

## **Team 44**

**Christian Bräuner, Samira Merdian,  
Carolin Mombrey, Mattis Parche**

## **PlaNeT SimTech**

23.04.2016

Aufgabe: Wie viele Drohnen braucht Hermazon mindestens, um in der Vorweihnachtszeit den Autolieferverkehr in Stuttgart signifikant zu senken?



Paketdrohne

## Zusammenfassung

In Zeiten, in denen der Klimawandel Schlagzeilen macht, wo vor allem in Stuttgart der Feinstaubalarm aktuell ist, wird es immer wichtiger, Autoverkehr zu vermeiden und umweltfreundliche Alternativen zu finden.

In der nachfolgenden Ausarbeitung wird die Fragestellung, wie viele Drohnen in der Vorweihnachtszeit benötigt werden, um den Autolieferverkehr in Stuttgart signifikant zu senken, kritisch betrachtet.

Dafür musste zuerst recherchiert werden, wie viele Pakete täglich in Stuttgart in der Vorweihnachtszeit ausgeliefert werden und welcher Anteil davon mithilfe von Drohnen transportiert werden kann. Zusätzlich wurde die Tagesleistung einer Drohne und eines Paketzustellers verglichen. Um alle Pakete unter zwei Kilogramm in Stuttgart per Drohne auszuliefern, werden 1844 Drohnen benötigt. Dadurch fahren 236 weniger Paketzusteller im Stadtgebiet Stuttgarts.

## Inhalt

1. Einführung.....	3
2. Problembetrachtung.....	4
2.1 Pakete in Stuttgart.....	4
2.2 Drohnen.....	6
2.3 Vergleich Drohne - Paketzusteller .....	7
3. Ergebnis.....	8
4. Diskussion und Schlussfolgerung .....	9

## 1. Einführung

Es ist Adventszeit, die berühmte Vorweihnachtszeit hat wieder begonnen. Jetzt gilt es noch die letzten Geschenke für Familie und Freunde zu bestellen. In einer Zeit, in der alles unter Stress steht und alles so schnell wie möglich erledigt sein sollte, sind die „normalen“ Paketlieferzeiten fast unerträglich. Durch die vermehrt aufkommende Verkehrslage – vor allem während der Vorweihnachtszeit – kommen die Pakete noch unpünktlicher als gewöhnlich an. Auch durch den Feinstaubalarm, der in Stuttgart vor allem wegen der hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Kessellage auftritt, wird es für die Paketzulieferer immer schwieriger den Anforderungen der Kunden gerecht zu werden und die Pakete rechtzeitig zuzustellen. Wäre es nicht praktisch, wenn der alte, herkömmliche Paketdienst von einer neuen Technologie abgelöst wird, die die Pakete schnell und zuverlässig an den Empfänger zustellen können? Um die prekäre Verkehrslage auf Stuttgarts Straßen zu umgehen, liegt nahe, dass man auf den Luftverkehr umsteigen muss. Was scheint hierbei für kleinere Auslieferungen wie einem Paket sinnvoller als es durch eine Drohne zu versenden?

In der folgenden Arbeit soll daher analysiert werden, wie viele Drohnen mindestens nötig wären, damit in der Vorweihnachtszeit der Autolieferverkehr in Stuttgart signifikant gesenkt wird.

## 2. Problembetrachtung

### 2.1 Pakete in Stuttgart

Erste Überlegungen bezogen sich auf die allgemeine Anzahl der ausgelieferten Pakete in Stuttgart während der Vorweihnachtszeit. Hierzu wurden auf zwei Wegen die Anzahl der Pakete in Stuttgart pro Tag berechnet.

- 1) Nach ersten Recherchen kam die Idee auf, über das Verhältnis der Einwohnerzahlen und der pro Tag in Deutschland ausgelieferten Paketanzahl auf die Anzahl der ausgelieferten Pakete zu schließen. In ganz Deutschland werden acht Millionen Pakete pro Tag<sup>1</sup> ausgeliefert. Bei einer Einwohnerzahl von 81,9 Millionen Personen in Deutschland<sup>2</sup> und 621.441 Personen in Stuttgart<sup>3</sup> ergibt sich folgende Rechnung:

$$\frac{612.441}{81.900.000} = \frac{x}{8.000.000}$$

$$\frac{612.441 \times 8.000.000}{81.900.000} = x \approx 60.000$$

Also werden pro Tag nach dieser Rechnung 60.000 Pakete in Stuttgart ausgeliefert.

