

Projektarbeit der Fachhochschule Düsseldorf

„Flugverhalten von Skylaternen“

Name, Vorname:	Neitzel, Tobias	Ketsetzis, Stamatis
Matr.Nr.:	507831	508561
Unternehmen:	Deutsche Flugsicherung	
Betreuer im Unternehmen:	Herr Michael Ludwig	
Mentor der FHD:	Prof. Dr.-Ing. Frank Kameier	
Zeitraum:	01.10.2009 – 01.10.2010	

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung der Projektarbeit.....	4
2	Einleitung	5
3	Mögliche Gefahren und bekannte Vorfälle mit Skylaternen	6
4	Beschreibung der Experimente	7
4.1	Untersuchung des Steigflugs ein Skylaterne	7
4.2	Untersuchung von Temperaturunterschieden und Reichweite der Skylaterne	7
4.3	Untersuchung von Windauswirkungen auf Skylaternen	8
4.4	Untersuchung von Flugverhalten einer mit Schnur gefesselten Skylaterne.....	8
5	Ergebnisse der Internetrecherche	9
5.1	Angaben der Hersteller über Flughöhen	9
5.2	Angaben der Hersteller über Flugdauer	11
6	Entwickelte Messtechnik.....	12
6.1	Planung und Funktionsbeschreibung	12
6.2	Verwendete Komponenten.....	13
6.2.1	Telit GM 862-GPS	13
6.2.2	ATMEGA 168-20PU	14
6.2.3	MAX232.....	14
6.3	Schalpläne des GPS Trackers.....	15
6.4	Betriebssoftware des GPS Trackers.....	16
6.5	Dokumentation der Systemerprobung.....	17
6.5.1	Erprobung des GM862-GPS Moduls in Verbindung mit einem PC.....	17
6.5.2	Flugerprobung des Moduls (Sendehöhen, Empfang).....	21
7	Berechnungsmodelle	23
7.1	Herleitung einer Methode zur Bestimmung der Brenndauer	23
7.2	Herleitung einer Methode zur Bestimmung der Flughöhe.....	28
8	Dokumentation der durchgeführten Versuche	36
8.1	Untersuchung eines Skylaternenflugs	36
8.2	Untersuchung des Flugverhalten einer mit Schnur gefesselten Skylaterne	42
8.3	Brennbarkeitsversuche an Skylaternen	51
8.4	Flugverfolgung einer Skylaterne.....	53
9	Fazit.....	55
9.1	Zusammenfassung der Ergebnisse des Brennbarkeitsversuchs	55
9.2	Zusammenfassung der Ergebnisse der Flugversuche.....	55
9.3	Zusammenfassung der Ergebnisse der Fesselballonversuche	55
9.4	Mögliche weitere Versuche.....	56
10	Literaturverzeichnis.....	57
11	Anhang	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Skylaterne.....	5
Abbildung 2: Theoretisches Höhenspektrum.....	9
Abbildung 3: Prozentuale Aufteilung der Flughöhen.....	10
Abbildung 4: Theoretische Flugdauer.....	11
Abbildung 5: Prozentuale Aufteilung der Flugdauer.....	11
Abbildung 6: GPS/GSM Modul.....	13
Abbildung 7: ATMEGA 168.....	14
Abbildung 8: Pegelwandler.....	14
Abbildung 9: Schaltplan 1 (MAX232).....	15
Abbildung 10: Schaltplan 2 (ATMEGA 168).....	15
Abbildung 11: Schaltplan 3 (Gesamt Schaltbild GPS-Tracker).....	16
Abbildung 12: Vereinfachtes Strukturdiagramm.....	16
Abbildung 13: Flashen des ATMEGA.....	17
Abbildung 14: Zusammenbau der Module.....	18
Abbildung 15: GPS-Signal am Oszilloskop.....	18
Abbildung 16: Ausgabe in Googlemaps-Format.....	19
Abbildung 17: Ausgabe in GPS-Format.....	19
Abbildung 18: Standortangabe (Karte).....	20
Abbildung 19: Standortangabe (Satellit).....	20
Abbildung 20: Wegverfolgungstest.....	21
Abbildung 21: Messflug 1.....	22
Abbildung 22: Messflug 2.....	22
Abbildung 23: PC Schnittstelle zur Datenaufnahme.....	23
Abbildung 24: Brenndauer.....	24
Abbildung 25: Anzünden (Phase I).....	25
Abbildung 26: Vollständiges Verbrennen (Phase II).....	25
Abbildung 27: Abklimmbereich (Phase II).....	26
Abbildung 28: Tabelle Messergebnisse.....	27
Abbildung 29: Prozentuale Auswertung der berechneten Werte.....	27
Abbildung 30: Skylaterne bei nicht vollständig brennendem Pad.....	28
Abbildung 31: Skylaterne bei vollständig brennendem Pad.....	29
Abbildung 32: Verkohlte Skylaterne.....	29
Abbildung 33: Skylaterne mit brennender Kunststoffschicht.....	30
Abbildung 34: Erlrochenes Brennpad.....	30
Abbildung 35: Skylaterne nach dem Anzünden.....	31
Abbildung 36: Brennende Skylaterne.....	31
Abbildung 37: Vollständig verbrannte Skylaterne.....	32
Abbildung 38: Tabelle der Barometrischen Höhengleichung (Beispielhaft).....	33
Abbildung 39: Tabelle Temperaturabhängigkeit der Flughöhe.....	34
Abbildung 40: Flughöhe in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur.....	34
Abbildung 41: Startversuch einer Skylaterne.....	35
Abbildung 42: Skylaterne nach dem Start.....	36
Abbildung 43: Skylaterne auf Gipfelhöhe.....	36
Abbildung 44: Auftreten einer Windböe.....	37
Abbildung 45: Absturz einer Skylaterne.....	37
Abbildung 46: Auszug aus der Berechnungsdatei.....	38
Abbildung 47: Skylaterne kurz nach dem Start.....	39
Abbildung 48: Aufsteigende Skylaterne.....	39
Abbildung 49: Skylaterne trifft auf eine Windböe 1.....	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 50: Skylaterne trifft auf eine Windböe 2.....	40
Abbildung 51: Skylaterne mit Angelschnur.....	41
Abbildung 52: Abdriftende Skylaterne mit Angelschnur 1	42
Abbildung 53: Abdriftende Skylaterne mit Angelschnur 2	42
Abbildung 54: Fesselballon außer Kontrolle 1	43
Abbildung 55: Fesselballon außer Kontrolle 2	43
Abbildung 56: Abgestürzte Skylaterne	44
Abbildung 57: Erloschene Skylaterne 1	44
Abbildung 58: Erloschene Skylaterne 2.....	45
Abbildung 59: Start Skylaterne	46
Abbildung 60: Abtreibende Skylaterne 1	46
Abbildung 61: Abtreibende Skylaterne 2.....	47
Abbildung 62: Abtreibende Skylaterne 3.....	47
Abbildung 63: Abstürzende Skylaterne 1	48
Abbildung 64: Abstürzende Skylaterne 2	48
Abbildung 65: Abstürzende Skylaterne 3	49
Abbildung 66: Brennbarkeitsprobe 1	50
Abbildung 67: Brennbarkeitsprobe 2	50
Abbildung 68: Brennbarkeitsprobe 3	51
Abbildung 69: Brennbarkeitsprobe 4	51
Abbildung 70: GPS-Wegverfolgung.....	52
Abbildung 71: Wetterdaten 11.06.2010 Mülheim/Ruhr	53

1 Aufgabenstellung der Projektarbeit

Die Allgemeine Zielsetzung dieser Projektarbeit liegt darin, eine Studie zu erstellen, anhand der man die Gefahren, welche von Skylaternen (Himmelslaternen) ausgehen, nochmals besser beleuchten kann. Hierzu wurde eine konkrete Aufgabenstellung zusammen mit der DFS ausgearbeitet, welche folgendes beinhaltet:

Aufgrund eines tragischen Unglücks in Siegen (siehe Zeitungsartikel vom 30.06.09) verursacht mit hoher Wahrscheinlichkeit durch eine Skylaterne, lassen sich die Instanzen über die Gefährlichkeit der Flugobjekte diskutieren.

Auf Basis der sicherheitstechnischen Teilprüfung einer Himmels – bzw. Skylaterne durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg interessiert sich die DFS für das Flugverhalten einer Skylaterne unter realen Bedingungen.

Nachfolgende Fragen stehen dabei im Fokus:

- Wie erfolgt der Steigflug einer Skylaterne?
- Wie wirken sich hierbei unterschiedliche Temperaturen aus?
- Ab welcher Windsituation gerät der Steigflug einer Skylaterne „außer Kontrolle“ bzw. entzündet sich die Skylaterne im Flug?
- Wie ist das Steig- bzw. Flugverhalten einer gefesselten (mit einer Schnur gesicherten) gegenüber einer ungefesselten Skylaterne?

Mit der Beantwortung dieser Fragestellungen erhofft sich die DFS die Gefährlichkeit von Skylaternen besser zu belegen um Entscheidungsgremien, wie z.B. das Bundesinnenministerium, zu unterstützen.

2 Einleitung

Unter einer Skylaterne versteht man in klassischer Hinsicht eine aus Reispapier gefertigten Zylinder oder Ballon, welcher durch ein Brennpad oder eine Kerze die Luft in seinem Innern erhitzt, welches ihm das aufsteigen ermöglicht.



Abbildung 1: Die Skylaterne

Nun gibt es die verschiedensten Formen und Größen der besagten Skylaternen, welche zu den unterschiedlichsten Anlässen benutzt werden. Ursprünglich kommen diese Flugkörper aus dem asiatischen Raum, wo sie auch heute noch einen beliebten Teil von diversen Festivitäten darstellen.

Um nun genügend Auftrieb zu erreichen, machen sich die Skylaternen den Effekt des Dichteunterschieds der Luft in Abhängigkeit von der Temperatur zunutze. Dies ist dasselbe Prinzip nach welchem Heißluftballone funktionieren.

Die Skylaterne kann allerdings nur eine geringe Menge an Brennstoff mitführen, weswegen man laut Herstellerangaben von einer Flugzeit von 5 bis 15min bei einer Flughöhe von 200 bis 600m ausgehen kann.

Allerdings ist das Drahtgestell, an welchem die Wärmequelle befestigt ist, oftmals nach dem Niedergang noch sehr warm, was zum Entflammen der Umgebung bzw. der Reste der Laterne selbst führen kann.

Des Weiteren ist sehr gut zu erkennen, dass sich die Skylaterne in Höhen bewegt, in welchen sie mit dem Luftverkehr in Berührung kommen kann, was bisher noch undefinierte Folgen für die Luftverkehrsmittel haben kann.

3 Mögliche Gefahren und bekannte Vorfälle mit Skylaternen

Bisher wurden die Skylaternen als Mittel zur Inszenierung von Lichtspielen am Himmel, relativ bedenkenlos eingesetzt. Dass von diesen Flugkörpern auch erhebliche Gefahren ausgehen können, wurde von den meisten Verwendern weder bedacht noch wirklich wahrgenommen.

Doch trotz des schönen Lichtspieles am nächtlichen Himmel geht von den Objekten eine große Gefahr für die Bevölkerung aus. Die Himmelslaternen werden durch eine offene Flamme in die Lage versetzt, aufzusteigen, was bedeutet, dass man es hier mit hohen Temperaturen zu tun hat, welche ein Feuer auslösen können, sollten diese mit leicht entflammaren Materialien in Berührung kommen.

Eine weitere Gefahr, welche von den Verwendern bislang außer Acht gelassen wurde, ist die Auswirkung auf den Luftverkehr, wenn sich die Bahnen einer Skylaterne mit denen eines Luftzeuges kreuzen. Zunächst können Himmelslaternen mit ihrem Höhenspektrum von 200 bis 600m in Anflugkorridore eines Flughafens eindringen, wobei das zusätzliche Licht am Himmel die Piloten bzw. die Fluglotsen irritieren und zu Fehlentscheidungen führen kann. Des Weiteren besteht die Gefahr, dass ein Fremdkörper wie z.B. der Metallring einer Skylaterne die Triebwerke eines Flugzeuges beschädigen kann, was sich auf die Flugsicherheit auswirkt. Ebenso ist es denkbar, dass die Papier/Folienhaut der Skylaterne eine Messdüse des Flugzeuges verstopft, was zu falschen und widersprüchlichen Werten im Cockpit führen würde.

Momentan sind noch keine größeren Vorfälle mit Skylaternen und der kommerziellen Luftfahrt bekannt, dies könnte sich allerdings mindestens theoretisch in der Zukunft ändern.

Dennoch gibt es mehrere dokumentierte Fälle, in welchen Skylaternen bei ihrem Niedergang bzw. Aufstieg in Brand geraten sind und Gebäudebrände ausgelöst haben.

Das größte Problem stellt hierbei der Wind dar, sollte dieser die Skylaterne in ein bebautes Gebiet tragen, kann sich diese z.B. unter Dachgiebeln verfangen, sich entzünden und das Gebäude in Brand versetzen. (siehe Studie LUBW 141-10/08)

Hier sind nun einige Berichte über durch Skylaternen verursachte Brände aufgeführt, um nochmals die Gefahr, welche von diesen Flugkörpern ausgeht, zu verdeutlichen.

4 Beschreibung der Experimente

Um die in Kapitel 4 zusammengefassten Ziele zu erreichen, wurden verschiedene Experimente entwickelt, welche hier nun kurz beschrieben werden:

4.1 Untersuchung des Steigflugs ein Skylaterne

Skylaternen funktionieren im Prinzip wie ein Heißluftballon, sie bestehen aus einem großen Papierzylinder, welcher mit einem Deckel versehen ist. An der Unterseite ist ein Drahtgestell welches in der Mitte eine Kerze bzw. Brennpastenpad enthält. Dieser wird entzündet und dadurch steigt heiße Luft in den Papierzylinder auf, welche der Himmelslaterne das Fliegen ermöglicht.

Bei der Untersuchung des Steigfluges einer solchen Himmelslaterne soll ein Versuchsobjekt mit einem GPS Sender ausgerüstet werden, welcher Daten über Höhe und Geschwindigkeit an eine Bodenstation sendet. Des Weiteren soll die aufsteigende Skylaterne von einem hohen Turm, (z.B. Tower Düsseldorf Flughafen) bei ihrem Steigflug beobachtet werden.

Es sollen Daten über das Verhalten in verschiedenen Luftschichten, bei unterschiedlichen Windverhältnissen in großer Höhe, über die Gipfelhöhe und über den Abdrift gesammelt und analysiert werden.

4.2 Untersuchung von Temperaturunterschieden und Reichweite der Skylaterne

Bei dieser Untersuchung soll das Aufstiegsverhalten der Skylaternen bei verschiedenen Temperaturen untersucht werden. Zu diesem Zweck soll eine Skylaterne mit einem GPS-Sender ausgestattet werden, welche Daten über Höhe Flugrichtung und Geschwindigkeit an die Bodenstation übermittelt, um diese später auszuwerten.

Da es sich um einen mit heißer Luft betriebenen Flugkörper handelt, ist damit zu rechnen, dass dieser bei einer kälteren Temperatur bessere Steigleistungen erbringt als bei wärmeren Temperaturen. Um diese These näher zu untersuchen, soll der oben beschriebene Versuch an mehreren Tagen bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt werden, um klare Ergebnisse zu erzielen.

Bei der Auswertung des Versuchs soll die Steigleistung, die Gipfelhöhe und die Reichweite im Vordergrund stehen, um bestimmen zu können, ob eine Skylaterne eine Gefahr für die Luftfahrt sein kann.

4.3 Untersuchung von Windauswirkungen auf Skylaternen

Bei dieser Untersuchung soll das Verhalten von Skylaternen bei starkem Wind untersucht werden. Da selbst die Hersteller angeben, dass Skylaternen nur bei leichtem bzw. windstillem Wetter eingesetzt werden sollen, geht man davon aus, dass der Flugkörper bei starkem Wind „außer Kontrolle“ geraten könnte.

Um dies näher untersuchen zu können, soll eine Himmelslaterne bei starkem Wind gestartet und beobachtet werden. Es ist fraglich, ob der Flugkörper überhaupt fliegt oder schon am Boden zerstört wird.

4.4 Untersuchung von Flugverhalten einer mit Schnur gefesselten Skylaterne

Bei dieser Untersuchung soll eine Skylaterne mit einer Schnur an den Boden gefesselt werden, um diese auf ihr Verhalten genauer betrachten zu können. Dieses Experiment soll aus folgendem Anlass durchgeführt werden: Nachdem normale Himmelslaternen beinahe zu einem Trendprodukt auf Hochzeiten und Partys geworden sind, haben sich die Hersteller etwas Neues einfallen lassen: Skylaternen sollen wie Fesselballone am Boden verankert werden, um z.B. ein Fest zu erleuchten.

Hieraus ergibt sich aber ein gewisses Risiko, da diese Himmelslaternen eine leicht brennbare Außenhülle besitzen, ist es durchaus möglich, dass sie durch Windeinflüsse eine so starke Neigung bekommen, sodass diese sich selbst entzünden.

