zunehmend wichtiger als die „Technikplattform Drohne“
- Markthürde: Langsamer Wandel in der Branche und Verbot des Fliegens außerhalb Sichtweite
- Vision: Vollständige Steuerung der Landbestellung durch Luftbilder und Pflanzenanalytik

### Aerolution Unternehmensprofil

- Einsatzbereich der Drohne: Vermessung, Agrar und Sicherheitsapplikationen
- Drohentyp und Technik: Senkrecht startende / landende Starrflügeldrohne (Songbird), für professionelle Anwender. Rumpf & Flügel in GFK- und Carbon-Verbundbauweise. Flugcontroller: Eigenentwicklung in Hard- & Software für hohe Ausfallsicherheit
- Gegründet (Jahr): 2015 (nach 11 Jahren Vorarbeit)
- Mitarbeiter (Zahl): 9
- Wie entstanden? Dr. Thamm hat als studierter Physischer Geograph seit mehr als 25 Jahren Erfahrung mit Fernerkundung und Geoinformatik. Seit 2004 arbeitet er mit Drohnen und entwickelt seit 2005 UAV für Spezialanwendungen. 2015 Gründung der Firma Aerolution GmbH mit Investoren.
- Umsatz (Euro pro Jahr): 2,2 Mio. Euro (2017 erwartet)
- Märkte: Weltweite Nachfrage, wobei Länder ohne aktuelle Katasterpläne höheren Bedarf haben. Wichtige Märkte sind Flächenstaaten mit großen Agrarbetrieben (Ostafrika, Südostasien, Südamerika, USA, Kanada und Australien), aber auch kleinteiligere Länder wie Deutschland können wirtschaftlich betrieben werden. Märkte für Sicherheits-Anwendungen existieren weltweit (Inspektion von Stromleitungen, Pipelines, Deiche und Küstenschutz, Search & Rescue, Erkennen von Waldbränden und Erosion etc.) Insgesamt steigen mit der Verfügbarkeit von zuverlässigen UAV

**Das vollständige Interview steht allen Lesern der Langfassung der Studie zur Verfügung. Bezug über: [ahnenenkel.com](http://ahnenenkel.com)**

## 6. Logistik: Drohnen als fliegende Lastwagen?

Fliegende Autos und Paketzustellung per computergesteuerter Drohne: Die Logistikbranche liefert aktuell die spektakulärsten Visionen für den Einsatz von Drohnen. Mehr als Science Fiction? Dem tatsächlichen Einsatz stehen vor allem erhebliche rechtliche und sicherheitstechnische Fragen im Weg.

*In der Logistik stehen vor allem Rechtsfragen im Weg*

Der Bereich der Logistik wird als das drittgrößte Segment in einem künftigen Drohnenmarkt angesehen. PwC schätzt den Wert der hier potenziell zu erbringenden Dienstleistungen auf 13 Milliarden US-Dollar jährlich, das sind rund 30 % mehr als im Bereich Sicherheit Security. Aber das macht nur ein Drittel bis die Hälfte des Potenzials in den Sektoren Infrastruktur und Landwirtschaft aus (siehe dort).

Das steht in einem deutlichen Kontrast zu dem Mehr an Aufmerksamkeit, das „Drohnen in der Logistik“ erfahren. Gründe dafür sind:

- Die hohe Marketing-Kapazität von Unternehmen wie Google, Amazon oder in Deutschland der DHL
- Die Unternehmen liefern Filme und Bilder für Presse und Internet, die den Einsatz von Drohnen in der Logistik beeindruckend demonstrieren und weite Verbreitung finden
- Drohnen für den Transport von Menschen sind an sich ein Faszinosum (Traum vom Fliegen) und haben potenziell eine hohe Bedeutung für den persönlichen Alltag.<sup>73</sup> Drohnen in der Landwirtschaft oder für Infrastruktur-Aufgaben sind dagegen weit vom persönlichen Erleben entfernt

Im deutlichen Kontrast dazu gibt es noch keine kommerziellen Anwendungen für Drohnen in der Logistik. In Aussicht gestellt werden vor allem Anwendungen in Nischen der Logistikkette.

Dennoch glauben manche Techniker und Kaufleute, dass die Zeit für die Verlagerung von Logistik in die Luft gekommen sei. Matthieu Repellin, ein „Investmentpartner“ von Airbus, sieht dafür vor allem technische Gründe: Die Energiedichte von Batterien steige heute schnell an, Sensoren etwa für die Flugstabilisierung und Ortung würden kleiner und leichter und die Software entwickle sich rapide: „Die Industrie erwartet, dass solche Techniken den

---

<sup>73</sup> Z.B. Die Zeit 2016: „Als Lufttaxi werden autonome Roboter bald Menschen transportieren“, Ausgabe vom 16.12.16.

Kosten/Leistungspunkt erreichen, an dem der autonome Personentransport ohne Fahrer technisch möglich und wirtschaftlich darstellbar wird. Das ist eine sehr attraktive Gelegenheit,<sup>74</sup> sagt Matthieu.

Den größten Markt für Drohnen als autonome, fliegende Trägersysteme sehen die Fürsprecher der Technik vor allem in den weiter wachsenden Großstädten, deren Infrastruktur notorisch überlastet ist. Der Luftraum sei dabei heute noch ungenutzt. *Airbus* beschreibt das als „einen Traum aller Pendler, der wahr wird: mit einem Knopfdruck (im fliegenden Auto) dem Stau zu entkommen“.