Nach weiteren Überlegungen wurde diese Rechnung verworfen, da die Zahl zu gering war. Denn in Stuttgart leben viele Beschäftigte, die wenig Zeit für den Einkauf von Geschenken haben. Durch das hohe durchschnittliche Einkommen in Stuttgart, gibt es – im Verhältnis zu anderen Regionen Deutschland – viele Wohlhabende, die vermehrt Waren im Internet bestellen. Auch die hohe Zahl der Jugendlichen und der Kinder, die vor allem in Großstädten wohnen, trägt zur häufigeren Bestellung im Internet bei. Zudem gibt es nur wenige ältere Menschen, die alleine wohnen, sodass der Anteil der Internetkonsumenten überwiegt.

---

<sup>1</sup> [http://www.focus.de/finanzen/deutschland-kauft-online-paketflut-bei-zustellern-allein-dhl-liefert-8-millionen-pakete-taeglich\\_id\\_4336223.html](http://www.focus.de/finanzen/deutschland-kauft-online-paketflut-bei-zustellern-allein-dhl-liefert-8-millionen-pakete-taeglich_id_4336223.html)

<sup>2</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Deutschland>

<sup>3</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Stuttgart>

## Problembetrachtung

- 2) Bei der zweiten Rechnung werden die von der DHL International GmbH täglich in Stuttgart ausgetragenen Pakete im Vergleich zum Marktanteil der DHL International GmbH an Paketzulieferern berechnet. In Stuttgart werden 50.000 Pakete pro Tag von der DHL International GmbH ausgeliefert.<sup>4</sup> DHL besitzt einen Marktanteil von 42,5%.<sup>5</sup> Dies führt zu folgender Rechnung:

$$\frac{100}{42,5} = \frac{x}{50.000}$$

$$\frac{5.000.000}{42,5} = x \approx 118.000$$

Im Gesamten werden also circa 120.000 Pakete pro Tag in Stuttgart ausgeliefert. Da diese Zahl plausibel erscheint, wurden die folgenden Rechnungen auf dieser Basis erstellt.

Zur weiteren Vorgehensweise wird die Anzahl der Pakete, die maximal zwei Kilogramm wiegen, berechnet. Aus dem Internetauftritt des United Parcel Service (UPS) wurden der Umsatz aus dem Jahr 2014 und der Preis eines einzelnen Paketes genommen, um das durchschnittliche Gewicht der Pakete zu ermitteln. Der Umsatz betrug 48,8 Milliarden US-Dollar<sup>6</sup>, was ungefähr 43,5 Milliarden Euro entspricht. Auch die Anzahl der Pakete lässt sich hieraus erschließen, sie beträgt 4,6 Milliarden Pakete.<sup>7</sup>

$$\frac{43.500.000.000\text{€}}{4.600.000.000} = 9,46\text{€}$$

Der Preis für ein Paket bis zu einem Gewicht von zwei Kilogramm beträgt circa 10€.<sup>8</sup>

Vereinfacht kann man annehmen, dass die Hälfte aller Pakete ein maximales Gewicht von zwei Kilogramm besitzt, sodass die andere Hälfte mehr als zwei Kilogramm wiegt. Da es wenige Pakete gibt, die mehr als vier Kilogramm wiegen, ist der Durchschnitt dann zwei Kilogramm. Damit liegt die Anzahl der pro Drohne transportierbaren Pakete bei 59.000 Paketen pro Tag.

---

<sup>4</sup> <http://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.als-paket-bote-unterwegs-in-der-weihnachtszeit-weihnachtsmann-in-gelb-rot.a050d5d0-350b-4a6e-a0fe-f8c446927116.html>

<sup>5</sup> <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/421643/umfrage/paketdienste-marktanteile-in-deutschland/>

<sup>6</sup> <https://www.ups.com/content/de/de/about/facts/worldwide.html?WT.svl=SubNav>

<sup>7</sup> Siehe 6

<sup>8</sup> [https://wwwapps.ups.com/calTimeCost?loc=de\\_DE](https://wwwapps.ups.com/calTimeCost?loc=de_DE)

## 2.2 Drohnen

Zuerst einmal müssen allgemeine Informationen bezüglich der Drohnen herausgearbeitet werden. Mit der Information, dass eine Drohne im Schnitt circa 12 Kilometer in 16 Minute fliegen kann,<sup>9</sup> wird im Folgenden die Geschwindigkeit berechnet:

$$\frac{12 \text{ km}}{16 \text{ min}} = \frac{12 \text{ km}}{\frac{16}{60} \text{ h}} = 45 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Da hier allerdings weder das Gewicht noch verschiedene Wetterlagen wie beispielsweise Wind berücksichtigt wurden, wird angenommen, dass eine Drohne im Schnitt mit einer Geschwindigkeit von  $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  fliegt.