Um überprüfen zu können ab welcher Windgeschwindigkeit dieser kritische Winkel erreicht wird, soll eine Himmelslaterne in den Windkanal mit einer Schnur befestigt werden, welche ihr eine gewisse Neigung erlaubt.

Während nun die Windgeschwindigkeit schrittweise erhöht wird, wird gleichzeitig mit einem Messwerkzeug der Neigungswinkel gemessen. Schließlich wird sich die Skylaterne selbst entzünden, genau dieser Punkt soll festgehalten und notiert werden.

Neben diesem Versuch soll noch ein zusätzlicher Freiversuch durchgeführt werden, bei dem eine Himmelslaterne am Boden verankert wird. Während die Skylaterne aufsteigt, soll nun der Windeinfluss, die Abdrift sowie das allgemeine Verhalten auf Auffälligkeiten und mögliche Gefahren untersucht werden. Dies soll bei drei verschiedenen Wetterlagen geschehen, um zusätzlich noch die Brandgefahr durch den Neigungswinkel näher betrachten zu können.

Wetterlagen:

1. Ruhiges beinahe windstilles Wetter
2. Leichter bis mittelstarker Wind (Windstärke 2-4)
3. Starker Wind bis Sturm (Windstärke 4-6)

5 Ergebnisse der Internetreschere

Im Internet bieten nahezu unzählige viele Händler Produkte wie die Skylaternen an, allein unter den Schichtworten „Skylaterne kaufen“ findet man bei Google unzählige Einträge. Dies soll Anlass genug sein, um die Angaben über Flughöhe und Brenndauer einiger Händler zu untersuchen und die Angaben miteinander zu vergleichen. In diesen Vergleichen soll ein Spektrum an Brenndauer und Flughöhe entstehen, welches über eine prozentuale Auswertung mit den einzelnen Daten verglichen wird. Es wurden 25 Webseiten unterschiedlicher Händler nach dem Zufallsprinzip ausgewählt und nach Angaben über die Flughöhe, sowie Brenndauer durchsucht.

5.1 Angaben der Hersteller über Flughöhen

Hier wurden die Angaben über die Flughöhe, welche sich im Internet finden ließen in zwei Diagramme eingetragen. Zum einen um ein Höhenspektrum zubilden und zum anderen um prozentual zu zeigen, welche Angaben am häufigsten vorkamen:

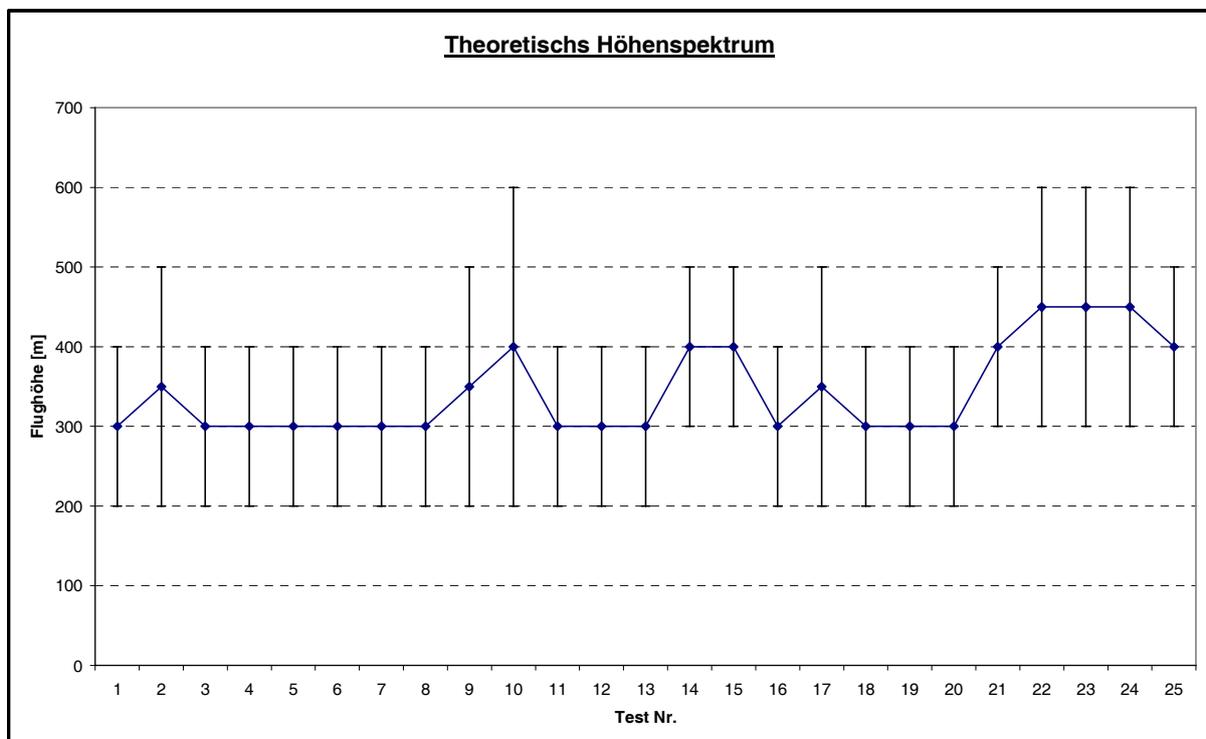


Abbildung 2: Theoretisches Höhenspektrum

Im hier dargestellten Diagramm (Abb.2) wurde aus allen Angaben, welche im Internet über die Flughöhen von Skylaternen gefunden wurden, gemittelt und eingetragen. Die blaue Linie deutet die mittlere Flughöhe der Angabe an, um das gesamte Spektrum der Angabe allerdings darzustellen, wurde ein Fehlerindikator verwendet welcher eine Maximale sowie eine Minimale Flughöhe angibt.

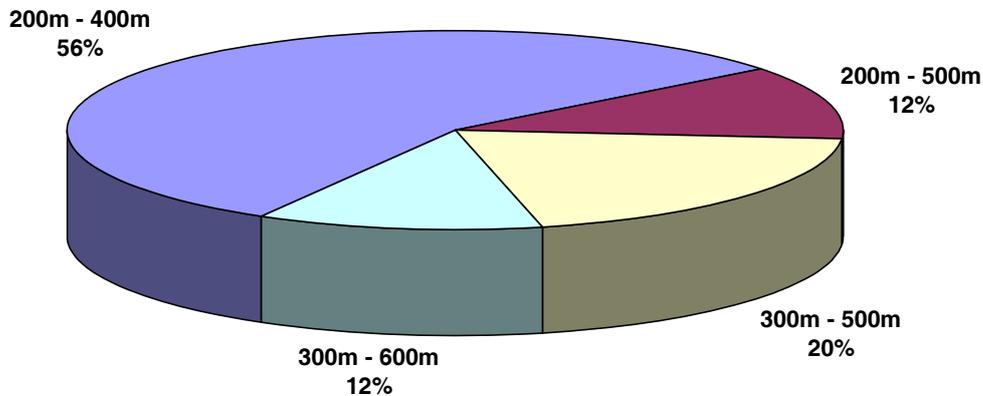


Abbildung 3: Prozentuale Aufteilung der Flughöhen

In Abb. 3 wurden die Höhenspektren der ermittelten Daten in prozentuale Anteile umgerechnet, um theoretisch eine Aussage treffen zu können, in welchem Bereich sich Skylaternen am wahrscheinlichsten bewegen. Dies bestätigt auch die unter 3.2 §1 Artikel 2 Punkt 6 getroffene Definition, dass eine Himmelslaterne als Luftfahrzeug einzustufen ist. Da sich diese mit großer Wahrscheinlichkeit in Bereichen der nichtkommerziellen als auch in Bereichen der kommerziellen Luftfahrt bewegen können.

Wie die Herstellerangaben entstanden sind, konnte nicht ergründet werden, es wurden weder Versuche noch Berechnungen zitiert, welche Aufschluss geben könnten.

5.2 Angaben der Hersteller über Flugdauer

Hier wurden die Angaben über die Flugdauer, welche sich im Internet finden ließen, in zwei Diagramme eingetragen: Zum einen um ein Zeitspektrum abzubilden und zum anderen um prozentual zu zeigen, welche Angaben am häufigsten vorkamen:

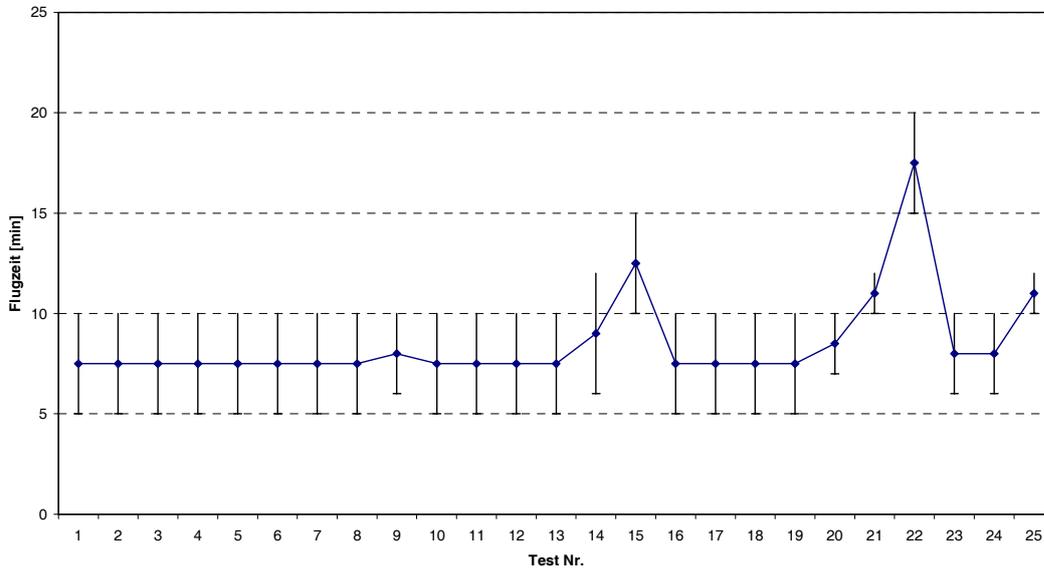


Abbildung 4: Theoretische Flugdauer

Im Abb. 4 dargestellten Diagramm wurde aus allen Angaben, welche im Internet über die Flugdauer von Skylaternen gefunden wurden, gemittelt und eingetragen. Die blaue Linie deutet die mittlere Flugdauer der Angabe an, um das gesamte Spektrum der Angabe allerdings darzustellen, wurde ein Fehlerindikator verwendet, welcher eine Maximale sowie eine Minimale Flugdauer angibt.

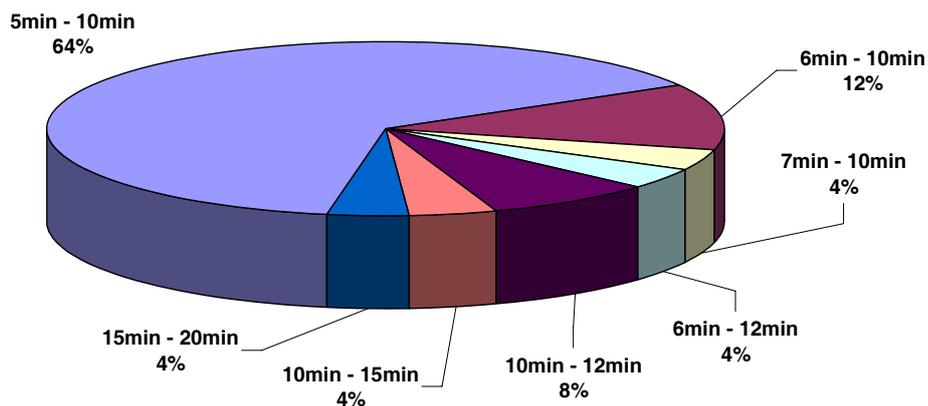


Abbildung 5: Prozentuale Aufteilung der Flugdauer

In Abb. 5 wurden die im Internet gesammelten Daten in Prozentsätze umgerechnet, um abschätzen zu können, welcher Bereich am wahrscheinlichsten ist. Dies ist für eine Auswertung interessant, da man über die Flugdauer der Skylaterne Rückschlüsse auf die Reichweite ziehen kann. Wenn in diese Angaben nun noch die Windgeschwindigkeit eingerechnet wird, kann man überprüfen, ob der in der LuftVO §15a festgeschriebenen Sicherheitsabstands von 1,5km um einen Flughafen ausreichend ist, um eine Behinderung des Luftverkehrs auszuschließen.

6 Entwickelte Messtechnik

Zur Untersuchung des Flugverhaltens der Skylaternen, musste eine Möglichkeit gefunden werden, um diese Flugkörper über den gesamten Flugweg zu überwachen. Da dies mit herkömmlichen käuflichen Geräten aus Preis und Gewichtsgründen nicht möglich ist, wurde der Entschluss gefasst, selbst ein Gerät zu entwickeln, welches speziell auf diese individuellen Anforderungen zugeschnitten ist. Es wurden nun konkrete Funktionen festgelegt, welche das zu entwerfende Trackermodul unbedingt erfüllen sollte. Nach aufwendiger Recherche (Internet, Fachliteratur), wurden die ersten Entwürfe für dieses Tracker Konzept mit bekannten Modulen geplant.

6.1 Planung und Funktionsbeschreibung

Die Planung des GPS-Trackers Planung und Funktionsbeschreibung gestaltete sich in chronologischer Reihenfolge wie folgt:

1. Festlegung des Leistungsspektrums
2. Recherche nach geeigneten käuflichen Systemen
3. Kontakt und support (Deutschenwetterdienst, Dr. rer. nat. Christian Notthoff Uni Essen/Duisburg, Dipl-Ing Sebastian Lange BK Bochum)
4. Erste Entwürfe des Trackerkonzepts
5. Recherche nach geeigneten Modulen zur Realisierung des Trackerkonzepts
6. Auswahl der Module (Auswahl, Beschaffung)
7. Fertigstellen des Konzepts des RS232 Adapters
8. Realisierung des RS232 Moduls
9. Fertigstellung des Konzepts des ATMEGA 168 Steuermoduls
10. Realisierung des ATMEGA 168 Steuermoduls
11. Konzipierung des Verbindungsmoduls (easy GSM/GPS + ATMEGA 168)
12. Realisierung des Verbindungsmoduls

Funktionsbeschreibung des GPS-Trackers:

Dieses Konzept eines GPS-Trackers arbeitet mit 2 unterschiedlichen Modulen: Zu einem mit dem GSM/GPS Modul, welches das auf Fangen und Versenden von GPS-Koordinaten ermöglicht. Zum anderen mit einem Steuermodul, auf welches ein Programm geschrieben wird, dass den gesamten Tracker während des Betriebs steuert. So sollte es möglich sein, die empfangenen GPS-Koordinaten per SMS an ein Handy oder PC zu versenden und auszuwerten.

6.2 Verwendete Komponenten

Zur Realisierung des GPS-Tracker Konzepts wurden folgende Einzelkomponenten verwendet.

- **Telit GM 862-GPS**
- **ATMEGA 168-20AU**
- **MAX232**
- **Esay GSM/GPS Adapterboard**
- **Diverse Kondensatoren**
- **Diverse Widerstände**

6.2.1 Telit GM 862-GPS

Das GM862-QUAD-PY ist die nächste Generation der GM862 Produkt Familie, die den Erfolg von Telits einfach zu integrierenden GSM/GPRS Modulen für industrielle M2M Applikationen fortsetzt.

Der Schwerpunkt des GM862-QUAD-PY liegt auf der Pinkompatibilität zu existierenden GM862 Produkten, während die Funktionen um Quad Band und RoHS Kompatibilität erweitert wurden.



Abbildung 6: GPS/GSM Modul

Mit robustem Design, erweitertem Temperaturbereich, integriertem SIM Kartenhalter, und Industrial grade Steckverbindern, ist das Telit GM862-GPS die ideale Plattform für mobile Anwendungen in der Telematik, im Flottenmanagement, Tracking und Sicherheitslösungen, sowie für die Fahrzeugnavigation.

6.2.2 ATMEGA 168-20PU

Die AVR-Mikrocontroller-Familie von Atmel basiert auf einer RISC-Architektur, bei der die Quarzfrequenz intern nicht geteilt wird, d. h. ein 10-MHz-Quarz ergibt einen Befehlsdurchsatz von bis zu 10 Millionen Befehlen pro Sekunde. Durch die relativ niedrige Oszillatorfrequenz bleibt auch die Stromaufnahme sehr gering. Alle AVRs haben Flash-Programmspeicher, EEPROM-Datenspeicher und können im System programmiert werden. Die Programmierung des OnChip-Flash- und EEPROM-Speichers erfolgt nur durch die Übermittlung von Kommandos. Eine Programmierspannung ist nicht notwendig. Die AVRs haben 32 gleichwertige Register, die parallel benutzt werden können. Der Befehlssatz umfasst 120 so dass äußerst effiziente Programme geschrieben werden können.