**Den größten Markt  
vermuten Optimisten  
in Großstädten**

Einzelne Städte versuchen auch, sich hier zum Vorreiter der Entwicklung zu machen. Der Stadtstaat Singapur hat im März 2017 angekündigt, dass „der Transport von Personen durch die Luft 2030 Teil der städtischen Mobilität sein wird.“<sup>75</sup> In Dubai sollen 2017 erste Tests durchgeführt werden. Bis 2030 sollen autonome Fahrzeuge in Dubai dann schon ein Drittel aller Transporte ausmachen<sup>76</sup> – allerdings vor allem im straßengebundenen Verkehr.

Sämtliche Geschäftsmodelle aus dem Segment *Fliegende Taxis* zielen absehbar auf vermögende Kunden, die es sich leisten können, den Stau in den Metropolen der Stadt zu überfliegen.

## 6.1. Einsatzmöglichkeiten

Unternehmen weltweit haben 2016/2017 eine große Zahl von Tests und Forschungsprojekten mit Drohnen bekannt gemacht. Besonders viel Resonanz findet die Vielzahl von *Lufttaxis*.

- Airbus plant einen Taxi-Helikopter namens *Cityairbus* mit Elektroantrieb für den Transport von bis zu vier Personen in Ballungsgebieten. Der *Cityairbus*, so die Vision des Airbus-Thinktanks *Vahana* soll per App gerufen werden und seine Gäste per autonomer Steuerung an den gewünschten Ort fliegen. Airbus strebt an, dass der Flug computergesteuert wird, also autonom ohne Piloten erfolgt
- Als erster Multicopter mit behördlicher Zulassung für den Testbetrieb in Deutschland gilt der *Volocopter* von *e-volo*, einem Unternehmen mit knapp 20 Mitarbeitern im baden-württembergischen Bruchsal, nördlich von Karlsruhe. Der *Volocopter* ist ein Ein-Mann

<sup>74</sup> <http://www.airbusgroup.com/int/en/news-media/corporate-magazine/Forum-88/My-Kind-Of-Flyover.html>, eigene Übersetzung.

<sup>75</sup> FAZ vom 26.3.17, „Das Lufttaxi wird in Singapur und Dubai Wirklichkeit“.

<sup>76</sup> Ebd.

Hubschrauber mit 18 elektrischen Rotoren, die auf einer kreisrunden Ebene mit knapp 10 Metern Durchmesser (über die Rotorspitzen) angeordnet sind. Die Flugdauer beträgt rund eine Stunde und die maximale Abflugmasse liegt bei 450 Kilo. E-volo gibt an, ein besonderes Augenmerk auf die Sicherheit des Flugsystems gelegt zu haben, alle relevanten Systeme seien mehrfach redundant ausgelegt.<sup>77</sup> Auf der Basis des Anfang 2017 vorhandenen *Volocopter 200* sollen weitere Modelle entstehen; als mögliche Einsatzbereiche gelten laut e-volo der Transport von Personen und Lasten, die autonome Feldbewirtschaftung, Search and Rescue Anwendungen, Plattform für Messgeräte in Geophysik und Rohstoffsuche sowie im Freizeitbereich ein „Fahrgeschäft zum Selberfliegen in Freizeitparks“ sowie Air-Taxis.

- Ähnliche Zielgruppen spricht der AAV 184 des chinesischen Start-Up *Ehang* an, das etwa 300 Mitarbeiter beschäftigt.<sup>78</sup> Ehang gibt auch eine Preisspanne für den Ein-Mann-Flieger an: Der Preis eines AAV 184 liegt laut Medien bei 200.000 bis 300.000 Dollar.<sup>79</sup> Zum Vergleich: Ein Fahrzeug der absoluten Oberklasse wie der Mercedes-Maybach S 600 kostet in der Grundausstattung 158.000 Euro netto.<sup>80</sup>
- Das *Scorpion Hoverbike* des russischen Start Up *Hoversurf* inc. ist ein Quadrocopter mit vier niedrig liegenden Rotoren, auf dem der Pilot sitzt wie auf einem Motorrad und mit Helm und Lederkombi auch so angezogen ist. Im Internet zeigt Hoversurf Videos eines Flugs mit einem Scorpion-3 genannten Modell. Im März 2017 nahm das Unternehmen in Moskau auch schon Vorbestellungen auf ein skizzenhaft angedeutetes Modell eines fliegenden Einsitzers entgegen, bei dem die Rotorblätter dann immerhin mit einem schützenden Ring umgeben sind.<sup>81</sup> Ansonsten sind die Informationen zum Hoverbike spärlich.
- Das Internet-Warenhaus *Amazon* hat inzwischen mehrere technische Szenarien vorgestellt, um Waren von einem Lager zu nahegelegenen Kunden zu fliegen. Unter *Primeair* wurden bis Anfang 2017 zwei Drohrentypen vorgestellt. Ein Multikopter für die Lieferung an einen Testkunden in Sichtweite des Amazon-Lagers, der den Weg autonom mit Hilfe von GPS-Daten findet und sich mit einer maximalen Last von rund 2,5 Kilogramm unter einer maximalen Flughöhe von 130 Metern bewegt. Als Modell für mittlere Reichweiten stellte Amazon eine Tragflächendrohne mit schwenkbaren Propellern für den Senkrechtstart vor, die bis zu 80 Kilometer weit fliegt und auf dem Weg Hindernisse erkennt und ihnen ausweicht. Den Landeplatz – im Testgebiet jeweils in einem weitläufigen Garten – markieren die Kunden dabei mit einem Kunststoffschild, das die Drohne offensichtlich erkennt. Die Markierung kann

---

<sup>77</sup> [www.volocopter.com](http://www.volocopter.com), abgerufen 12.03.2017

<sup>78</sup> Die Zeit 2016.