Da Stuttgart eine Ost-West- sowie eine Nord-Süd-Ausdehnung von maximal 20 Kilometern besitzt, wäre es möglich von einem Standpunkt alle Drohnen auszusenden. Dieser läge jedoch in der Stuttgarter Innenstadt, weswegen das Verkehrsaufkommen nur in geringem Maße gesenkt würde. Die Stadt Stuttgart liegt optimal an mehreren Autobahnen, sodass sich dort Standorte für Drohnenaussendestellen anbieten würden. Aus diesem Grund wären zwei oder drei Startpunkte am effizientesten. Einer dieser Standorte liegt im Nordwesten an der Autobahn A81, ein weiterer an der Autobahn A8 im Süden Stuttgarts. Für den dritten Standort bietet sich Untertürkheim durch seine Lage an den Bundesstraßen B14 und B10 an.



Karte von Stuttgart

Mit dieser Anordnung konnte die Strecke, die die Drohne zurücklegen muss, gesenkt werden. Sie beträgt nun anstatt maximal 20 km im Schnitt nur noch 10 Kilometer. Somit wurde auch die Auslieferungszeit reduziert.

Bei einer gesamten Strecke von 20 Kilometer, die sich durch Hin- und Rückflug ergibt, und der Geschwindigkeit von  $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  wird die Auslieferungsdauer berechnet:

$$\frac{20 \text{ km}}{40 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 0,5 \text{ h} = 30 \text{ min}$$

<sup>9</sup> [http://mobil.nwzonline.de/wirtschaft/dhl-zufrieden-mit-paketdrohnen-fliegen-nach-juist\\_a\\_20,0,899256340.html](http://mobil.nwzonline.de/wirtschaft/dhl-zufrieden-mit-paketdrohnen-fliegen-nach-juist_a_20,0,899256340.html)

## Problembetrachtung

Die Aufladezeit ist hierbei vernachlässigbar, da der Akku austauschbar ist. Allerdings wird für die Akkuwechselzeit, sowie für das Aufladen der Pakete im Lager und Abladen des Pakets beim Empfänger, insgesamt 15 Minuten mehr Zeit eingerechnet, sodass die Drohne insgesamt 45 Minuten benötigt.

### 2.3 Vergleich Drohne - Paketzusteller

Da die Postmitarbeiter an sechs Tagen pro Woche in zwei Schichten mit jeweils fünf bis sechs Stunden arbeiten, und jeweils 170 Pakete pro Schicht ausliefern,<sup>10</sup> werden pro Tag 340 Pakete mit einem Wagen ausgeliefert.

Jede Drohne kann an sechs Tagen die Woche rund um die Uhr betrieben werden und damit werden täglich im Schnitt 32 Pakete ausgeliefert. Das lässt sich wie folgt errechnen:

$$\frac{24h}{\frac{3}{4}h} = 32$$

Sonntags findet kein Betrieb statt, da die Drohnen überwacht und durch den Menschen gewartet werden müssen.

---

<sup>10</sup> [http://www.focus.de/finanzen/deutschland-kauft-online-paketflut-bei-zustellern-allein-dhl-liefert-8-millionen-pakete-taeglich\\_id\\_4336223.html](http://www.focus.de/finanzen/deutschland-kauft-online-paketflut-bei-zustellern-allein-dhl-liefert-8-millionen-pakete-taeglich_id_4336223.html)



Ergebnis

### 3. Ergebnis

Um alle per Drohne transportierbaren Pakete auf diesem Weg zum Empfänger zu bringen, wurde mit folgender Rechnung die Anzahl der benötigten Drohnen berechnet:

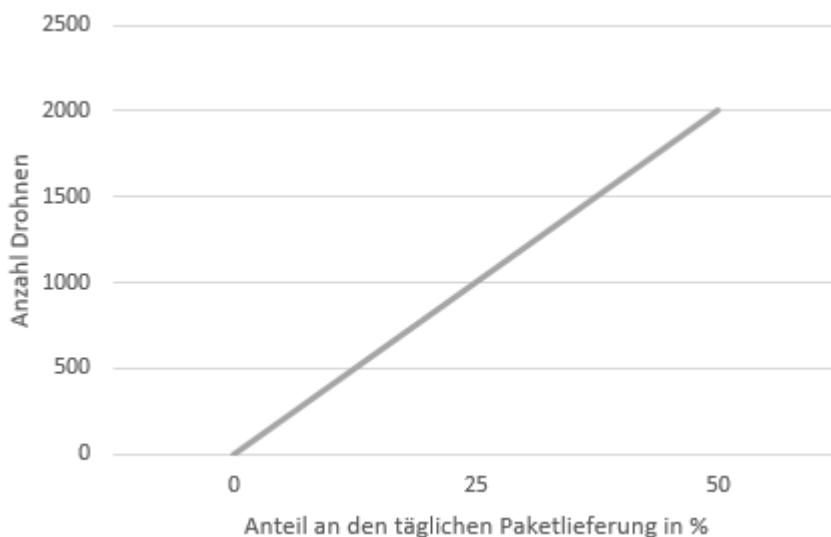
$$\frac{59.000 \text{ Pakete}}{32 \text{ Pakete Pro Drohne}} \approx 1844 \text{ Drohnen}$$

Es werden also 1844 Drohnen benötigt, die von drei unterschiedlichen Standorten ausgesendet werden.