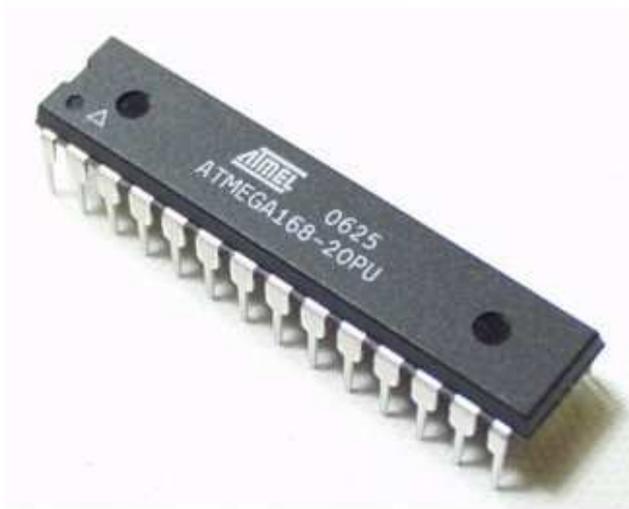


Abbildung 7: ATMEGA 168

6.2.3 MAX232

Der MAX232 ist einer der bekanntesten Pegelkonverter für die RS232 (serielle Schnittstelle des PCs). Es ist häufig der Fall, dass nur TTL Pegel (0 und 5V) zur Verfügung stehen aber trotzdem mit dem PC nach dem RS232 kommuniziert werden soll. Die wenigstens Geräte verfügen über die geforderte Spannung von +12V und -12V. Eine eigene Spannungsversorgung nur für die RS232 wäre ebenfalls ein zu hoher Aufwand. Abhilfe schafft hier der MAX232.



Abbildung 8: Pegelwandler

Diesem genügt eine 5V Versorgungsspannung, um eine Wandlung von TTL auf RS232 Pegel vorzunehmen. Die benötigten +12V und -12V werden von dem IC selbst erzeugt. Als externe Beschaltung genügen 4 Elkos mit ca. 1 μ F. Außerdem wird der Rest des Geräts gegen ESD Beschädigung über die Schnittstelle geschützt.

6.3 Schaltpläne des GPS Trackers

Als ersten Schaltplan ist hier der Pegelwandler bzw. das Adaptermodul zwischen Tracker und PC gezeigt, Abb. 9.

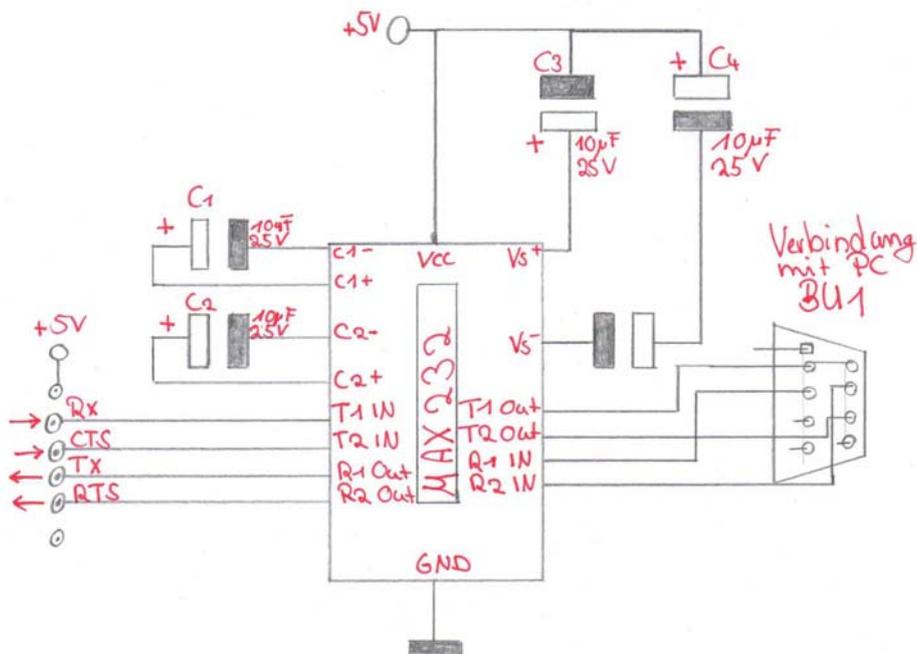


Abbildung 9: Schaltplan 1 (MAX232)

Nun folgt ein Schaltplan, welcher nötig ist, um den Mircoprozessor ATMEGA 168 zu betreiben und schließlich zu programmieren. Dies ist nötig, weil dieser Chip schließlich das Modul während des Fluges steuern soll.

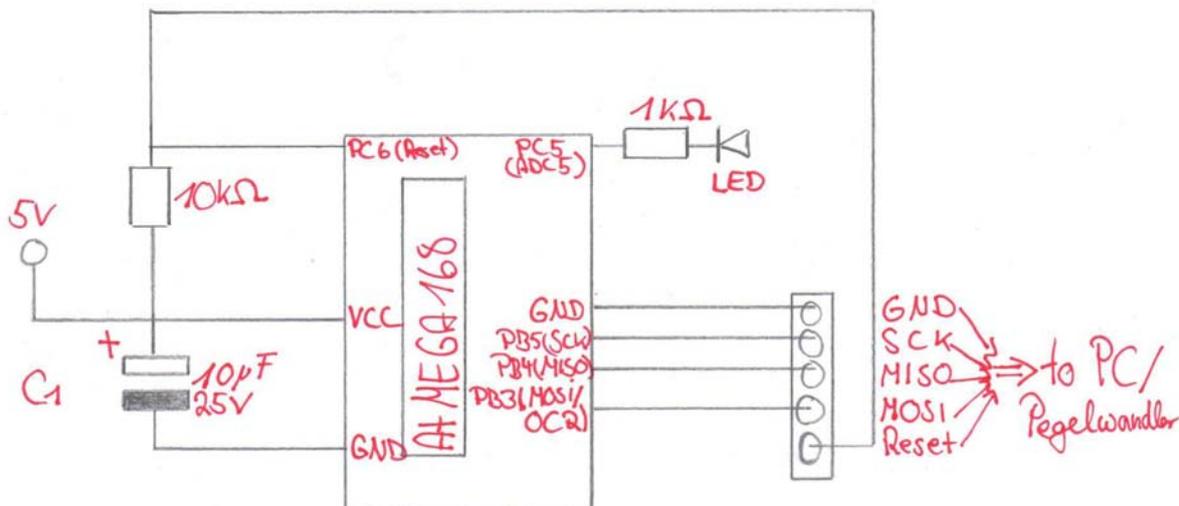


Abbildung 10: Schaltplan 2 (ATMEGA 168)

Abb. 11 zeigt den kombinierten Schaltplan, welcher das fertige Trackermodul darstellt.

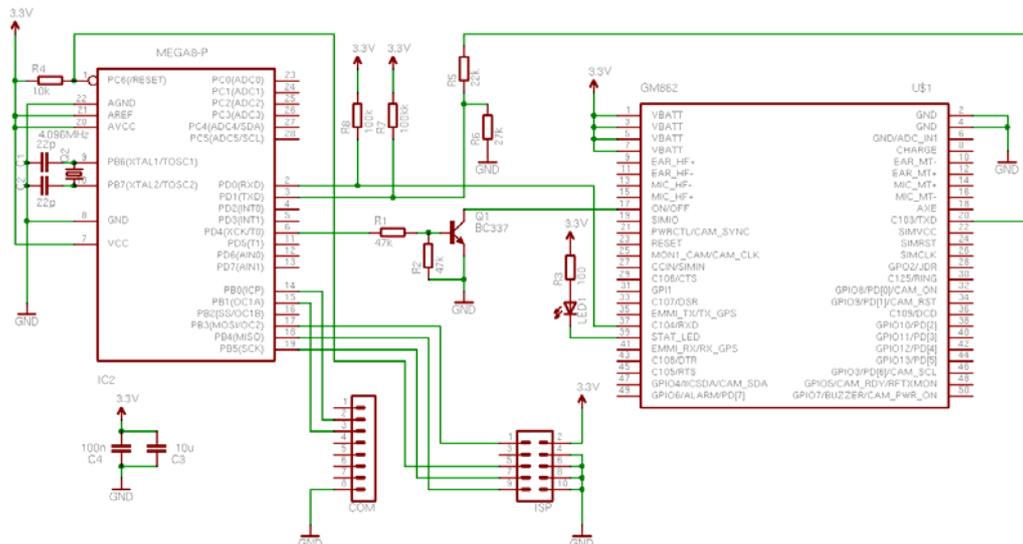


Abbildung 11: Schaltplan 3 (Gesamt Schaltbild GPS-Tracker)

6.4 Betriebssystem des GPS Trackers

Da es sich um ein selbst entwickeltes Trackermodell handelt, kann man keine bekannte fertige Software verwenden. Somit muss für diesen Tracker ein eigenes Programm geschrieben werden, welches schließlich auf den ATMEGA 168 aufgespielt wird. Nun ist hier der Quellcode ausschnittsweise angegeben, zum besseren Verständnis ist ein Strukturdiagramm beigelegt. [1], [2], [3], [4], [5], [6]

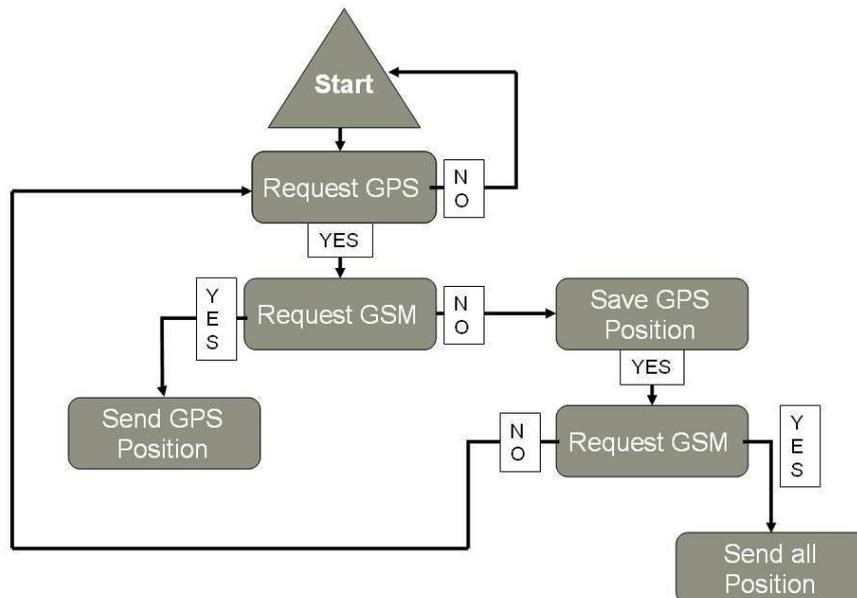


Abbildung 12: Vereinfachtes Strukturdiagramm

6.5 Dokumentation der Systemerprobung

Da es keinerlei Erfahrungsberichte über eine solche Verwendung eines ähnlichen Geräts gibt, wurde der Tracker zunächst im stationären Betrieb getestet. Da dieser Tests erfolgreich verlaufen ist, folgte die Erprobung der Empfangsstärke der einzelnen Funktionsgruppen (GSM, GPS) in unterschiedlichen Höhen und Gebieten.

Im Vorfeld wurde folgendes Problem identifiziert, welches mit größter Wahrscheinlichkeit zu Komplikationen führen wird. Dies ist die zu geringe Netzabdeckung in größerer Höhe. Die Lösung für dieses Problem stellt eine Speicherkarte dar, auf welche das Modul die Daten speichert und diese sobald eine Netzabdeckung wieder hergestellt ist versendet.

Die Erprobung wurde in folgenden zwei Schritten durchgeführt:

1. Erprobung des GM862-GPS Moduls in Verbindung mit einem PC
2. Flugterprobung des Moduls (Sendehöhen, Empfang, etc)

6.5.1 Erprobung des GM862-GPS Moduls in Verbindung mit einem PC

Für eine direkte Kommunikation zwischen PC und dem GM862-Modul, wird ein MAX232 als Schnittstelle benötigt. Um nun eine Kommunikation herzustellen muss das Atmega Modul zunächst mit dem zuvor geschriebenen C-Programm geflasht werden, anschließend werden die RX- und TX- Anschlüsse miteinander verbunden.

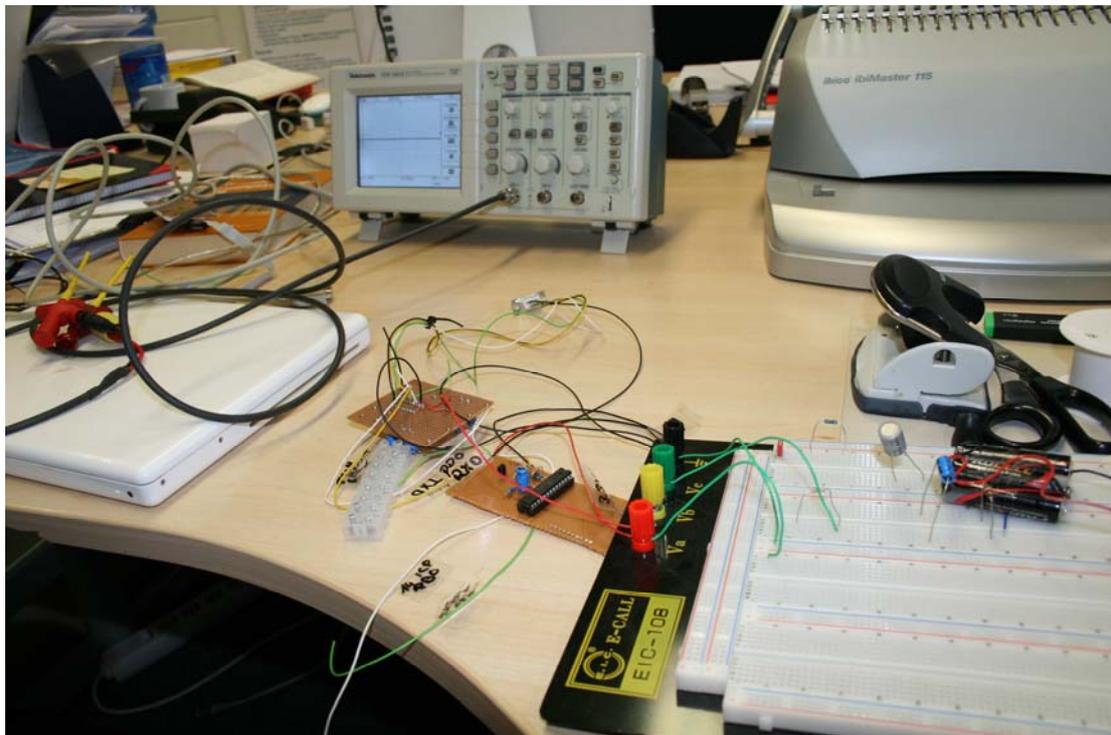


Abbildung 13: Flashen des ATMEGA

Werden die Module nun mit Strom versorgt, fängt das GM862-Modul automatisch an zu arbeiten, über die angeschlossene GPS-Antenne empfängt das Modul ein Signal und wandelt es durch die Programmeinstellungen in eine gebräuchliche Ausgabe um.

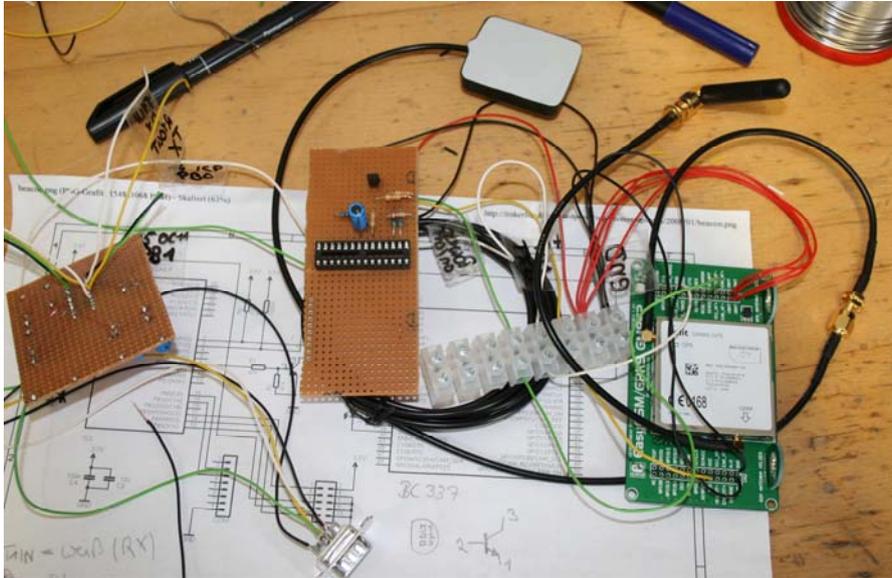


Abbildung 14: Zusammenbau der Module

Der Prototypenaufbau ist mit großzügigem Platzangebot auf mehrere Platinen gelötet, welche durch Kabel miteinander verbunden sind. Dies wird beim fertigen Modul nicht mehr der Fall sein.