<sup>79</sup> VDI-Nachrichten: „Airbus will ein Lufttaxi schon 2017 abheben lassen“.

<http://www.ingenieur.de/Branchen/Verkehr-Logistik-Transport/Airbus-Lufttaxi-2017-abheben-lassen>, abgerufen 12.03.2017

<sup>80</sup> Preisliste Mercedes S-Klasse Limousine gültig ab 4.4.2006.

<sup>81</sup> [www.hoversurf.com](http://www.hoversurf.com).

nach der Lieferung wieder entfernt werden. Amazon hat vage eine „ganze Flotte unterschiedliche Drohnen“ für unterschiedliche Traglasten und Reichweiten angekündigt.<sup>82</sup> Langfristiges Ziel des Anbieters ist, die Waren aus seinen Logistikzentren binnen 30 Minuten zuzustellen. Amazon hat dabei auch erste eigene Vorschläge gemacht, wie unterschiedliche Drohnen in den Luftraum integriert werden sollen.<sup>83</sup> Eine Regelung für den unteren Luftraum ist Voraussetzung für den Einsatz der fliegenden Paketboten. Eine mögliche Ergänzung zur Zustellung per Drohne sind Amazons fliegende Warenhäuser: In einem Amazon-Patent von 2014 wird ein Luftschiff beschrieben, das als Warenlager dient. Das Luftschiff soll 14 Kilometer über der Erde „parken“ und von dort Waren per Drohne zustellen lassen.<sup>84</sup> Ob und wie Amazon solch ein Konzept umsetzen will, ist nicht bekannt.

- Das US-Start-Up *Flirtey* hat im März 2016 nach eigenen Angaben die erste „voll autonome Zustellung einer Bestellung in einer urbanen Gegend“ durchgeführt. Dazu hatte Flirtey eine Fluggenehmigung der US Luftfahrtbehörde FAA erhalten. Die „urbane Gegend“ war allerdings ein unbewohnter Teil einer kleinen Land-Gemeinde in Nevada.<sup>85</sup> Seit Ende 2016 testet der Lebensmittelhändler *7-Eleven* die Zustellung in Australien: Ein Hexacopter lässt die Fracht per Seilwinde ab.<sup>86</sup> Im November 2016 hat Flirtey zusätzlich eine Pizza-Lieferdrohne vorgestellt.<sup>87</sup>
- Die Forschungssparte *X.Company* der *Google*-Muttergesellschaft *Alphabet* hat das *Project Wing*<sup>88</sup> gestartet um „die nächste Generation automatisierter Luftfahrt zu entwickeln, und sich auf den Tag vorzubereiten, an dem diese Fahrzeuge alles liefern von Konsumgütern bis zu Notfallmedizin – ein neues Wirtschaftssystem, das den Zugang zum Himmel öffnet.“ Das langfristige Ziel ist die Entwicklung eines skalierbaren Liefersystems, das nicht mehr durch „individuelle Piloten“ kontrolliert werden muss. Die *X.Company* war zunächst auch für die Entwicklung des selbstfahrenden Autos verantwortlich, das inzwischen als *Waymo*<sup>89</sup> eine eigene Sparte in *Alphabet* ist. Zuletzt hat das *Project Wing* im September 2016 die Lieferung von kleinen Päckchen (mit Burritos) auf einem Testgelände der amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA erprobt. Das Gelände der FAA wird von der *Virginia Tech Mit-Atlantic*

<sup>82</sup> [www.amazon.com/primeair](http://www.amazon.com/primeair), “Video 1” vom Dezember 2016 „First Prime Air Delivery“ und „Video 2“.

<sup>83</sup> Siehe [www.documentcloud.org/documents/2182312-amazon-determining-safe-access-with-a-best.html](http://www.documentcloud.org/documents/2182312-amazon-determining-safe-access-with-a-best.html) und [www.documentcloud.org/documents/2182311-amazon-revising-the-airspace-model-for-the-safe.html](http://www.documentcloud.org/documents/2182311-amazon-revising-the-airspace-model-for-the-safe.html).

<sup>84</sup> [www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/amazon-prueft-fliegende-warenhaeuser-patent-schon-erteilt-a-1127867.html](http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/amazon-prueft-fliegende-warenhaeuser-patent-schon-erteilt-a-1127867.html).

<sup>85</sup> [flirtey.com/the-first-fully-autonomous-faa-approved-urban-drone-delivery-in-the-us/](http://flirtey.com/the-first-fully-autonomous-faa-approved-urban-drone-delivery-in-the-us/).

<sup>86</sup> [www.prnewswire.com/news-releases/flirtey-and-7-eleven-complete-first-month-of-routine-commercial-drone-deliveries-deliver-77-packages-to-customer-homes-in-united-states-300381798.html](http://www.prnewswire.com/news-releases/flirtey-and-7-eleven-complete-first-month-of-routine-commercial-drone-deliveries-deliver-77-packages-to-customer-homes-in-united-states-300381798.html).

<sup>87</sup> [www.prnewswire.com/news-releases/flirtey-launches-worlds-first-pizza-by-drone-commercial-trials-delivers-dominos-pizza-to-customer-homes-300363785.html](http://www.prnewswire.com/news-releases/flirtey-launches-worlds-first-pizza-by-drone-commercial-trials-delivers-dominos-pizza-to-customer-homes-300363785.html).

<sup>88</sup> [x.company/wing/](http://x.company/wing/).