Durch diese Drohnen werden täglich 173 Wägen ersetzt. Dies lässt sich folgenderweise berechnen:

$$\frac{59.000 \text{ Pakete}}{340 \text{ Pakete pro Wagen}} \approx 173,5 \text{ Wägen}$$

In folgendem Diagramm ist die Anzahl der Drohnen abhängig von dem prozentualen Anteil der gesamten Pakete, die täglich durch Drohnen transportiert werden sollen, dargestellt. Es können nicht mehr als 50% der Lieferungen per Drohne transportiert werden, da deren Gewicht über die maximale Nutzlast der Drohne hinausgehen.



## 4. Diskussion und Schlussfolgerung

Die Annahmen, dass circa 50% der Päckchen 2 Kg oder weniger wiegen, sowie, dass die Drohnen im Schnitt 10 km zum Zustellort fliegen müssen, sind kritisch anzusehen. Auch wurden in der vorliegenden Arbeit weder die materiellen, noch die finanziellen Probleme beachtet. Diese werden im Folgenden genauer analysiert:

- Ein erstes Problem stellt die Wetterlage dar. Drohnen können nicht bei allen Wetterbedingungen fliegen bzw. unterschiedlich schnell. Deshalb kann es in der Realität oft zu viel längeren Belieferungszeiten kommen, als die, die vorher berechnet wurden.
- Ein weiteres Problem wäre, dass das Aufladen und Abladen der Pakete unterschiedlich lange dauern kann. Es wurde mit großzügigen Schätzungen gearbeitet, dennoch könnte es länger dauern als angenommen.
- In hinsicht auf die Wetterlage müssen die Pakete zusätzlich geschützt sein. Sie müssen Wasser- und Windfest sein. Dies addiert zusätzliches Gewicht und Kosten.
- Damit das System funktioniert, wäre es am Besten, wenn bei jedem Empfänger ein briefkastenähnlicher Paketempfänger stationiert wäre. Denn nur so können Unterschriften umgangen werden und auch bei Nacht beliefert werden. Auch können so die Pakete nicht gestohlen werden. Eine solche Einrichtung wäre selbstverständlich sehr teuer und deswegen wäre es schwierig sie in allen Haushalten anzubringen.
- Die Anschaffung der Drohnen ist sehr teuer. Der Strom ist zwar billig, aber zusätzlich gehen Batterien schnell kaputt und müssen ersetzt werden. Auch die Reparatur von kaputten Drohnen kostet viel. Somit wäre es für Hermazon sehr kostenaufwendig.
- Auch ist der Bedarf an Drohnen von Tag zu Tag unterschiedlich und im Gegensatz zum Menschen kann man nicht von einem Tag zum anderen mehr Austräger organisieren, da die Bauzeit sehr lange ist.
- Drohnen können ebenfalls von Kindern als Spielzeug missinterpretiert werden oder von Kriminellen „ausgeraubt“ werde, die die Drohne abschießen und die Ware klauen.
- Zuletzt muss Hermazon auch die Aufträge von den Paketfirmen bekommen. Bei einer solch neuen Technik ist es unwahrscheinlich, dass zum Beispiel alle Onlineanbieter Hermazon ihre Pakete anvertrauen.

Selbst mit den hier errechneten Ergebnissen wären zu viele Drohnen nötig. Es lohnt sich nicht für eine Stadt fast 2000 Drohnen zu benutzen. Auch die oben genannten möglichen Probleme sprechen gegen eine solche Anschaffung. Die Frage, wie viel Prozent an Paketwagen ersetzt werden müssten, damit ein signifikanter Unterschied im Autolieferverkehr bemerkbar wäre, ist schwierig zu beantworten, da ein guter Be-

## Diskussion und Schlussfolgerung

obachter schon bei wenigen Prozent einen Unterschied bemerkt. Andere bemerken ihn erst bei einem sehr großen Prozentsatz. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es sich im Moment noch nicht signifikant lohnt, da diese neue Technologie noch mit vielen Problemen belegt ist. In Zukunft werden sicher aber zugunsten der CO<sub>2</sub>-Werte und des Verkehrs die Autos durch Drohnen ersetzt, wenn sie weiter verbessert werden.