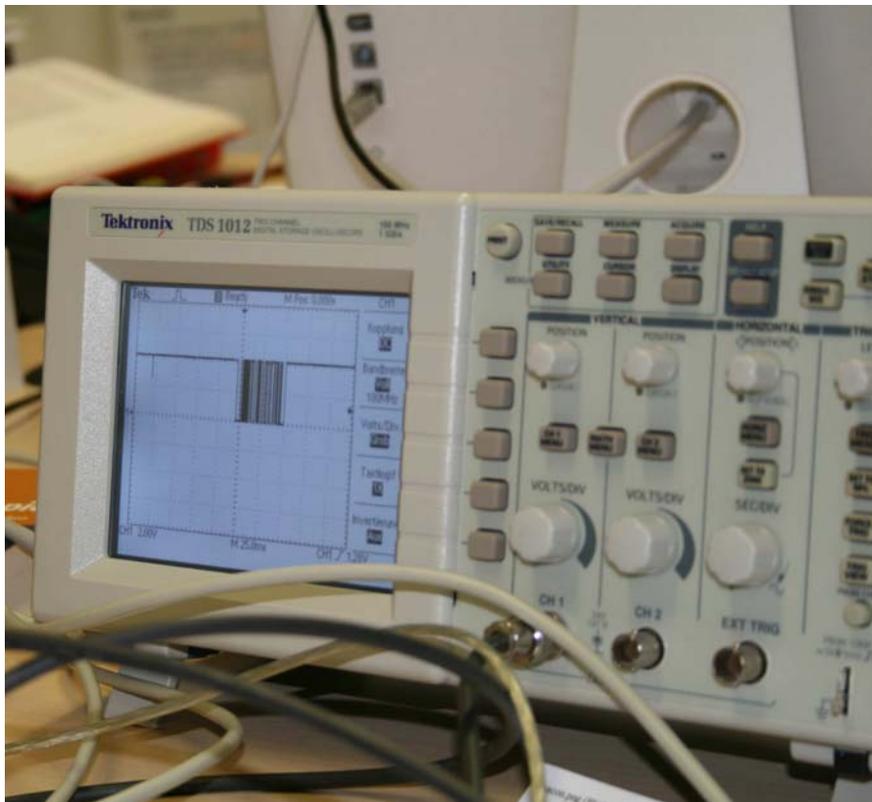


Abbildung 15: GPS-Signal am Oszilloskop

In den Quellcode ist das Googlemaps Koordinatenformat eingebaut, so dass man die empfangene Ausgabe einfach in einen Internet Explorer kopieren kann und man den Punkt an welchem sich das Modul befindet angezeigt bekommt.

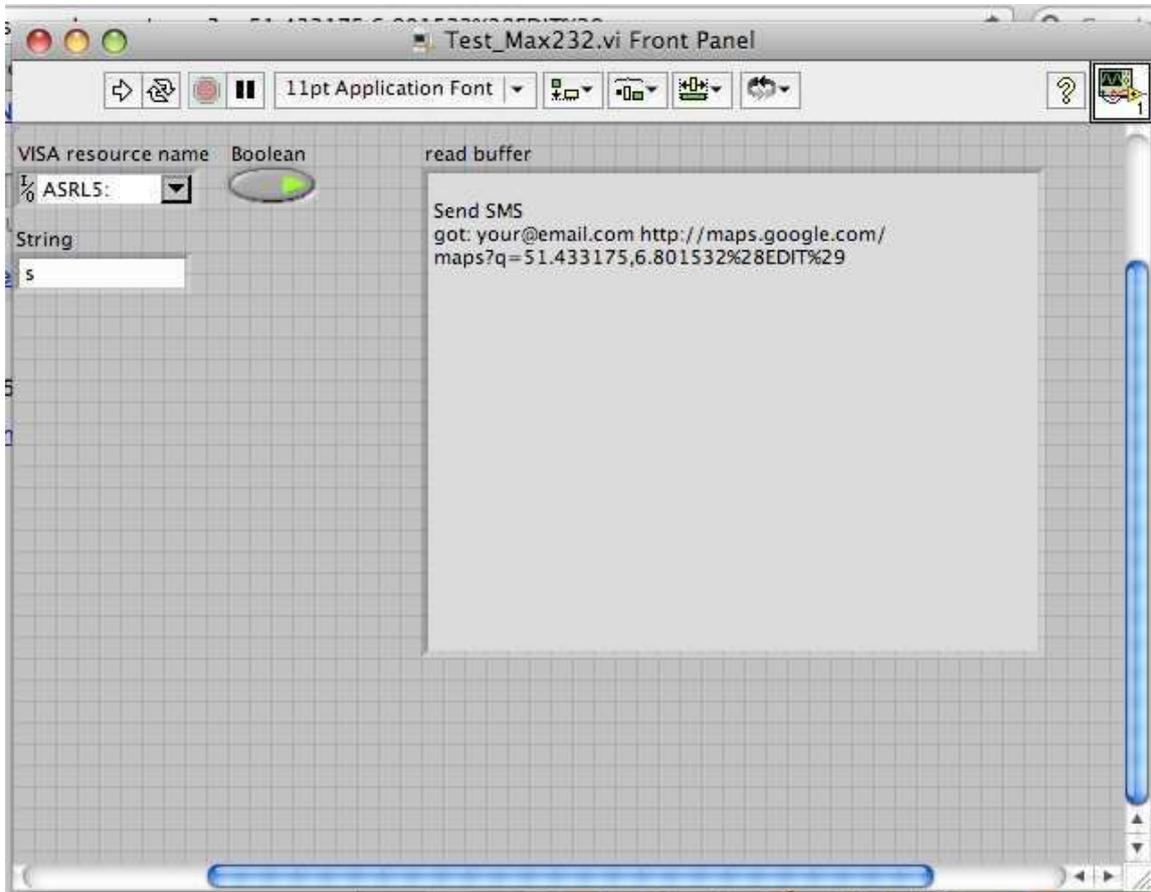


Abbildung 16: Ausgabe in Googlemaps-Format

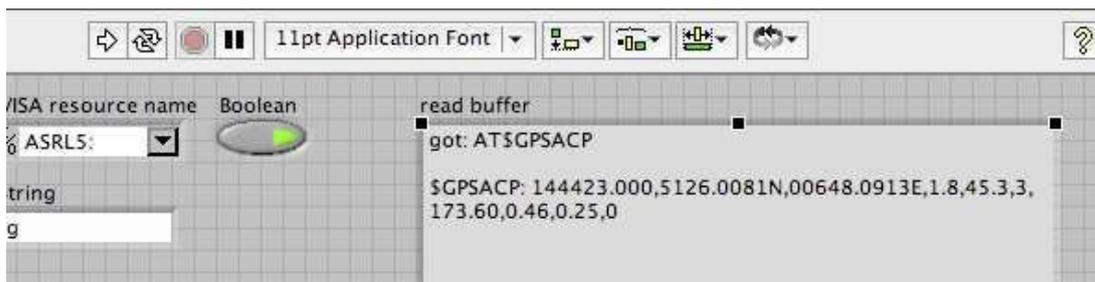


Abbildung 17: Ausgabe in GPS-Format

Mit dieser Art der Ausgabe bekommt man die Möglichkeit, dass empfangene GPS-Signal in seiner ursprünglichen Form anzeigen zu lassen. Mit diversen Umrechnungstabellen ist es nun möglich, aus diesem Signal die Position, die Geschwindigkeit, die Höhe sowie die Richtung einer Bewegung herauscodieren.

Durch die im Programm integrierte Umschreibung des empfangenen Signals, kann die Ausgabezeile direkt in die Adresszeile des Internetexplorer einkopiert werden, wodurch ein Marker den Standpunkt des Moduls anzeigt.

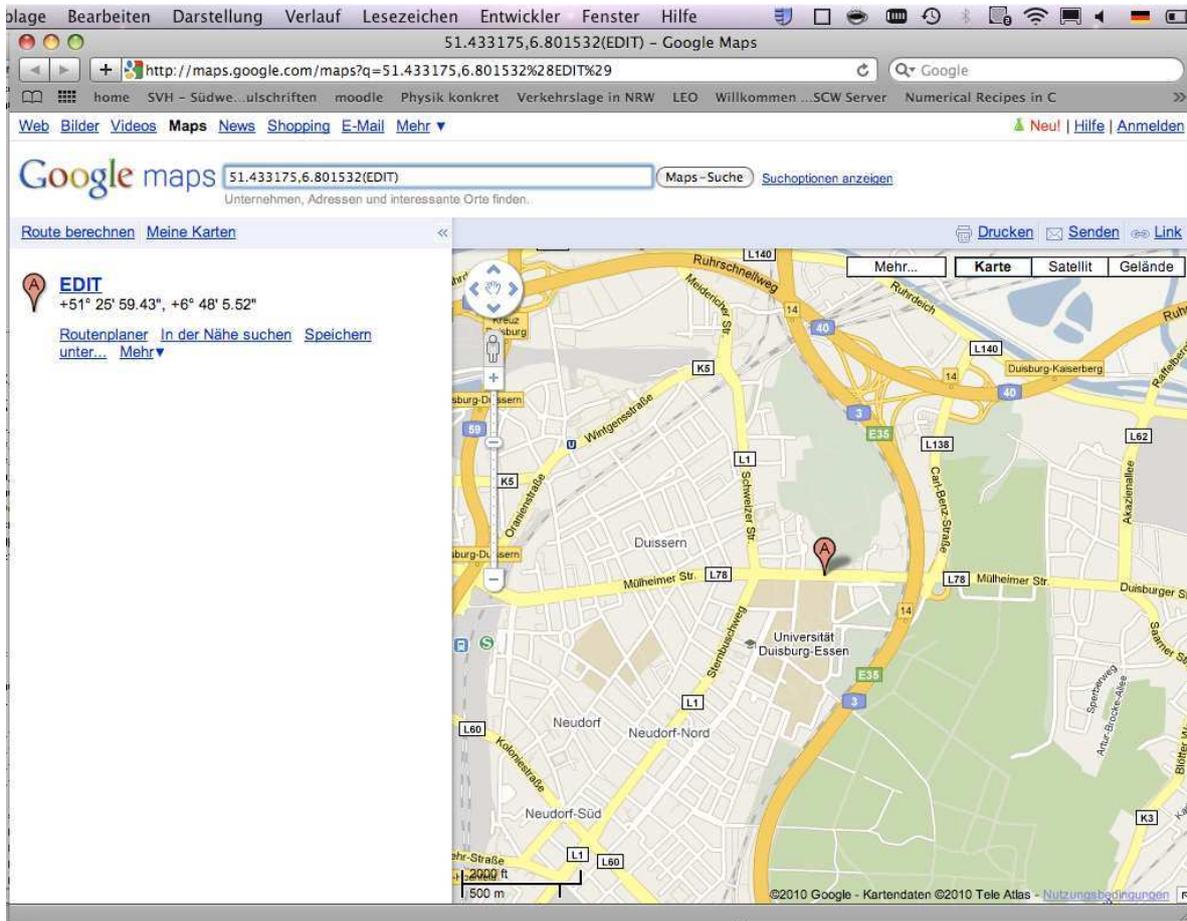


Abbildung 18: Standortangabe (Karte)

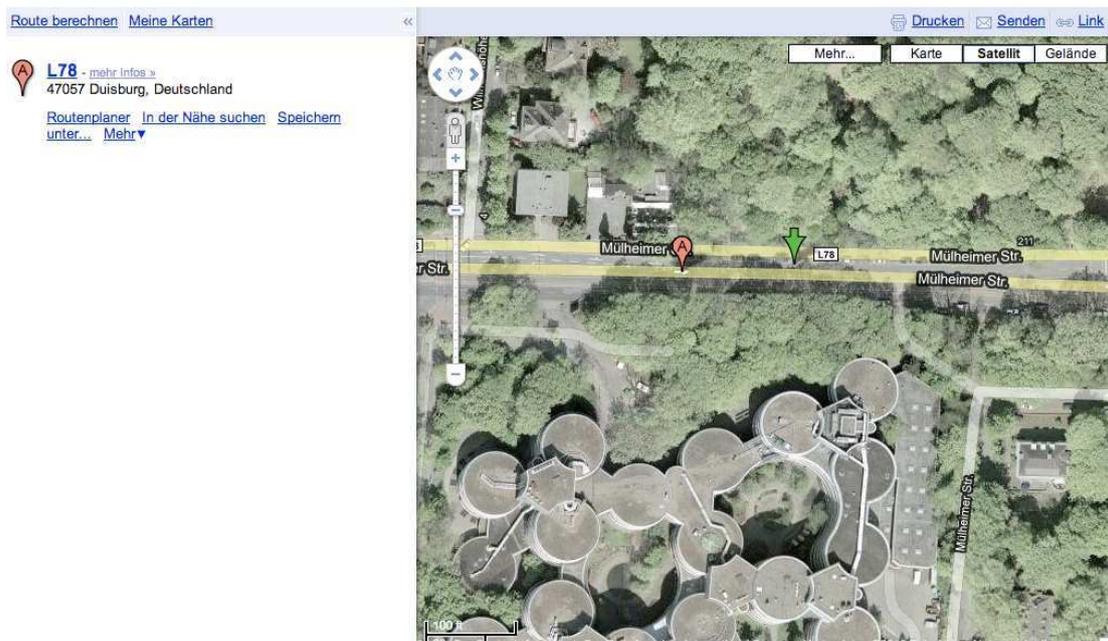


Abbildung 19: Standortangabe (Satellit)

6.5.2 Flugprüfung des Moduls (Sendehöhen, Empfang)

Zur Weiteren Erprobung des Systems ist dieses während der Autofahrt zum Flughafen Essen Mülheim eingeschaltet worden, die bereits auf Koordinaten umgerechneten Daten wurden ausgegeben und schließlich in Google Earth eingefügt.

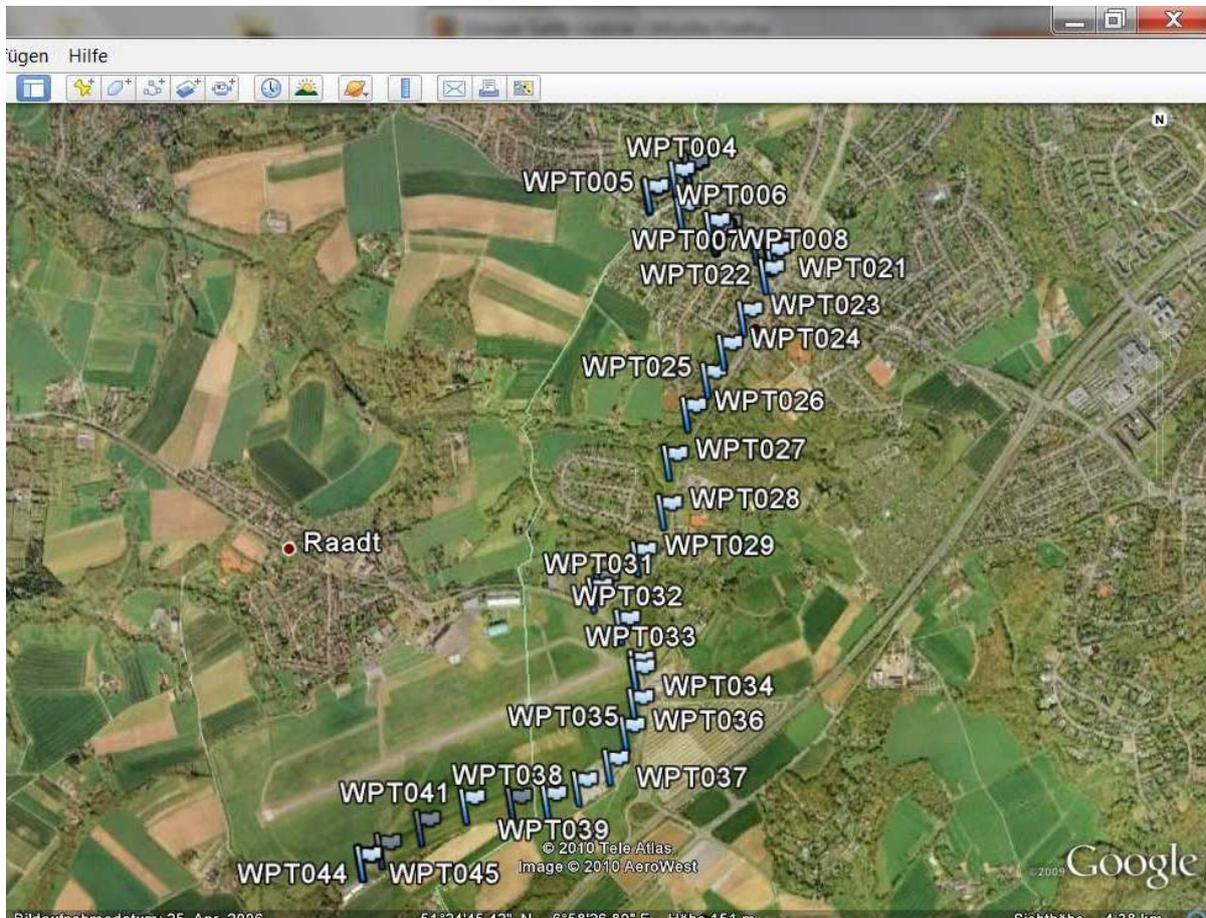


Abbildung 20: Wegverfolgungstest

Der Signaltimer des Quellprogramms wurde auf 30s eingestellt, somit wurde alle 30s ein Waypoint via GPS gesetzt. Da bei einer Autofahrt die Durchschnittsgeschwindigkeit bei ca. 35km/h liegt und die Dichte der WP's ausreichend ist, soll das Intervall für die Flugversuche ebenfalls auf 30s gesetzt werden.