<sup>89</sup> <https://waymo.com/>

*Aviation Partnership* betrieben. Google weist besonders darauf hin, dass der Luftraum unter 500 Fuß (rund 170 Meter) bisher unreguliert ist. Das führt in den USA unter anderem dazu, dass Flüge außerhalb Sichtweite nicht erlaubt sind und eine automatisierte Lieferung und Transport per Drohne faktisch verboten sind. Google arbeitet darum nach eigener Darstellung mit „Experten, Luftfahrtregulationsexperten und der weiteren Luftfahrt-Community zusammen, um einen gemeinsamen Ansatz für den unteren Luftraum zu entwickeln.“ Google will einen offenen Zugang zu diesem Luftraum für viele unterschiedliche Dienste-Anbieter schaffen.<sup>90</sup>

- Der deutsche Logistik-Konzern DHL experimentiert schon seit 2013 mit verschiedenen Paket-Drohnen. Zunächst wurde ein Quadrocopter genutzt, um kleine Päckchen über den Rhein und auf die Insel Juist zu fliegen. Der *Paketkopter 3* ist ein Tragflächenfahrzeug mit schwenkbaren Rotoren, wie ihn Alphabet und Amazon einsetzen. Laut eigenen Angaben hat die DHL bereits über 130 Testflüge in Oberbayern absolviert. Beladung und Ablieferung erfolgt mit einer speziellen Paketstation, die das Liefergut an die Drohne anhängen und es abnehmen kann. Die Flugdistanzen liegen dabei schon bei acht Kilometer.<sup>91</sup>

## 6.2. Flugtechnik

In der Logistik werden im Bereich des Schwerlasten- und Personentransports sowie für kurze Strecken ausschließlich Multikopter mit Elektroantrieb eingesetzt. Die Zahl der Rotoren schwankt dabei ebenso stark wie die Bauform: Vier Rotoren in niedriger Anordnung analog der Anordnung der Tragflächen bei einem Tiefdecker oder 18 Rotoren mit der Rotorebene über dem Rumpf wie bei Hubschraubern.

Unternehmen wie e-volo verweisen mit Blick auf den Antrieb darauf, dass „je nach Bedarf“ auch andere Antriebe als rein elektrische zum Einsatz kommen können.<sup>92</sup>

Generell begrenzt das hohe Gewicht von Batterien die mögliche Größe der Stromspeicher und damit Flugdauer und Flugweite.

**Das Gewicht der  
Batterien begrenzt  
die Reichweite**

Für mittlere Distanzen setzen alle Entwickler auf Tragflächenflugzeuge mit schwenkbaren Rotoren für den Senkrechtstart, sogenannte Kippflügel. In der zivilen Luftfahrt werden nur sehr wenige Kippflügel eingesetzt. Es handelt sich dabei überwiegend um Sondereinsätze wie etwa die Seenotrettung und militärische Einsätze, wo es auf schnelle Verlegung von Soldaten ankommt.<sup>93</sup>

<sup>90</sup> [x.company/wing/faq/#about-the-project](#), eigene Übersetzung.

<sup>91</sup> [www.dpdhl.com/de/presse/specials/paketkopter.html](#)

<sup>92</sup> [www.e-volo.com/index.php/produkt-konzepte](#); abgerufen 12.03.2017

<sup>93</sup> [www.ingenieur.de/Themen/Flugzeug/AgustaWestland-steht-zivilem-Kippflugler-kurz-Zulassung](#)

### 6.3. Markt für Drohnen und konkurrierende Systeme

Der Markt für *Lufttaxis* lässt sich am ehesten mit Taxi-Diensten vergleichen, wie sie von Hubschrauber-Flotten-Betreibern in einzelnen Großstädten angeboten werden. In der Hauptstadtregion Manila (rund 12 Millionen Einwohner) auf den Philippinen etwa werden Hubschrauber regelmäßig eingesetzt. In der Stadt kostet ein zehn-Minuten Flug bei einer einzelnen Buchung 450 Dollar.<sup>94</sup> Die Anschaffungskosten eines Hubschraubers für die Betreiber liegt bei mehreren Millionen Dollar, etwa beim zehnfachen eines Autos der Premiumklasse, hinzu kommen die Kosten für die Piloten-Stunden. Bei autonomen Drohnen-Transportern würden die Kosten für den Piloten entfallen. Da die Entwickler ankündigen, ihre Fluggeräte zum Preis von Autos der Premiumklasse anzubieten, gingen auch die Kosten stark zurück. Damit ließen sich die Preise gegenüber den heutigen Helikopter-Lufttaxis in den Innenstädten drastisch senken.

*Ein 10-Minuten  
Hubschrauberflug in  
Manila kostet \$450*

Ungelöst ist aber auch hier – wie generell bei Drohnen in der Zustell-Logistik – die Fragen nach Sicherheit, Zulassungen zum Flugverkehr, Regeln für den Flugverkehr und Landplätze. Diese Punkte geraten mit dem technischen Fortschritt immer deutlicher als Hindernisse für den Einsatz von Drohnen in den Focus.

In der Logistikkette von Lieferunternehmen wie der DHL kann der Einsatz von Drohnen am ehesten in dünn besiedelten Regionen rentabel werden. Hier konkurrieren Drohnen ökonomisch vor allem mit den Stunden, die bei der Lieferung mit herkömmlichen Boten und Bringdiensten anfallen.

*Paketflüge lohnen  
sich v.a. in dünn  
besiedelten Regionen*

---

<sup>94</sup> Ebd.

[Frank Wernecke / DroneMasters](#)

## Interview: „Es muss ein Verkehrsmanagement für Drohnen geben“

Frank Wernecke ist Geschäftsführer des wohl einzigen Inkubators für junge Drohnen-Start-Ups. Er sieht bereits viele funktionierende Businessmodelle, wartet aber noch auf die große Geschäftsidee mit Chancen auf einen schnellen, globalen Roll-Out. Drohnen in der Logistik bräuchten vor allem ein Testfeld für die Anwendungen – und überhaupt erst mal ein Verkehrsmanagement.

### Zentrale Aussagen

- DroneMasters ist einziger Inkubator für Drohnen-Start Ups
- Im Geschäftsfeld Drohnen gibt es viele Parallelen zur New Economy ab dem Jahr 2000
- Es gibt viele Geschäftsmodelle, die im Kleinen schon heute gut funktionieren
- Trotz erheblicher Investitionen weltweit wurden die großen, skalierbaren Geschäftsmodelle noch nicht identifiziert
- Großes Potenzial hat die Bewirtschaftung des Luftraums G / Air-Traffic-Management
- Gesellschaftliche Akzeptanz ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für wirtschaftliche Expansion
- In Deutschland sollte ein Experimentierfeld entstehen, um Drohnen-Lösungen zu testen

### DroneMasters Unternehmensprofil

- Geschäftsbereich: Inkubator / Beteiligungsgesellschaft
- Drohnentyp und Technik: (trifft nicht zu)
- Gegründet (Jahr): 2015 (eigenständige GmbH seit 2016)
- Mitarbeiter (Zahl): 5
- Wie entstanden? Entstanden aus Faszination für automatisierte Mobilität, wurde die DroneMasters GmbH über einen Zeitraum von mehr als 18 Monaten zum ersten Inkubator für drohnenbasierte Geschäftsmodelle entwickelt.
- Umsatz (Euro pro Jahr): (k.A.)
- Märkte: Weltweit, Schwerpunkte Europa, Nordamerika, Afrika.

**Das vollständige Interview steht allen Lesern der Langfassung der Studie zur Verfügung. Bezug über: [ahnenenkel.com](http://ahnenenkel.com)**

## 7. Schlaglichter: Weitere Branchen

### 7.1. Hersteller von Drohnen

York Rackow / AiDrones GmbH

#### **Interview: „Es geht um B2B-Lösungen, die mit chinesischen Drohnen nicht erreicht werden“**

York Rackow von der AiDrones GmbH, einer Ausgründung der TU Berlin, über die wirtschaftlichen und politischen Herausforderungen für die junge Drohnenindustrie.

##### **Zentrale Aussagen**

- Kostenersparnisse durch Drohnen entstehen entweder, weil die Durchführung vereinfacht wird, oder, weil zusätzliche Informationen gewonnen werden
- Mit autonomen Systemen muss auch der Luftraum automatisiert reguliert werden
- Drohnen müssen als nächsten Entwicklungsschritt ihre Daten automatisiert in Systeme einpflegen und auswerten
- Der Sicherheitsmarkt muss noch die Potentiale erkennen
- Der Staat muss klare Randbedingungen schaffen – die Gefahr einer Überregulierung scheint aktuell nicht zu bestehen

##### **AiDrones Unternehmensprofil**

- Einsatzbereich der Drohne: Überwachung, Inspektion, Vermessung & Luftbildanwendungen sowie hydrographische Messaufgaben
- Drohentyp und Technik: Multikopter mit acht oder vier Motoren, Helikopter, unbemannte Messboote (USV)
- Gegründet (Jahr): 2010 (GmbH seit 2011)
- Mitarbeiter (Zahl): >10
- Wie entstanden? AiDrones ist eine Ausgründung aus der Technischen Universität Berlin. Im Rahmen einer Projektarbeit 2007 entstand die Idee zum Unternehmen.
- Umsatz (Euro pro Jahr): (k.A.)
- Märkte: Seit der Multikopter auf dem Markt ist: verstärkt in Deutschland. Aber auch international, insbesondere in Europa. AiDrones hat jedoch auch Kunden in Taiwan / Asien und Südamerika.

***Das vollständige Interview steht allen Lesern der Langfassung der Studie zur Verfügung. Bezug über: ahnenenkel.com***

Andrea Müller / Spectair Group

## Interview: „Wir beobachten einen Professionalisierungsprozess“

Beträgt die Startmasse einer Drohne über zwei Kilogramm, müssen Drohnenpiloten ab dem 01. Oktober 2017 einen „Kenntnisnachweis“ für die Starterlaubnis vorlegen. Damit reglementiert die „Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten“ vom April 2017 vor allem gewerbliche Drohnenflüge. Nachweisen müssen Piloten Kenntnisse über die Anwendung und Navigation der Fluggeräte, luftrechtliche Grundlagen und die örtliche Luftraumstruktur. Eine obligatorische Flugprüfung wird es dabei nicht geben, die Kenntnisse könne durch einen Fragebogen, mündlich oder auch online abgefragt werden.<sup>95</sup> Wer Prüfungsberechtigt ist, wird vom Luftfahrt-Bundesamt (LBA) festgelegt<sup>96</sup>. Die Nachfrage nach professionellen Schulungen wird mit der neuen Verordnung trotzdem steigen. Andrea Müller von der *Spectair Group* über das Schulungsprogramm der *Spectair Akademie* und die Anforderungen an Drohnenpiloten.

### Zentrale Aussagen

- Für professionelle Flüge sollte ein Drohnenführerschein eingeführt werden, der theoretische und praktische Kenntnisse prüft.
- Mit etwa 60% kommt das Gros der Schulungsteilnehmer aus der Industrie. Film und Fotografie sind mit 30 % vertreten. 10 % sind Hobbypiloten.
- Ob ein Mitarbeiter geschult war, ist aber auch haftungsrechtlich relevant, wenn es zu einem Unfall kommt.
- Die meisten Anfragen für Schulungen kommen derzeit aus der chemischen Industrie und der Energiebranche, der Vermessung (etwa für den Straßenbau oder um in Steinbrüchen Volumen auszumessen) und aus dem Gebäudemanagement.