Um einen abschließenden Funktionscheck durchzuführen, wurde ein Messflug durchgeführt bei welchem alle Funktionen des Systems in unterschiedlichen Höhen getestet wurden.



Abbildung 21: Messflug 1



Abbildung 22: Messflug 2

7 Berechnungsmodelle

Die Frage, welche auftrat, nachdem die Internetrecherche beendet war, war selbstverständlich diese:

Wie haben die Hersteller der Skylaternen Ihre Daten zur Flughöhe und Flugzeit Ihrer Produkte bekommen?

Da auf Email bzw. Telefonanfragen nach Fakten über die Herkunft der Daten keinerlei qualifizierte Antwort zu bekommen war, gehen wir davon aus, dass die sogenannten Leistungsdaten der Hersteller einfach nur grobe Schätzungen sind, welche bei Beobachtungen entstanden sind.

Um nun diese Fakten zu belegen bzw. zu widerlegen, wurde durch zur Hilfenahme der Physik, der Thermodynamik und der Chemie, für das jeweilige Problem ein Berechnungsmodell erstellt, um in Abhängigkeit der gemessenen Daten eine theoretische Aussage treffen zu können.

7.1 Herleitung einer Methode zur Bestimmung der Brenndauer

Die Brenndauer eines bestimmten Materials unterliegt sehr vielen verschiedenen Faktoren, sodass es nicht möglich ist diese durch eine einfache Messung soweit zu verstehen, dass eine Berechnung möglich wäre. Aus diesem Grund muss man eine Verbrennungsreaktion immer kinematisch betrachten, vermessen und mitteln, um eine ungefähre Aussage über die Brenndauer sowie deren Charakteristik treffen zu können.

Aufgrund dessen wurde zur Vermessung der Verbrennung eine Feinwaage benutzt, welche über eine Schnittstelle mit einem PC verbunden ist. Dieser Aufbau ermöglicht eine genaue Messung der Gewichtsabnahme durch Verbrennung über die Zeit, welche Ergebnisse schließlich in ein Diagramm eingetragen wurden.



Abbildung 23: PC Schnittstelle zur Datenaufnahme

Diese Messung der Gewichtsabnahme wurde schließlich drei Mal wiederholt, um ein Gefühl für die Ähnlichkeit der Verbrennprozesse zu bekommen. Die Kurvenverläufe sind mit einer sehr starken Ähnlichkeit behaftet, sodass man davon ausgehen kann, dass sich weitere Verbrennungsexperimente ähnlich verhalten.

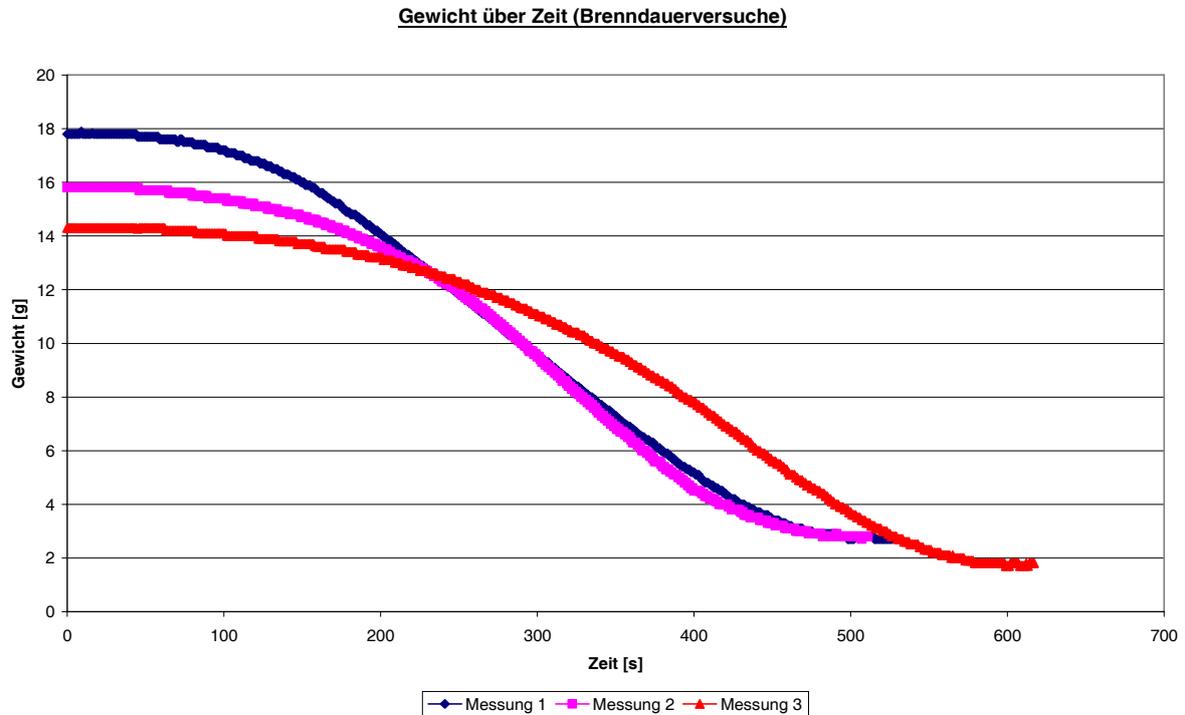


Abbildung 24: Brenndauer

Bei genauer Betrachtung der Kurven erkennt man die Ähnlichkeit der Verläufe sehr gut, diese Verläufe lassen sich in 3 verschiedene Phasen einteilen, die Anzündphase (Phase I), die Brennphase (Phase II) und in die Abklimmphase (Phase III).

Nun folgen die Beschreibungen der einzelnen Brennphasen des Brennstoffes, um die Vorgänge etwas mehr zu beleuchten.

Phase I:

Als Phase I des Verbrennprozesses bezeichnet man die Anzündphase des Brennstoffes, um eine möglichst realitätsnahe Ausgangssituation zu erzielen, wurde das Brennpad mit Draht an dem dafür vorgesehenen Loch befestigt. Anschließend wurde der Aufbau in eine hitzebeständige Schale gestellt und auf der Waage positioniert.

Nach dem Anzünden an einer Ecke des Brennpads kann man gut beobachten, dass die Flamme einige Zeit benötigt, um sich über das gesamte Pad auszubreiten. In dieser Zeit steigt die Menge des verbrannten Gewichts langsam an und bildet einen exponentiellen Verlauf der Kurve, wie auch im Diagramm 5 zu erkennen ist.



Abbildung 25: Anzünden (Phase I)

Phase II:

Als Phase II des Verbrennprozesses wird die konkrete Brennphase bezeichnet, wo das gesamte Pad in Brand steht und der Gewichtsverlust über der Zeit als linear angenommen werden kann.



Abbildung 26: Vollständiges Verbrennen (Phase II)

Phase III:

Als Phase III des Verbrennprozesses bezeichnet man die Abklimmphase, bei welcher der Brennstoff langsam zur Neige geht und die Flamme schließlich aufgrund von Brennstoffmangel erlischt. Während dieses Vorgangs verläuft die Kurve wiederum exponentiell, wie man in der Abbildung 23 gut erkennen kann.



Abbildung 27: Abklimmbereich (Phase II)

Um nun aus diesen drei Kurven eine Möglichkeit zur Berechnung der Brenndauer eines solchen Brennpads zu finden, wurden die einzelnen Werte der drei Phasen pro Messung gemittelt, um eine höchstmögliche Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Berechnung zu erreichen.

Diese Mittelwerte der einzelnen Messungen wurden wiederum Phasenweise zusammengerechnet und gemittelt, dies ist eine Näherungsmethode, wie sie häufig bei nicht genau bestimmbareren Problemen angewendet wird. Somit steigt mit der Anzahl der Näherungen die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit der Mittelung. Für diesen Versuch wurde es bei 3 Mittelungen belassen, da dies für eine erste Einschätzung völlig ausreichend ist.

Für die durchgeführten Versuche ergaben sich die in Abb. 27 dargestellten Messwerte:

Messung				
1	Verbranntes Gewicht		Prozentuale Verbrennung	Brenndauer /%
	0,0237 g/s		84,8315 %	0,1613 s
2	Verbranntes Material		Prozentuale Verbrennung	Brenndauer /%
	0,0267 g/s		82,2785 %	0,1610 s
3	Verbranntes Material		Prozentuale Verbrennung	Brenndauer /%
	0,0227 g/s		87,4126 %	0,1417 s
	Verbrennungsgeschwindigkeit		Anteil an Verbranntem Gewicht	Brenndauer /%
Mittelwerte	0,0244 g/s		84,8408 %	0,1547 s

Abbildung 28: Tabelle Messergebnisse

Durch die Mittelung der einzelnen Messwerte erhielt man brauchbare Werte, mit welchen man nun eine Berechnung durchführen kann.

Wird nun das Startgewicht des Brennpads als Ausgangswert angenommen, geht man davon aus, dass ca. 84,84% des Startgewichts verbrennen, bei einer Geschwindigkeit von 0,0244g/s. Also wird das prozentuale Gewicht durch die Geschwindigkeit dividiert, was wiederum die Brenndauer ausgibt. Im nächsten Diagramm wurden die Gewichte von 20 Brennpads mit dieser Methode verrechnet, um einen Rückschluss auf die prozentualen Anteile, welche sich bei der Internetrecherche ergeben haben, zu ziehen.

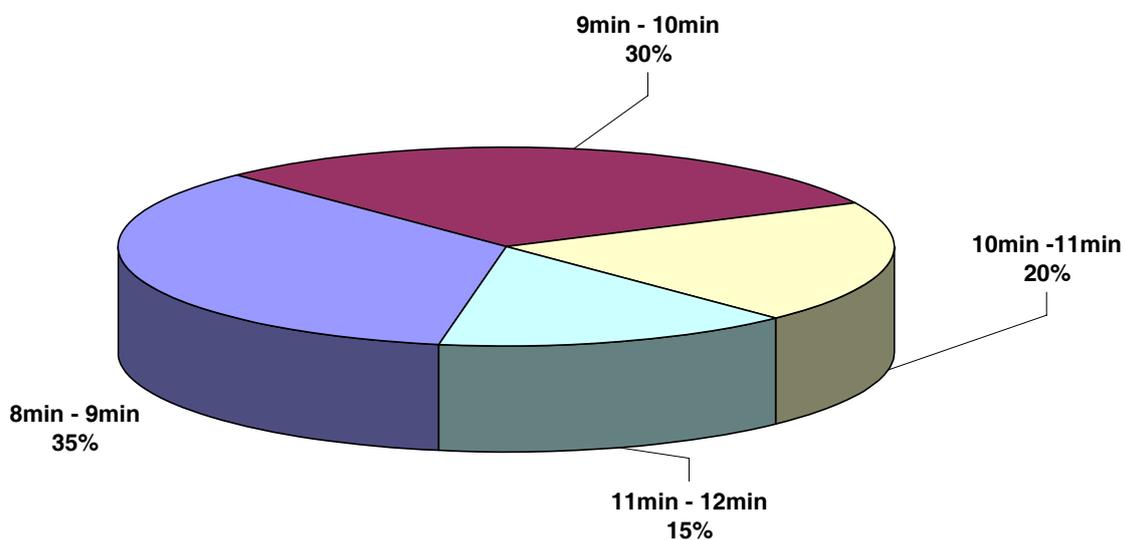


Abbildung 29: Prozentuale Auswertung der berechneten Werte

Wie aus dem Diagramm 6 hervorgeht, stimmt der größte Teil der Herstellerangaben mit den Berechnungen überein. Allerdings sind Brenndauern von über 15min mit den im Internet beschriebenen Skylaternen nicht möglich, da die Auftriebskraft des Ballons, das Gewicht des Materials und des Brennstoffes, welche für eine solche Brenndauer nötig wäre, nicht ausgelegt ist.

7.2 Herleitung einer Methode zur Bestimmung der Flughöhe

In den folgenden Versuchen wurden an den preislich unterschiedlichen Skylaternen der Auftrieb und die im inneren herrschenden Temperaturen untersucht. Dabei wurde eine Angelschnur an der Spitze der Skylaterne befestigt, das andere Ende der Angelschnur an einer 2,30m hohen Decke. Dieser Versuch wurde in einer Garage durchgeführt, d.h. unter idealen Bedingungen (ohne Windeinfluss). Die Temperaturen wurden mit einem Digitalthermometer des Typs DST-K5 Klimatherm aufgenommen.

Versuch I (mittelteure Skylaterne):

Nach Entzündung des Brennpads, dauert es eine Weile, bis das Pad richtig zu brennen anfängt, die Temperatur steigt während dessen nur sehr langsam an.



Abbildung 30: Skylaterne bei nicht vollständig brennendem Pad

Bei vollständig brennendem Pad steigt die Temperatur und der Auftrieb rasant an. Die Endtemperatur, die dabei erreicht wurde, betrug 198,76 °C.



Abbildung 31: Skylaterne bei vollständig brennendem Pad

Dabei war zu erkennen, dass bei der mittelteuren Skylaterne die Außenhaut etwas verkohlte, aber nicht zu brennen anfang (siehe Abbildung 10). Die Drähte, die für die Halterung der Brennpads zuständig sind, waren mit einer Kunststoffschicht beschichtet. Bei vollständig brennendem Pad fing der Kunststoff auch zu brennen an (siehe Abbildung 11).



Abbildung 32: Verkohlte Skylaterne



Abbildung 33: Skylaterne mit brennender Kunststoffschicht



Abbildung 34: Erloschenes Brennpad

Versuch II (preisgünstigste Skylaterne):

Bei der preisgünstigen Skylaterne dauert das Anzünden der Brennpads genau solange wie bei der mittelteuren Skylaterne. Die Temperatur stieg am Anfang sehr langsam und nach einigen Minuten (bei vollständig brennendem Pad) sehr schnell an. Die Endtemperatur die dabei erreicht wurde lag bei 203,96 °C.



Abbildung 35: Skylaterne nach dem Anzünden

Bei der preisgünstigen Skylaterne hatten die Drähte, die für die Halterung des Brennpads zuständig waren, keine Kunststoffschicht, somit hatte man hier nicht das Problem, dass die Halterung in Flammen aufging. Die Außenhaut der Skylaterne bestand aus Pergamentpapier, bei Erreichen der Endtemperatur fing die Skylaterne plötzlich zu brennen an ohne äußere Einflüsse!



Abbildung 36: Brennende Skylaterne



Abbildung 37: Vollständig verbrannte Skylaterne

Die Flughöhe einer Skylaterne unterliegt streng genommen den physikalischen und thermodynamischen Gesetzen und sollte somit berechenbar sein. Um nun eine solche Berechnung durchführen zu können, müssen verschiedene Größen zunächst einmal ermittelt werden. Diese Größen sind: [7], [8]

- Volumen der Skylaterne
- Temperatur im Inneren der Skylaterne
- Gewicht der Skylaterne (Material + Brennstoff)
- Umgebungstemperatur
- Normaler Umgebungsdruck
- Standard Atmosphäre
- Individuelle Gaskonstante trockene Luft
- Individuelle Gaskonstante Wasserdampf

Um die Temperatur im Inneren der Skylaterne zu bestimmen, wurden mehrere Messversuche durchgeführt.

Um die theoretische Flughöhe zu bestimmen, ging man wie folgt vor:

Zunächst wurde die Dichte der Umgebungsluft bestimmt, um diese später weiter zu verrechnen:

$$\rho_{Umgebung} = \frac{P_{Umgebung}}{R \cdot \vartheta_{Umgebung}} \quad \text{(Formel 7-1)}$$

Nun ist es möglich, mit Hilfe von Formel 7-4 die Dichte im Inneren des Ballons zu bestimmen:

$$\rho_{Ballon} = \frac{P_{Umgebung}}{R_f \cdot \vartheta_{Ballon}} \quad \text{(Formel 7-2)}$$

Die Gewichtskraft, welche auf den Ballon wirkt, berechnet sich wie folgt:

$$F_{\text{Gewicht}} = m \cdot g \quad \text{(Formel 7-3)}$$

Um die Auftriebs bzw. Abtriebskraft zu berechnen, nutzt man folgende Formel:

$$F = \rho \cdot g \cdot V \quad \text{(Formel 7-4)}$$

Die resultierende Gesamtkraft wird wie folgt gebildet:

$$F = F_{\text{Auftrieb}} - F_{\text{Abtrieb}} - F_{\text{Gewicht}} \quad \text{(Formel 7-5)}$$

Nun kann die resultierende Gesamtkraft in eine Dichte umgerechnet werden, welche man schließlich über die Barometrische Höhengleichung mit der Dichte der Luft in steigender Höhe vergleichen kann:

$$\Delta\rho = \frac{F}{g \cdot V} \quad \text{(Formel 7-6)}$$

Da nun der Dichteunterschied in Abhängigkeit von der Höhe steht, sollte neben dem Druck der Umgebung und dem Standardatmosphärendruck noch die allgemeine Temperaturabnahme über die Höhe mit eingerechnet werden (diese beträgt 0,65K/100m).