### SpectAir Unternehmensprofil

- Geschäftsbereich: Forschung & Entwicklung (Flairics), Herstellung (Height Tech), Industrieeinspektion & Vermessung, Filmproduktionen und Schulungen (SpectAir)
- Drohrentyp und Technik: (Diverse)
- Gegründet (Jahr): 2012
- Mitarbeiter (Zahl): 30
- Wie entstanden?.
- Umsatz (Euro pro Jahr): (k.A.)
- Märkte: Weltweit, derzeit Deutschland als Fokus.

<sup>95</sup> [www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/SBI/SBI3/Publikationen/Flyer/Flyer\\_Drohnen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/SBI/SBI3/Publikationen/Flyer/Flyer_Drohnen.pdf?__blob=publicationFile&v=2).

<sup>96</sup> Vgl. [www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LR/151108-drohnen.html](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LR/151108-drohnen.html).

## 7.2. Film- und Medienbranche, Werbebranche

Schon Standard ist der Einsatz von Drohnen in der Film- und Medienindustrie für Kamera-Aufnahmen aus der Luft. Die Filmindustrie schätzt die kostengünstige Möglichkeit, neue Kameraperspektiven einzunehmen und beispielsweise rasante Verfolgungsjagden oder auch einen Kameraflug durch ein Haus unkompliziert gestalten zu können. Auch in Natur-Dokumentationen sind neue Perspektiven auf die Tier- und Pflanzenwelt möglich. Sei es beim Beobachten der Felsenbrüter oder bei der Verfolgung von Tierwanderungen.

*Die Filmindustrie schätzt  
neue Perspektiven*

Nicht nur die Filmindustrie, sondern auch Fernseh- und Internetkanäle profitierten von Bewegtbildern aus der Luft. Nachrichtensender können viele Nachrichten, beispielsweise von Unfällen oder Naturkatastrophen mit Bildern aus der Luft illustrieren und laufen dabei nicht Gefahr, die Rettungskräfte zu behindern.

Als stets an Innovationen interessierte Branche nutzt die Werbeindustrie die Drohnen in diversen Anwendungen. Die Naheliegende ist, wie in der Film- und Medienbranche, die Produktion von Luftaufnahmen, z. B. für spektakuläre Aufnahmen, die zum Kauf eines Produktes animieren soll. Darüber hinaus gelingt es den Werbefachleuten aber auch, weitere Ideen umzusetzen, wie Werbebanner-Flüge oder Logo-Formationsfliegen von beleuchteten Drohnen bei Nacht.<sup>97</sup> In Vorbereitung befindet sich auch eine Disneyland-Show mit 300 Drohnen.<sup>98</sup> Die Steuerung und die speziellen Show-Drohnen stammen von Intel und wurden in Deutschland gefertigt.<sup>99</sup>

*Werbetreibende nutzen  
Drohnen für  
Formationsflüge*

## 7.3. Unterhaltung

Auch die Unterhaltungsindustrie – vom Sportspektakel bis zum Musical-Produzenten – hat den Wert von Drohneneinsätzen erkannt. Insbesondere, wenn es darum geht, Bewegtbilder direkt zu übertragen und den Zuschauer zu Hause oder auf den Sitzplätzen noch näher am Geschehen teilhaben zu lassen. Dass die Drohnen selbst ebenfalls zur Unterhaltung dienen,

<sup>97</sup> Wie bspw. Bei der aufsehenerregenden Werbung für den 2017er StarTrek-Film über London, vgl. *Making-of: UAV flight show over London "Star Trek - Into Darkness"* [youtu.be/MyOoHv6Fvd4](https://youtu.be/MyOoHv6Fvd4).

<sup>98</sup> [newsroom.intel.com/news-releases/intel-disney-starbright-holidays-drone-show/](https://newsroom.intel.com/news-releases/intel-disney-starbright-holidays-drone-show/).

<sup>99</sup> Burns 2016: *Intel and Disney paint the sky*. [techcrunch.com/2016/11/16/intel-and-disney-paint-the-sky/](https://techcrunch.com/2016/11/16/intel-and-disney-paint-the-sky/).

zeigen die ersten Ansätze von hochdotierten Sportdrohnenflug-Wettbewerben, die an den Unterhaltungswert von Motorsport-Rennen anknüpfen wollen.

#### 7.4. Polizei, Security und Feuerwehr; Unfall- und Katastrophenhilfe

Vereinzelt setzen Landes-Polizeien (z.B. Sachsen, Saarland,<sup>100</sup> Berlin) und die Bundespolizei Drohnen ein. Ideal sind sie einerseits aufgrund ihrer schnellen Verfügbarkeit bei der Suche nach Vermissten oder der Verfolgung von Tatverdächtigen. Zur Lagebeurteilung z.B. bei Demonstrationen und anderen großen Menschenansammlungen können Drohnen ebenfalls genutzt werden, allerdings ist hier immer auch das Risiko eines Absturzes in eine Menschenmenge mit den Vorteilen der neuen Technologie abzuwägen und wird bei den Landes-Polizeien unterschiedlich gehandhabt.

*Die Lagebeurteilung bei Demonstrationen birgt ein Absturzrisiko*

Die Landespolizei Sachsen hat bereits seit 2008 zwei Drohnen im Einsatz.<sup>101</sup> Die Testphase zeigte, dass folgende Bereiche als besonders geeignet angesehen werden, um Drohnen einzusetzen:

- Brandursachenermittlung
- Großveranstaltungen
- Lagedokumentation bei Großschadensereignissen / Naturkatastrophen
- Unterstützung bei der Tatortrekonstruktion
- Technische Unterstützung beim Aufbau des BOS-Digitalfunknetzes
- Vermessung großer Verkehrsunfälle

Die Sicherheitsdienstleister wiederum können Drohnen zur zusätzlichen Überwachung von Firmengeländen hervorragend nutzen. So kooperieren das Unternehmen *Securitas* mit dem Drohnenhersteller *AiDrones* im Bereich Sicherheit, Überwachung und Gefährdungsschutz. Auch im Bereich des Grenzschutzes können Drohnen, z.B. mit Nachtsichtkameras das Geschehen an Grenzen besser einordnen. Schließlich können auch die polizeilichen Verkehrsmeldungen über Staus usw. besser eingeschätzt und entsprechend weitergegeben werden.

*Drohnen eignen sich zur Überwachung von Firmengeländen*

<sup>100</sup> Landtag des Saarlandes 2013: 15. Wahlperiode Drucksache 15/455 (15/384) 30.04.2013 Antwort zu der Anfrage des Abgeordneten Michael Hilberer (PIRATEN) betr.: Drohneneinsatz im Saarland. [www.landtag-saar.de/Drucksache/Aw15\\_0455.pdf](http://www.landtag-saar.de/Drucksache/Aw15_0455.pdf).

<sup>101</sup> Paul 2013: *Der SensoCopter – Das Unmanned Aircraft System (UAS) der sächsischen Polizei – Der SensoCopter im Servicebereich Bildübertragung*. [www.crisis-prevention.de/bos-katastrophenschutz/nichtpolizeiliche-gefahrenabwehr/sensocopter](http://www.crisis-prevention.de/bos-katastrophenschutz/nichtpolizeiliche-gefahrenabwehr/sensocopter)

Die Feuerwehr nutzt hingegen Drohnen insbesondere um gefährlichen Situationen, etwa bei Waldbränden und Gaslecks besser einschätzen zu können und Brandursachenermittlungen aus der Luft zu ergänzen.

Kommt es zu Unfällen größeren Ausmaßes oder gar zu Katastrophen sind Drohnen eine gute Möglichkeit, sich einen Überblick zu verschaffen, auch wenn man noch nicht selbst vor Ort ist. Drohnen können aktuelle Bilder in die Einsatzzentralen funken und geben so den Rettungskräften die Möglichkeit, besser auf die Situationen zu reagieren. Häufig kann erst aus der Luft das Ausmaß einer flächenhaften Katastrophe erfasst werden und noch existierende Zufahrtsrouten ausgekundschaftet werden. So arbeiten das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gemeinsam mit der Hilfsorganisation International Search and Rescue Germany (I.S.A.R.) an neuen Entwicklungen und Anwendungen im Bereich des Krisen- und Katastrophenmanagements mit Drohnenunterstützung zusammen.<sup>102</sup>

**Luftbilder ermöglichen  
einen besseren Einsatz von  
Rettungskräften**

Eilige Medikamenten- und Blutkonserventransporte zum Katastrophen- oder Unfallort werden derzeit geplant. Erste Flugversuche mit Blutkonserven wurden an einem Frankfurter Krankenhaus durchgeführt. Eine Genehmigung, dies auch zwischen zwei Krankenhäusern durchzuführen und somit eilige Kurierfahrten im dichten Stadtverkehr zu ersetzen, steht noch aus.<sup>103</sup>

## 7.5. Vermittlung

Ein Geschäftsbereich, der sich als Nische in der jungen Branche herausbildet, ist der Verleih von Multikoptern für Einzelaufträge sowie die Vermittlung von geeigneten Piloten. So bietet beispielsweise *Lufthansa* sich über eine Tochter als Dienstleister an, wenn es darum geht, Betriebsgelände, Kraftwerke oder Windkraftanlagen per professionell ferngelenkter Kamera genau zu untersuchen. Andere Anbieter wie *Measure* werben speziell mit einem *Drone as a Service*-Ansatz. Noch mehr als Vernetzer oder Plattform sehen sich Unternehmen wie *FairFleet*. Bisher lohnt sich das vor allem für die Vermittlung günstigerer Piloten, besonders im Filmbereich – Profis mit jahrelanger Erfahrung und entsprechendem Equipment sind noch

---

<sup>102</sup> DLR und I.S.A.R. 2016: *Gemeinsam für die schnelle Rettung* [isar-germany.de/2016/11/18/dlr-und-i-s-a-r-gemeinsam-fur-die-schnelle-rettung/](http://isar-germany.de/2016/11/18/dlr-und-i-s-a-r-gemeinsam-fur-die-schnelle-rettung/)

<sup>103</sup> Agaplesion Frankfurter Diakonie Kliniken 2014: *Wesentliche Zeitersparnis durch die fliegenden Retter - Bluttransporte schneller und sicherer* [www.bethanien-krankenhaus.de/fileadmin/markuskrankenhaus/PRESSE\\_u\\_INFOCENTER\\_D/NEWS/Pressemitteilung\\_Fliegende\\_Retter.pdf](http://www.bethanien-krankenhaus.de/fileadmin/markuskrankenhaus/PRESSE_u_INFOCENTER_D/NEWS/Pressemitteilung_Fliegende_Retter.pdf).

so selten, dass sie auch ohne eine entsprechende Plattform Aufträge bekommen. Mit wachsendem Markt können (wenige) Anbieter mit Expertise in der Vorauswahl jedoch neue Geschäftsfelder entwickeln.