Höhe [m]	Temp(h) [K]	Druck(h) [Pa]	Dichte Luft(h) [kg/m³]	delta_Dichte [kg/m³]
0	293,15	101800,0000	1,2097	0,0000
10	293,09	101681,4398	1,2086	0,0011
20	293,02	101562,9913	1,2074	0,0023
30	292,96	101444,6547	1,2063	0,0034
40	292,89	101326,4297	1,2052	0,0046
50	292,83	101208,3163	1,2040	0,0057
60	292,76	101090,3143	1,2029	0,0068
70	292,70	100972,4239	1,2018	0,0080
80	292,63	100854,6447	1,2006	0,0091
90	292,57	100736,9769	1,1995	0,0102
100	292,50	100619,4202	1,1984	0,0114

Abbildung 38: Tabelle der Barometrischen Höhengleichung (Beispielhaft)

Das errechnete $\Delta\rho$ der Auftriebskraft des Ballons wird nun mit dem $\Delta\rho$ der Höhengleichung abgeglichen, bei einer Übereinstimmung kann man nun sagen, dass die Skylaterne bei der gegebenen Temperatur bis zu dieser Höhe steigen würde. Bei der Berechnung sind aufgrund der Komplexibilität der Aufgabe, die Wärmeübergänge und der Gewichtsverlust vernachlässigt worden.

Um nun zu verdeutlichen das der Faktor Temperatur bei der Flughöhe der Skylaterne die wichtigste Rolle spielt, wurde in der folgenden Beispieltabelle die Flughöhe der Skylaterne in Abhängigkeit von der Temperatur aufgezeigt:

Temp [°C]	Höhe [m]	Temp [°C]	Höhe [m]
9	700	20	340
10	680	21	300
11	640	22	270
12	610	23	230
13	580	24	200
14	540	25	160
15	510	26	130
16	470	27	90
17	440	28	50
18	410	29	20
19	370	30	0

Abbildung 39: Tabelle Temperaturabhängigkeit der Flughöhe

Hier wird deutlich, dass es für die Flughöhe der Skylaternen theoretisch rechnerische Grenzwerte gibt, welche durch die Dichteänderung der Atmosphäre und der Heizleistung des Brennstoffes begrenzt sind.

Flughöhe in Abhängigkeit von der Temperatur

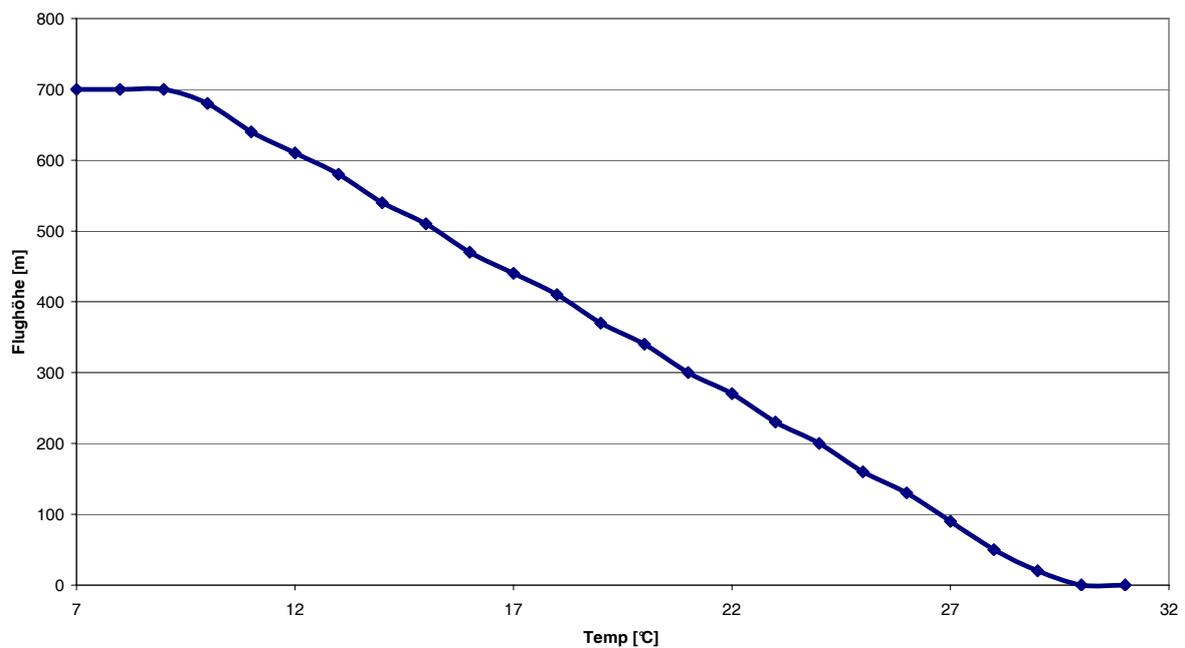


Abbildung 40: Flughöhe in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur

Dieses Höhenspektrum deckt sich sehr gut mit den aus der Internetrecherche bekannten Höhenangaben der Hersteller, dies deutet auf die Brauchbarkeit dieser Berechnungsmethode hin.

8 Dokumentation der durchgeführten Versuche

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der durchgeführten Experimente genau dokumentiert. Bei den Experimenten handelt es sich um die unter Punkt 5 beschriebenen Vorgehensweisen, welche anhand der Problemanalyse erarbeitet wurden.

8.1 Untersuchung eines Skylaternenflugs

Die Versuche zur Untersuchung des Steigflugs einer Skylaterne wurden auf einem freien Feld in Mülheim an der Ruhr durchgeführt, da man dort die geringste Gefährdung für die Bevölkerung bei Durchführung der Versuche hatte. Des Weiteren bietet dieses Feld, dadurch dass es in der Nähe der Ruhr befindet und somit in einem kleinen Tal liegt, einen zusätzlichen Windschutz in Bodennähe.

Die Versuche wurden an mehreren Tagen durchgeführt, um unterschiedliche Umweltbedingungen beobachten zu können. Mit den gesammelten Daten konnten, die verschiedenen Theorien bewertet und auf Plausibilität überprüft werden.



Abbildung 41: Startversuch einer Skylaterne

Schon nach den ersten Flugversuchen hat sich herauskristallisiert, dass der Wind die größte Gefahr für den Start einer Skylaterne darstellt. Bei Windstille ließen sich die Ballone gut entfalten und blieben ohne größere Probleme beherrschbar. Es ist gut möglich, das Brennpad zu entzünden und gleichzeitig das Zusammenfallen des Ballons solange zu verhindern, bis dieser sich mit genügend heißer Luft gefüllt hat, um eine ausreichende Eigenstabilität zu erreichen.

Nachdem dieser Punkt erreicht ist, beginnt die Skylaterne langsam Auftrieb zu entwickeln, bis sie schließlich abhebt. Anschließend erfolgte der Aufstieg folgendermaßen.



Abbildung 42: Skylaterne nach dem Start

Der Flugkörper gewann erst sehr langsam an Höhe. Dieser langsame Aufstieg dauerte ca. 45s und ging bis in eine Höhe von geschätzten 50m. Ab diesem Punkt war es gut zu beobachten, wie sich der Aufstieg der Skylaterne stark beschleunigte, der Ballon gewann zunehmend schneller an Höhe. Diese Phase des Aufstiegs dauerte ca. 1,5min lang an und brachte die Laterne auf eine geschätzte Höhe von 300m.

Als Referenz für diese Schätzung gilt die Platzrundenhöhe des Anfluges vom Flughafen Essen Mülheim. Die Maschinen fliegen parallel zur Startstelle der Skylaternen in einer Höhe von 1200ft (über GND) was ca. 380m entspricht. Da die Ballone optisch nur knapp unter den Flugzeugen waren, wurde die Flughöhe auf 300m geschätzt.



Abbildung 43: Skylaterne auf Gipfelhöhe

Während des Aufstieges wurde die Skylaterne von diversen Windböen getroffen, was beim ersten Versuch zu einem unkontrollierten Flugzustand mit dem daraus resultierenden Absturz führte.



Abbildung 44: Auftreten einer Windböe

Die Windböe war so stark, dass sie die Skylaterne eindrückte, wodurch warme Luft entweichen konnte, was wiederum zum Auftriebsverlust und schließlich zum Absturz führte.



Abbildung 45: Absturz einer Skylaterne

Die dabei größte Gefahr ist, dass das Brennpad nicht erlischt sondern unvermindert weiter brennt, was zum Entzünden der Skylaterne sowie zum Entzünden der Umgebung führen kann.

Um das Berechnungsbeispiel zu überprüfen, wurde die Tagestemperatur sowie der Luftdruck in das Excelsheet eingegeben. Die Tagestemperatur betrug 20°C bei einem Luftdruck von 1010hPa.

	A	B	C	D	F
1	Flughöhenbestimmung Skylaterne				
2					
3	Skylaterne	Volumen	0,184 m³		
4		Temp_i	473,15 K		
5		Gewicht	0,078 kg		
6					Temperatur in °C
7	Umwelt	Temp_a	293,15 K		20
8		Druck_a	101000 Pa		Flughöhe in m
9		Standart_atm	101300 Pa		310
10	Gaskonstante Luft	R1	287,058 J/kg*k		
11	Gaskonstante Wasserdampf	Rw	461 J/kg*k		
12	Dichte der Luft	rho_l	1,20022266 kg/m³		
13	Manus Gleichung				
14		pd	657,218958 Pa		
15					
16	Weil nicht nur trockene Luft Rf berechnen				
17		Rf	287,906409 J/kg*k		
18					
19	Dichte im Ballon	rho_i	0,74143178 kg/m³		
20					
21	Abtriebskraft Ballon	F_ab	1,33831402 N		
22					
23	Auftriebskraft Ballon	F_auf	2,1664499 N		
24					
25	Gewichtskraft Ballon	F_gewicht	0,76518 N		
26					
27	Gesamtkraft	Fg	0,06295589		
28					
29	Delta rho	delta_rho	0,03487783 kg/m³		
30					
31	Flughöhe	h	310 m		
32					
33					
34					
35					

Abbildung 46: Auszug aus der Berechnungsdatei

Somit stimmt die berechnete Höhe mit der geschätzten beinahe überein, was beiden Annahmen noch mehr Gewicht verleiht.

Um die in den ersten Freiflugversuchen gewonnenen Erkenntnisse noch zu untermauern bzw. zu bestärken, wurden weitere Versuche unternommen, von denen nun noch ein weiterer genauer beschrieben wird.

Bei diesem Versuch wurde eine Skylaterne aus dem niedrigen Preissegment verwendet, um eventuelle Material und Qualitätsunterschiede sowie ihre Auswirkungen auf das Steigverhalten der Ballone zu untersuchen.

Auch bei diesem Versuch war die Startphase einer der kritischsten Momente, da es bei diesen günstigen Skylaternen unbedingt zu verhindern gilt, dass die Flamme des Brennpads die Außenhaut berührt.



Abbildung 47: Skylaterne kurz nach dem Start

Nach dem Start zeigte sich ein ähnliches Verhalten wie bei dem zuvor beschrieben Versuch: der erste Teil des Aufstiegs erfolgte sehr langsam und beschleunigte erst ab einer Höhe von ca. 50m. Schließlich folgte wieder eine Phase, in welcher die Skylaterne schnell an Höhe gewann.



Abbildung 48: Aufsteigende Skylaterne

Auch bei diesem Versuch erfassten Windböen den Ballon und brachten diesen in ein gefährliches Schwanken. Der Wetterdienst sagte für diesen Tag eine Temperatur von 18°C und eine Windstärke von 0 bis 1 voraus. Durch Erfahrungen, welche bei diesen Versuchen gesammelt wurden, sind dies die grenzwertigen Wetterbedingungen für einen sicheren Start von Skylaternen. Sobald die Böen stärker werden riskiert man eine Entzündung der Außenhaut oder einen unkontrollierten Absturz.



Abbildung 49: Skylaterne trifft auf eine Windböe 1



Abbildung 50: Skylaterne trifft auf eine Windböe 2

Die Gipfelhöhe der Skylaterne betrug bei diesem Flug geschätzte 350m, dies konnte wieder an den Flugzeugen im Platzverkehr von Essen Mülheim festgemacht werden.

8.2 Untersuchung des Flugverhalten einer mit Schnur gefesselten Skylaterne

Die Versuche zur Untersuchung des Flugverhaltens einer mit Schnur gefesselten Skylaterne wurden ebenfalls auf einem freien Feld in Mülheim an der Ruhr durchgeführt.

Dies bot den Vorteil, dass die Windeinflüsse nicht zu stark den Versuch beeinträchtigen, da schon bei vorangegangenen Versuchen eine starke Windempfindlichkeit festgestellt wurde.

Die Versuche wurden an mehreren Tagen durchgeführt, um unterschiedliche Umweltbedingungen beobachten zu können. Mit den so gesammelten Daten konnte man verschiedene aufgestellte Theorien bewerten und auf Plausibilität vergleichen.

Bei den Fesselballonversuchen wurde eine Skylaterne an einer Angel befestigt, da diese eine extrem leichte und lange Schnur besitzt.



Abbildung 51: Skylaterne mit Angelschnur

Diese Skylaterne stammte aus dem mittleren Preissegment und verfügt über eine Außenhaut aus schwerentflammbarem Papier.

Nachdem Entzünden der Skylaterne begann diese langsam abzuheben, allerdings beginnt der Ballon auch bei leichtem Wind sofort abzudriften. Somit erfordert ein solcher Aufstieg eine große freie Fläche.



Abbildung 52: Abdriftende Skylaterne mit Angelschnur 1



Abbildung 53: Abdriftende Skylaterne mit Angelschnur 2

Die Abdriftgeschwindigkeit der Skylaterne wurde mit steigender Höhe immer größer.

Nach dem Erreichen des Schnurendes, gerät die Skylaterne außer Kontrolle. Es war ein Aufschaukeln zu beobachten.



Abbildung 54: Fesselballon außer Kontrolle 1

Diesem Aufschaukeln folgt schließlich aufgrund des Verlusts von warmer Luft der Absturz.



Abbildung 55: Fesselballon außer Kontrolle 2

Wie man hier deutlich erkennen kann, ist die Neigung so stark, dass die Flamme des Brennpads die Außenhülle berührt. Dies kann bei preisgünstigen Materialien zum Entzünden der Außenhaut führen, wie durch den Temperaturmessungsversuch deutlich geworden ist.



Abbildung 56: Abgestürzte Skylaterne

Auch bei diesem Absturz ist das Brennpad der Skylaterne nicht erloschen, was beim Auftreffen auf brennbares Material zu einem Feuer führen kann.



Abbildung 57: Erlöschene Skylaterne 1

Nach dem Erlöschen der Skylaterne sind deutliche Spuren von Verbrennungen an der Außenhaut erkennbar.



Abbildung 58: Erlöschene Skylaterne 2

Um dieses Verhalten und die Neigung zu unkontrollierten Abstürzen genauer zu untersuchen, wurden noch mehr Versuche gestartet, wobei ein Versuch besonders herausragte.

Für diesen Versuch wurde bewusst ein Tag mit nicht idealen Wetterbedingungen gewählt, um die zuvor beobachteten Effekte genauer zu sehen.

An diesem Tag herrschten Windstärken von 1 bis 2 und eine Temperatur von 17°C.

Der Start der Skylaterne gestaltete sich durch die Windböen sehr schwierig, da ständig, wenn sich der Ballon mit warmer Luft füllte, eine Windböe diese wieder herausdrückte. Bis der Ballon dann schließlich doch abheben konnte, brauchte es einige Versuche.



Abbildung 59: Start Skylaterne

Nach dem Abheben wurde die Skylaterne sofort sehr schnell vom Wind abgetrieben und gewann nur sehr langsam an Höhe.



Abbildung 60: Abtreibende Skylaterne 1

Durch die Böen wurde die Skylaterne stark herumgeschüttelt.



Abbildung 61: Abtreibende Skylaterne 2

Durch die heftigen hin und her Bewegungen und die Schräglage brannten sich Löcher in die Außenhaut.



Abbildung 62: Abtreibende Skylaterne 3

Durch das Zusammendrücken und die Brandlöcher entwich schließlich soviel Luft, dass die Skylaterne zu Boden sank.



Abbildung 63: Abstürzende Skylaterne 1



Abbildung 64: Abstürzende Skylaterne 2

Aber auch hier brannte das Brennpad einfach weiter, als der Ballon auf den Boden sank.



Abbildung 65: Abstürzende Skylaterne 3

Als Fazit aus diesen Versuchen geht klar hervor, dass Skylaternen in keinem Fall als Fesselballone geeignet sind. Diese Flugkörper sind sehr windempfindlich und besitzen nicht genug Strukturstabilität, um Böen zu trotzen. Ist einmal warme Luft entwichen, kommt es relativ schnell zum Absturz, hierbei brennt das Pad weiter, was beim Auftreffen auf den Boden zu Bränden führen kann.

Ebenso kann bei preisgünstigen Modellen die Außenhaut aus brennbaren Materialien bestehen, diese würde sich bei zu starker Schräglage entzünden, was wiederum zum Absturz führen würde.

8.3 Brennbarkeitsversuche an Skylaternen

Um nun noch die Materialunterschiede zu verdeutlichen, wurde die Außenhaut von Skylaternen bewusst mit Feuer in Kontakt gebracht um diese auf Entzündbarkeit zu prüfen.



Abbildung 66: Brennbarkeitsprobe 1

Bei diesem Beispiel wurde eine Skylaterne aus dem mittleren Preissegment verwendet, diese ist aus schwer entzündlichem Material und fängt kein Feuer.



Abbildung 67: Brennbarkeitsprobe 2

Wird nun eben derselbe Test mit einer Preisgünstigen Skylaterne durchgeführt, fängt diese sofort Feuer und brennt komplett aus.



Abbildung 68: Brennbarkeitsprobe 3



Abbildung 69: Brennbarkeitsprobe 4

8.4 Flugverfolgung einer Skylaterne

Um den gesamten Flugweg einer Skylaterne zu verfolgen, wurde der im Kapitel 6 beschriebene GPS-Tracker entwickelt. Um das somit zusätzliche Gewicht, welches die Skylaterne bei ihrem Aufstieg belastet auszugleichen, wurde ein Heliumballon eingesetzt.



Abbildung 70: GPS-Wegverfolgung

Wetterdaten zu dem Versuchstag

Durchschnittstemperatur :	20.9°C
Durchschnittliche Feuchtigkeit:	72%
Durchschnittlicher Taupunkt:	15.1°C
Durchschnittlicher Luftdruck:	1006.8 hPa
Durchschnittliche Windgeschwindigkeit:	8.3 km/h
Durchschnittliche Windspitzen:	11.1 km/h
Durchschnittliche Windrichtung:	222° (SW)
Höchsttemperatur:	27.5°C tag 11 zeit 15:59
Tiefsttemperatur:	15.5°C tag 11 zeit 23:57
Höchstfeuchtigkeit:	94% tag 11 zeit 06:21
Tiefstfeuchtigkeit:	44% tag 11 zeit 17:55
Höchstluftdruck:	1011.1 hPa tag 11 zeit 23:47
Tiefstluftdruck:	1004.6 hPa tag 11 zeit 03:26
Höchstes Windmittel:	16.6 km/h tag 11 zeit 19:55
Höchste Windspitze:	33.3 km/h aus 270°(W) tag 11 zeit 12:18

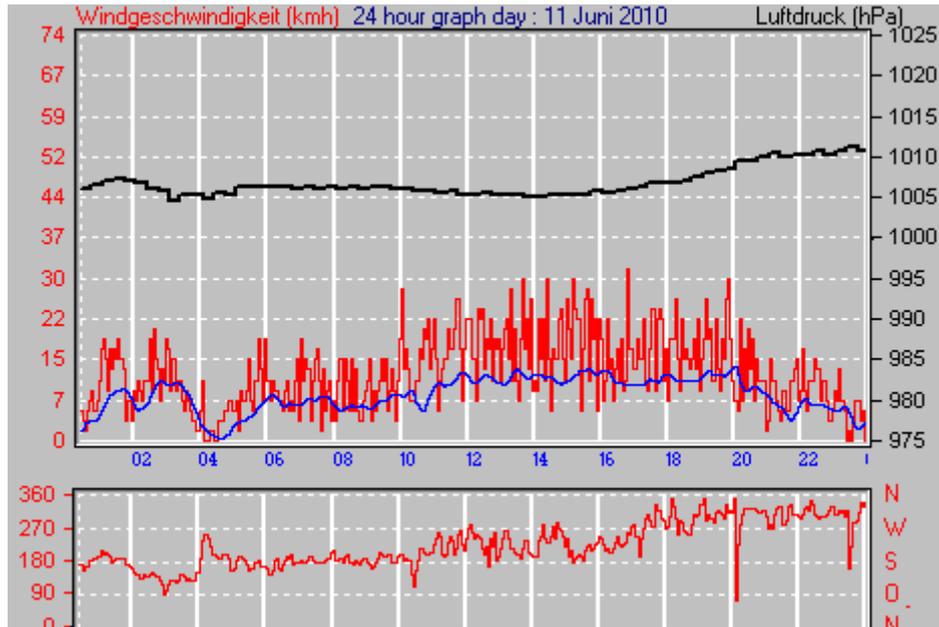


Abbildung 71: Wetterdaten 11.06.2010 Mülheim/Ruhr

Die GPS-Verfolgung ergab folgende Werte:

Flugdauer: 9min
Distanz: 2,5km
Geschwindigkeit: ca. 16,5km/h

Diese Ergebnisse sind allerdings nicht sehr repräsentativ für das Flugverhalten der Skylaternen. Um das Gewicht des Trackermoduls zu kompensieren, musste ein Heliumballon an der Skylaterne befestigt werden.

Dies beeinträchtigt die Flugeigenschaften sehr, da der Ballon dem Wind eine größere Angriffsfläche als die Skylaterne selbst bietet. Des Weiteren war es nicht möglich das Gewicht des Trackers exakt mit dem Heliumballon auszugleichen, was sich wiederum massiv auf die Flugeigenschaften auswirkt, da die Skylaterne selbst nur ein sehr geringes Eigengewicht (ca. 100g) hat.

9 Fazit

9.1 Zusammenfassung der Ergebnisse des Brennbarkeitsversuchs

Die Untersuchungen ergaben, dass bei Skylaternen erhebliche Qualitätsunterschiede vorherrschen, welche sich massiv auf die Sicherheit dieser Flugkörper auswirken. Die Skylaternen aus dem niedrigsten Preisniveau bestehen aus normalem leichtentflammbarem Papier, dieses entzündet sich schon bei kurzem Kontakt mit dem Brennpad, was wiederum zum Abbrennen der Skylaterne führt.

Bei dem mittleren Preisniveau ist die Papierschicht mit einer Art Folie überzogen. Diese Folie sorgt dafür, dass die Außenhülle bei Kontakt mit Feuer nicht in Flammen aufgeht, wie man es dem Kapitel 8.3 entnehmen kann.

9.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Flugversuche

Die Flugversuche ergaben folgende Ergebnisse: Bei der Betrachtung des Steigfluges einer Skylaterne konnte man beobachten, dass die Umweltbedingung massiven Einfluss auf den Versuch nehmen. Der Start einer solchen Laterne ist nur bei nahezu kompletter Windstille sicher durchzuführen, da beim Auftreffen von Windböen die warme Luft aus der Hülle gedrückt wird, was zum Abbrennen oder zu Abstürzen führt.

Die Versuche, welche bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt wurden, zeigten, dass die Skylaterne nur in einem gewissen Temperaturbereich zu verwenden ist. Die Temperaturmessungen ergaben, dass unabhängig von der Außentemperatur, die Temperatur in der Skylaterne maximal auf 200°C ansteigt. Da die Skylaterne ein Temperaturdelta zum Fliegen nutzt, sollte man diese nicht bei einer Außentemperatur von über 30°C betreiben.

Der Flugversuch mit dem GPS-Tracker ergab, dass sich eine Skylaterne 2,5km mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 16,5km/h mit der Windrichtung bewegt. Diese Ergebnisse sind nicht repräsentativ, da die Einflussnahme des Ballons und das Gewicht des Trackers, die Ergebnisse zu stark verfälschen.

Um eine korrekte Aussage über den Flugverlauf einer Skylaterne zu bekommen, müsste man diese mit optischen Systemen, wie sie bis vor einigen Jahren noch vom Deutschen Wetterdienst verwendet wurden, verfolgen. Dies ist sehr aufwendig und erfordert eine gewisse Erfahrung mit diesem System, ist allerdings vermutlich nach die einzige Möglichkeit, um an korrekte Messwerte zu kommen.

Abschließend kommt man zu dem Ergebnis, dass Skylaternen sehr wetteranfällig und je nach Material auch brandgefährlich sind. Sie können brennend vom Himmel fallen und dabei Wälder, Häuser, oder Felder entzünden und so zu schlimmen Folgen führen.

9.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Fesselballonversuche

Zusammenfassend kommt man bei den Fesselballonversuchen zu dem Ergebnis, dass Skylaternen keineswegs zu dieser Verwendung geeignet sind. Bei allen durchgeführten Versuchen geriet die Skylaterne beim Erreichen des Endes der Schnur, außer Kontrolle und stürzte zu Boden. Dies geschah auch schon bei kleinsten Windeinflüssen.

9.4 Mögliche weitere Versuche

Um die genannten Thesen noch weiter zu untermauern, könnte eine genauere Materialprüfung die Gefahren von Skylaternen näher belegen und statistisch festhalten. Des Weiteren sollte die Reichweite in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit näher untersucht werden. Dies sollte mit einem optischen Messverfahren durchgeführt werden, um jegliche Beeinträchtigung von außen zu vermeiden.

Ebenso könnten noch mehr Flugversuche durchgeführt werden, um die Statistik weiter zu stärken und dem Ganzen noch stärkere Ausdruckskraft zu verleihen.

Es könnten auch die Berechnungsmodelle verfeinert werden, wodurch man in die Lage versetzt würde, durch CFD-Simulation unter Berücksichtigung der Temperaturänderung die Reichweite, sowie die Richtung und Flughöhe in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen zu bestimmen. Dies könnte eventuell den Fluglotsen dabei helfen bei Massenaufstiegen von Ballonen jegliche Begegnung von Flugzeugen und Ballonen zu vermeiden.

10 Literaturverzeichnis

- [1] http://www.telit.com/en/products/gsm-gprs.php?p_id=12&p_ac=show&p=7
Produkt und Programmierungsinformationen zum GPS-Modul GM862-GPS
- [2] http://www.atmel.com/dyn/products/Product_card.asp?part_id=3303
Produkt- Programmierungs- und Belegungsinformationen zum ATMEGA 168
- [3] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/texasinstruments/max232.pdf>
Produkt- und Belegungsinformationen zum MAX232
- [4] Universität Hannover; Die Programmiersprache C. Ein Nachschlagewerk;
16. Auflage; RRZN Verlag Mai 2007
- [5] Universität Hannover; C++ für C-Programmierer; 14. Auflage;
RRZN Verlag April 2008
- [6] Brian W. Kernighan, Dennis Ritchie: *Programmieren in C*, Hanser Fachbuch,
2. Auflage 1990
- [7] Europa Lehrmittel; Taschenbuch Metall; 43 Auflage; Verlag Europa Lehrmittel
- [8] Paul Dobrinski; Physik für Ingenieure; 11. Auflage; Teubener Verlag
- [9] <http://www.stern.de/panorama/himmelslaternen-gefaehrliche-gluehwuermchen-638094.html>; Artikel aus dem Stern
- [10] http://www4.moz.de/index.php/Moz/Article/category/Berlin_Brandenburg/id/313916;
Artikel aus der Märkischen Oberzeitung (Brandenburg Berlin)

11 Anhang

Gesetzliche Regelungen

Wie in jedem Bereich des täglichen Lebens, ist auch die Nutzung des Himmels über Deutschland durch Gesetze reglementiert. Dies hat den Sinn, dass maximale an Sicherheit für den Luftverkehr und die Bevölkerung zu erreichen und doch eine wirtschaftliche Nutzung zu gewährleisten. Darüber hinaus ist in der Produktsicherheitsrichtlinie 2001/95/EG festgelegt, welchem Sicherheitsstandart ein Produkt entsprechen muss, damit es in Verkehr gebracht werden darf.

Insbesondere befassen sich zwei Regelwerke mit dem Luftraum über Deutschland, dies sind zum einem die LuftVG und zum anderen die LuftVO, welche hier ihre Anwendungen finden. Zusätzlich zu diesen Gesetzen, welche man unter dem Dach des Luftfahrtbundesamtes findet, wird auch in der VVB (Verordnung über die Verhütung von Bränden) auf das Thema Skylaterne eingegangen.

Produktsicherheitsrichtlinie 2001/95/EG

Die Produktsicherheitsrichtlinie ist eine EU-weit gültige Richtlinie, in welcher Anforderungen an Produkte festgeschrieben sind. Für die hier zu untersuchenden Skylaternen, ist folgendes von Interesse:

Die zentrale Aussage der Richtlinie ist diese, dass ein Produkt nur in Verkehr gebracht werden darf, wenn es so beschaffen ist, dass bei bestimmter und vorhersehbarer Fehlanwendung, eine Gefährdung für Gesundheit und Sicherheit Dritter nicht gegeben ist.

Reglungen in der LuftVG

Hier werden nun die Artikel des Luftverkehrsgesetzes zitiert, welche die Thematik der Skylaternen berühren:

Die erste wichtige Aussage, welche im LuftVG enthalten ist, besagt, dass Himmelslaternen als Luftfahrzeuge angesehen werden müssen.

§ 1

(1) Die Benutzung des Luftraums durch Luftfahrzeuge ist frei, soweit sie nicht durch dieses Gesetz, durch die zu seiner Durchführung erlassenen Rechtsvorschriften, durch im Inland anwendbares internationales Recht, durch Verordnungen des Rates der Europäischen Union und die zu deren Durchführung erlassenen Rechtsvorschriften beschränkt wird.

(2) Luftfahrzeuge sind:

1. Flugzeuge
2. Drehflügler
3. Luftschiffe
4. Segelflugzeuge
5. Motorsegler

6. Frei- und Fesselballone

7. Drachen
8. Rettungsfallschirme
9. Flugmodelle
10. Luftsportgeräte

11. sonstige für die Benutzung des Luftraums bestimmte Geräte, sofern sie in Höhen von mehr als dreißig Metern über Grund oder Wasser betrieben werden können.

Raumfahrzeuge, Raketen und ähnliche Flugkörper gelten als Luftfahrzeuge, solange sie sich im Luftraum befinden.

Da die Himmelslaterne als Luftfahrzeug definiert wird, unterliegt diese nun der Aufsicht der Luftaufsicht, was im folgenden Artikel festgeschrieben ist:

§ 29

(1) Die Abwehr von betriebsbedingten Gefahren für die Sicherheit des Luftverkehrs sowie für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung durch die Luftfahrt (Luftaufsicht) ist Aufgabe der Luftfahrtbehörden und der Flugsicherungsorganisation. [...]

Reglungen in der LuftVO

Durch die unter Punkt 3.2 gewonnenen Erkenntnisse, ist die Skylaterne nun als Luftfahrzeug definiert und untersteht somit der Luftaufsicht, welche die Nutzung des Luftraums kontrolliert. Im Artikel §15a und §16 der LuftVO, ist festgeschrieben, dass Himmelslaternen sowie ungesteuerte Fluggeräte mit Eigenantrieb, eine Genehmigung für den Aufstieg benötigen bzw. in einem Umkreis von 1,5km um einen Flughafen komplett verboten sind.

§15a Verbotene Nutzung des Luftraums

(1) In einer Entfernung von weniger als 1,5 Kilometern von der Begrenzung von Flugplätzen sind folgende Arten der Nutzung des Luftraums verboten:

[...]

2. der Aufstieg von Feuerwerkskörpern

- a) der Kategorie 2 im Sinne der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz in der jeweils geltenden Fassung in der Zeit vom 2. Januar bis 30. Dezember,
- b) der Kategorien 3, 4, P2 und T2 im Sinne der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz in der jeweils geltenden Fassung, sowie von **ballonartigen Leuchtkörpern (insbesondere von Flug- oder Himmelslaternen) während der Betriebszeit des Flugplatzes,**

3. der Betrieb von Scheinwerfern oder **optischen Lichtsignalgeräten**, insbesondere Lasergeräte, die geeignet sind, den Flugbetrieb an einem Flugplatz zu stören.

(2) Die örtlich zuständige Luftfahrtbehörde des Landes kann Ausnahmen von dem Verbot nach Absatz 1 zulassen, wenn von der beantragten Nutzung des Luftraums keine Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung ausgehen.

(3) Der Betrieb von unbemanntem Luftfahrtgerät im Sinne von § 1 Absatz 2 Nummer 11 des Luftverkehrsgesetzes ist verboten, wenn

1. er außerhalb der Sichtweite des Steuerers erfolgt oder
2. die Gesamtmasse des Geräts mehr als 25 Kilogramm beträgt.

Der Betrieb erfolgt außerhalb der Sichtweite des Steuerers, wenn das Luftfahrtgerät ohne besondere optische Hilfsmittel nicht mehr zu sehen oder eindeutig zu erkennen ist. Die zuständige Luftfahrtbehörde des Landes kann in Gebieten mit Flugbeschränkungen nach § 11 und für den Fall des Betriebs, der nicht über den Flugplatzverkehr eines Landeplatzes hinaus erfolgt, Ausnahmen von dem Verbot nach Satz 1 zulassen, wenn von der beantragten Nutzung des Luftraums keine Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung ausgehen.

[...]

(5) Landesrechtliche Regelungen, die Aufstiege von ballonartigen Leuchtkörpern verbieten, bleiben unberührt.