[Alexander Engelfried / FairFleet](#)

### Interview: „Inspektionen werden das Hauptvolumen ausmachen“

Angebot und Nachfrage für Drohnenleistungen nehmen stark zu. Das Start-Up *FairFleet* sieht daher in der Vermittlung von Drohnen-Dienstleistungen ein Geschäftsmodell: Piloten können sich auf der Online-Plattform kostenlos registrieren. Potenzielle Kunden erhalten auf Anfrage automatisch Angebote passender Dienstleister zugesendet. Kann das Modell angesichts der hochspezialisierten Anforderungen in der Drohnen-Wirtschaft funktionieren? Ein Gespräch mit Alexander Engelfried, Mitgründer und zuständig für die Geschäftsentwicklung des Münchner Jungunternehmens.

#### Zentrale Aussagen:

- Zur Auswertung grober Volumendaten hat FairFleet eigene Software – bei zentimetergenauen Analysen wird die Auswertung komplexer und die Drohnen teurer
- Kunden kommen vor allem aus der Immobilien- und der Versicherungsbranche
- Deutschland gehört zu den Marktführern bei DaaS, der Markt wächst weiter
- Das größte Problem sind unterschiedliche rechtliche Rahmenbedingungen

#### Fairfleet Unternehmensprofil

- Geschäftsbereich: DaaS, Vermittlung von Piloten, Auswertung
- Drohentyp und Technik: (trifft nicht zu)
- Gegründet (Jahr): 2015
- Mitarbeiter (Zahl): 10 festangestellt, 7 Freiberufler
- Wie entstanden? 2015 auf dem TechCrunch Battlefield erstmals vorgestellt, seit 2016 mit vermehrten Aufträgen
- Umsatz (Euro pro Jahr): k.A.
- Märkte: Weltweit, vor allem Europa mit Fokus auf deutschsprachigem Raum

**Das vollständige Interview steht allen Lesern der Langfassung der Studie zur Verfügung. Bezug über: [ahnenenkel.com](http://ahnenenkel.com)**

## 7.6. Drohnenabwehr

Drohnen haben ein erhebliches Missbrauchspotenzial. Dabei stehen nicht nur denkbare Angriffe auf Menschenansammlungen etwa in Sportstadien im Raum, sondern vor allem die Auskundschaftung von Industriegeländen zur Wirtschaftsspionage. Aber auch Medien können kostengünstige Kameradrohnen einsetzen, um etwa Autoprototypen auf sonst abgesperrten Testgeländen zu fotografieren oder Prominenten nachzustellen. Weitere Missbrauchspotenziale liegen im Schmuggel etwa von Gegenständen in Gefängnisse.

*Das Missbrauchs-  
potential in Spionage und  
Schmuggel ist erheblich*

Als einer der ersten Anbieter eines Drohnen-Warnsystems hat das *Dedrone* bereits im April 2015 mehrere Millionen Euro Wachstumskapital von renommierten Investoren erhalten. Seitdem ist das Unternehmen stark gewachsen und bietet Regierungen und Industrieunternehmen weltweit Schutz vor der steigenden Bedrohung durch Drohnen an.<sup>104</sup> Mitte 2017 hat Dedrone nach eigenen Angaben schon 200 Kunden, die das System dieses Anbieters installiert haben.

Auch die Deutsche Telekom will laut einem Zeitungsbericht Behörden und Unternehmen ein Drohnen-Abwehrsystem anbieten.<sup>105</sup> Der Konzern will demnach die Technologie Behörden und Unternehmen zum Schutz kritischer Infrastrukturen, Flughäfen, Sportstadien, Autoteststrecken und Großereignissen zur Verfügung stellen.

---

<sup>104</sup> [www.dedrone.com/de/newsroom/news-detail/drohnen-brauchen-anti-drohnen](http://www.dedrone.com/de/newsroom/news-detail/drohnen-brauchen-anti-drohnen).

<sup>105</sup> [www.welt.de/wirtschaft/article159278746/Die-Telekom-geht-jetzt-auf-Drohnen-Jagd.html](http://www.welt.de/wirtschaft/article159278746/Die-Telekom-geht-jetzt-auf-Drohnen-Jagd.html).

Andreas Hausotter / esc aerospace

## Interview: „Zur Überwachung von Grundstücken werden Drohnen bald selbstverständlich sein“

Die Möglichkeiten, Daten in der dritten Dimension mit zuvor nicht dagewesener Geschwindigkeit und Genauigkeit zu generieren, schafft neue Nachfrage und Bedürfnisse im Bereich Security. Andreas Hausotter von der *esc aerospace* über die Rolle der Drohnen im Sicherheitssektor.

### Zentrale Aussagen

- Autonome Drohnen schließen Lücken in Sicherheitssystemen
- Landesbehörden können 2017 auch die autonome Steuerung „beyond visible line of sight“ (BVLOS) zulassen
- Größte Hürde ist die Akzeptanz durch Stakeholder
- 2017 wird starkes Wachstum im Bereich Erkennen und Abwehr von Drohnen erwartet
- Langfristig werden Drohnen alltäglicher Teil der Sicherheitsinfrastruktur

### Esc Aerospace Unternehmensprofil

- Einsatzbereich der Drohne: Sicherheit
- Drohnentyp und Technik: Verschiedene
- Gegründet (Jahr): etwa 1995
- Mitarbeiter (Zahl): 100 (Gruppe)
- Wie entstanden? Aus Kundenprojekten
- Umsatz (Euro pro Jahr): 10 Mio. € (Gruppe)
- Märkte: Weltweit, Schwerpunkt Europa

**Das vollständige Interview steht allen Lesern der Langfassung der Studie zur Verfügung. Bezug über: [ahnenenkel.com](http://ahnenenkel.com)**