§ 16

Aufstiege von Ballonen, Drachen, Flugmodellen und Flugkörpern mit Eigenantrieb, Starts und Landungen von Hängegleitern und Gleitsegeln, Außenlandungen mit Sprungfallschirmen

[...]

(2) Fesselballone dürfen nur mit Erlaubnis der örtlich zuständigen Luftfahrtbehörde des Landes aufgelassen werden. Bei Drachen und Schirmdrachen bedarf es dieser Erlaubnis, wenn sie mit einem mehr als 100 m langen Seil gehalten werden. Das Steigenlassen von Drachen oder das Betreiben von Schirmdrachen im Bauschutzbereich von Flughäfen sowie in einer Entfernung von weniger als 3 km von der Begrenzung von Landeplätzen und Segelfluggeländen ist verboten. Die örtlich zuständige Luftfahrtbehörde des Landes kann Ausnahmen zulassen.

(3) Das Halteseil von Fesselballonen sowie Drachen, deren Aufstieg einer Erlaubnis bedarf, ist in Abständen von 100 m bei Tage durch rotweiße Fähnchen, bei Nacht durch rote und weiße Lichter so kenntlich zu machen, dass es aus allen Richtungen von anderen Luftfahrzeugen aus erkennbar ist.

[...]

(7) Der Antrag auf Erteilung der Erlaubnis nach Absatz 5 oder Absatz 6 Satz 1 muss enthalten:

- 1. Anzahl der beabsichtigten Aufstiege,*
- 2. Beschreibung des Flugmodells oder Flugkörpers unter Angabe der Maße, des Startgewichts und der Motorleistung oder der Stärke des Treibsatzes,*
- 3. Art der Steuerung,*
- 4. Aufstiegsort und Zielgebiet,*
- 5. Aufstiegszeit und Flugdauer,*
- 6. bei Flugkörpern voraussichtliche Gipfelhöhe,*
- 7. Nachweis der Haftpflichtdeckung.*

[...]

§ 16a

Besondere Benutzung des kontrollierten Luftraums

(1) Bei Inanspruchnahme des kontrollierten Luftraums ist von der zuständigen Flugverkehrskontrollstelle eine Flugverkehrskontrollfreigabe einzuholen für

[...]

- 2. Aufstiege von Flugmodellen und anderen fern- oder ungesteuerten Flugkörpern mit Eigenantrieb;*
- 3. Aufstiege von unbemannten Freiballonen mit einer Gesamtmasse von Ballonhülle und Ballast von mehr als 0,5 kg sowie Aufstiege von gebündelten unbemannten Freiballonen und Massenaufstiege von unbemannten Freiballonen.*

(2) Verantwortlich für die Einholung der Flugverkehrskontrollfreigabe ist

[...]

- 2. im Falle des Absatzes 1 Nr. 2 der Starter des Flugmodells oder anderen Flugkörpers,*
- 3. im Falle des Absatzes 1 Nr. 3, soweit der Aufstieg eines unbemannten Freiballons betroffen ist, der Starter dieses Ballons, bei Aufstiegen von gebündelten unbemannten Freiballonen und Massenaufstiegen von unbemannten Ballonen, der Veranstalter.*

Reglungen in der VVB

Die VVB ist die die sogenannte Verordnung über die Verhütung von Bränden, somit unterliegt sie dem Länderrecht und ist nicht Bundesweit einheitlich. Der hier zitierte Teil der Verordnung stammt aus der bayrischen Fassung des Dokuments.

§19 Heißluftballone

Es ist verboten, unbemannte Ballone steigen zu lassen, bei denen die Luft mit festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen erwärmt wird.

Allein durch diese Verordnung, kann in Bayern das aufsteigen von Himmelslaternen komplett untersagt werden.



Windstärke-Tabelle

oder auch: Windgeschwindigkeitstabelle

Volker Mattenklott



Windstärke - Tabelle nach Admiral Sir Francis Beaufort (1774-1852)

Bf	Bezeichnung	Windgeschwindigkeit			Auswirkungen des Windes auf die See	Seegang (Stärke)
		kn	km/h	m/sec		
0	still	< 1 Kn	< 1 km/h	0 - 0,2 m/sec	spiegelglatte See	Völlig glatte See (0)
1	leiser Zug	1-3 Kn	1-5 km/h	0,3-1,5 m/sec	kleine, schuppenförmig aussehende Kräuselwellen ohne Schaumkämme	Sehr ruhige See (1)
2	leichte Brise	4-6 Kn	6-11 km/h	1,6-3,3 m/sec	Kleine Wellen, noch kurz aber ausgeprägter, die Kämme sehen glasig aus und brechen sich nicht	Ruhige See (2)
3	schwache Brise	7-10 Kn	12-19 km/h	3,4-5,4 m/sec	Kämme beginnen zu brechen, Schaum überwiegend glasig, ganz vereinzelt kleine weiße Schaumköpfe	Leicht bewegte See (3)
4	kräftige Brise	11-15 Kn	20-28 km/h	5,5-7,9 m/sec	Wellen noch klein, werden aber länger, weiße Schaumköpfe treten ziemlich verbreitet auf	Mäßig bewegte See (4)
5	frische Brise	16-21 Kn	29-38 km/h	9,9-10,7 m/sec	mäßige Wellen mit ausgeprägter langer Form, überall weiße Schaumköpfe, vereinzelt Gischt	Ziemlich grobe See (5)
6	starker Wind	22-27 Kn	39-49 km/h	14,2-15,6 m/sec	Bildung großer Wellen beginnt, Kämme brechen und hinterlassen größere weiße Schaumflächen, etwas Gischt	Grobe See (6)
7	steifer Wind	28-33 Kn	50-61 km/h	13,9-17,1 m/sec	die See türmt sich, der beim Brechen entstehende weiße Schaum beginnt sich in Streifen in die Windrichtung zu legen	Hohe See (7)
8	stürmischer Wind	34-40 Kn	62-74 km/h	17,2-20,7 m/sec	mäßig hohe Wellenberge mit Kämmen von beträchtlicher Länge, von den Kämmen beginnt Gischt abzuwehen	
9	Sturm	41-47 Kn	75-88 km/h	20,8-24,4 m/sec	hohe Wellenberge, dichte Schaumstreifen in Windrichtung, Rollen der See	Sehr hohe See (8)
10	schwerer Sturm	48-55 Kn	89-101 km/h	24,5-28,4 m/sec	sehr hohe Wellenberge mit langen überbrechenden Kämmen, See weiß durch Schaum, Rollen der See schwer und stoßartig, Sicht durch Gischt beeinträchtigt	
11	Orkanartiger Sturm	56-63 Kn	103-117 km/h	28,5-32,6 m/sec	außergewöhnlich hohe Wellenberge, die Kanten der Wellenkämme werden überall zu Gischt zerblasen, die Sicht ist herabgesetzt	Schwere oder gewaltige See (Höchstziffer) (9)
12	Orkan	> 64 kn	> 118 km/h	> 32,7 m/sec	Luft mit Schaum und Gischt angefüllt, See vollständig weiß, die Sicht ist sehr stark herabgesetzt, jede Fernsicht hört auf	



Volker Mattenklott - Goethestraße 14 - D-32427 Minden
t: 00-49-(0)571-8744-0 • f: 8744-6 • w: www.mottl.de • m: volker@mottl.de

Zeitschriftartikel I: Skylaternen im Land verboten

Von Henning Kraudzun

Potsdam (MOZ) Sie sind mittlerweile die Attraktion vieler Hochzeiten oder Geburtstage: Skylaternen, die als feurige Ballons in den Nachthimmel steigen. Nun hat Brandenburgs Innenminister Rainer Speer (SPD) den gefährlichen Spaß gestoppt - mit Verweis auf den Brandschutz.

Von Asien aus war der Trend in den vergangenen Jahren nach Europa geschwappt. In Fernost werden Skylaternen, auch Feuer- oder Himmelslaternen genannt, seit Jahrhunderten in den Himmel geschickt, begleitet von vielerlei Wünschen. Das Prinzip ist einfach: Unter einer Papierhülle wird eine Brennvorrichtung entzündet, die die Luft in der Hülle erhitzt. Dadurch steigt die Laterne empor - bis zu 500 Meter hoch. Im Internet sind die meist in Asien produzierten Ballons für wenige Euro erhältlich.

"Zu gefährlich", findet Innenminister Rainer Speer (SPD) und hat jetzt ein landesweites Verbot für die Laternen verhängt, die am Nachthimmel wie feurige Ufos erscheinen. Eine Rechtsverordnung soll in den nächsten Tagen in Kraft treten. Wer künftig dabei erwischt wird, eine Laterne aufsteigen zu lassen, dem droht ein Bußgeld von bis zu 5000 Euro. "Wir denken, dass dieses Verbot auf breite Resonanz trifft", sagt Ministeriumssprecher Ingo Decker.

Brandenburg ist das letzte Bundesland, in denen die leuchtenden Ballons noch nicht verboten sind - der Umgang mit den Flugkörpern liegt in Hoheit der Länder. Einige Kommunen, etwa Eisenhüttenstadt (Oder-Spree), wollten nicht auf den Gesetzgeber warten und hatten den Gebrauch der Himmelslaternen schon ordnungsbehördlich untersagt. Zudem hatte vor zwei Wochen Bundesverkehrsminister Peter Ramsauer (CSU) die Skylaternen im Umfeld von Flughäfen verboten - per Änderung der Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO). "Der Party-Spaß kann schnell in einer Katastrophe enden", sagte er.

"Diese Lichter sind eine unkalkulierbare Brandgefahr", sagt auch Decker. Mittlerweile hätten die Skylaternen in mehreren Fällen hohe Schäden verursacht - und auch ein Todesopfer gefordert. So wurde im Jahr 2008 vor einem Potsdamer Autohaus ein C-Klasse-Mercedes durch eine Himmelslaterne in Brand gesetzt - die Folge war ein Totalschaden. Im Januar 2009 wurde ebenfalls in Potsdam ein Motorboot von einem aus dem Himmel herabsinkenden Papierballon abgefackelt. Zudem kam im Vorjahr bei einem Wohnhausbrand in Siegen (Nordrhein-Westfalen) ein zehnjähriger Junge ums Leben. Der Brand war durch eine Skylaterne ausgelöst worden, die auf dem Dach des Wintergartens landete.

Ein weiteres Argument für das Verbot sei die in Brandenburg "alljährlich wiederkehrende hohe Waldbrandgefahr", sagt Decker. Die 1,1 Millionen Hektar Waldfläche bestünde zu einem Großteil aus Kiefern, die bei Trockenheit leicht entflammbar seien. "40 Prozent aller Waldbrände in Deutschland ereignen sich in Brandenburg", so der Sprecher.

In Berlin waren Skylaternen bislang nur in Einzelfällen erlaubt, da der Himmel über der gesamten Stadt als kontrollierter Luftraum gilt. Das Verbot der Laternen im Umkreis von 1,5 Kilometern um Flughäfen sei nun rechtlich von Ramsauer festgeschrieben worden, sagt Stefan Jaekel, Sprecher der Deutschen Flugsicherung (DFS), die für den Luftraum über Berlin zuständig ist. Ohne Zustimmung der DFS ist der Laternen-Spaß dort nicht erlaubt. Bis zu 150 Anträge seien jährlich eingegangen, "keinen einzigen konnten wir genehmigen", so Jaekel. Dennoch gebe es viele schwarze Schafe. Für Piloten seien Skylaternen ohnehin ein Ärgernis.

Die Berliner Feuerwehr spricht von wenigen, kleinen Bränden, die bislang durch Skylaternen ausgelöst wurden. "Diese Dinger sind kein ernsthaftes Problem", so ein Sprecher.

Dienstag, 02. Februar 2010 (19:04)

Zeitschriftartikel I: Gefährliche Glühwürmchen

Himmelslaternen sind derzeit der Renner auf Partys und Hochzeiten: Romantisch leuchtend steigen sie in den Nachthimmel. Dort brennen sie eine Zeitlang, bis sie zur Erde zurückstürzen. Und hier setzt die Kritik ein: Denn die sanften Laternen könnten auch zu gefährlichen Brandsätzen mutieren. Von Sylvie-Sophie Schindler

Für Punklady Nina Hagen stellt sich die Frage gar nicht erst - natürlich gibt es Ufos. Hat die schrille Sängerin damit etwa Recht? Steht Deutschland womöglich kurz vor einer Invasion von Außerirdischen? Zumindest glauben das einige Himmelsgucker. Ihre Beobachtung: "merkwürdige Leuchtobjekte", die nächtens herumschweben. Eine klare Sache - oder etwa nicht? Also, nichts wie ran ans Telefon und die Nummer der Ufo-Hotline vom "Centralen Erforschungsnetz außergewöhnlicher Himmelsphänomene" wählen. Doch Achtung, der Mann am anderen Ende der Leitung, Hobbyastronom Werner Walter, dürfte schon reichlich genervt sein. Seit Jahresanfang gab es knapp 1000 Falschmeldungen. "Wegen dieser Dinger", sagt Walter.

Nur mit Aufstiegsurlaubnis

Gemeint sind die so genannten Skylaternen - auch bekannt als Wunsch- oder Kong-Ming-Laternen. Beliebte Hingucker auf Sommerpartys und Hochzeiten. Doch sorgen sie in Deutschland immer häufiger für Wirbel. Wo die einen Ufos sehen, wittern andere erhebliche Brandgefahr.

Dabei war doch alles ganz anders gemeint. Eigentlich versprechen die ursprünglich aus dem thailändischen Chiangmai stammenden Skylaternen nach einer 2000 Jahre alten Tradition nur Gutes. Damit bloß nichts schief geht, wird vor dem Aufsteigen ein Herzenswunsch in die Himmelslaterne geflüstert oder mit einem Filzstift auf die Skylaterne geschrieben.

Steigen bis auf 500 Meter Höhe

Um das Leuchtobjekt auf ihrem Weg Richtung Firmament zu bringen, wird eine Baumwollkerze angezündet, die unter einer Hülle aus Papier angebracht ist. Die Skylaterne funktioniert quasi wie ein Heißluftballon en miniature: ist die Luft in der Hülle durch die Flamme ausreichend erhitzt, steigt die Himmelslaterne senkrecht auf und hält sich - abhängig von der Größe der Laterne - 5 bis 20 Minuten in der Luft, in 250 bis maximal 500 Metern Höhe. Erlischt die Flamme, beginnt der Sinkflug. Die Laterne fällt in einem Radius von etwa 150 Metern wieder nach unten. Und wird im besten Fall umweltfreundlich entsorgt.

Doch was, wenn die noch brennende Laterne auf Abwege gerät oder abstürzt? "Wird sie durch Wind abgetrieben und landet beispielsweise in trockenen Bäumen oder auf Hausdächern, kann ein Brand entstehen", warnt Ulrich Marten, Leiter des Dezernats Luftverkehr für den Großraum Köln-Düsseldorf. Skylaternen würden als "ungesteuerte Flugkörper mit Eigenantrieb" bewertet. Die Konsequenz: Totalverbot für Skylaternen in den

Regierungsbezirken Düsseldorf und Köln. Noch fehlt eine entsprechende bundesweite Rechtsgrundlage.

Behörden informieren

"Wir prüfen derzeit gesetzliche Maßnahmen", sagt Lothar Hofner, Sprecher des Innenministeriums Sachsen. Entschieden sei noch nichts. Grundsätzlich sollte man jedoch die zuständigen Ordnungsbehörden und die Polizei über das Vorhaben informieren. "Auf der sichersten Seite wäre man, wenn die Feuerwehr sozusagen 'bei Fuß' steht", sagt Hofner. "Man muss sich das schließlich mal vorstellen: da wird ein unkontrollierter Flugkörper mit offener Flamme losgelassen." Auch im Süden wird die Aufstiegserlaubnis abgelehnt. Nach der Bayerischen Brandschutzverordnung ist das Aufsteigen von unbemannten Flugballons mit festen oder flüssigen Brennstoffen verboten. Ausnahmegenehmigungen gibt es nur im Einzelfall. "Einmal losgelassen, sind die Dinger nicht mehr in den Griff zu bekommen", sagt Reiner Hutka, Sprecher des Bayerischen Innenministeriums. "Je mehr Wind weht und je länger Trockenheit herrscht, desto höher ist das Risiko." Kommt die Sache vor Gericht, gilt der Tatbestand der fahrlässigen Brandstiftung.

Bisher ist der Schaden, der durch die Miniballons verursacht wurde, überschaubar. In Chemnitz stürzte Mitte August ein Lampion ab und setzte einen Dachstuhl in Brand. Sachschaden: mehrere tausend Euro. Ende Juli entzündete eine verirrte Skylaterne, aus der sich Brennpaste löste, einen Wintergarten in Aachen. Weitere Brände befürchtete die Stadt Dresden, als bekannt wurde, dass während der Hörspielnächte Ende August fliegende Laternen aus den Elbauen aufsteigen sollten. Die Landeshauptstadt sprach ein Laternen-Startverbot aus. Das Verwaltungsgericht sah die Sache anders.

Flugsicherung in Antragsnöten

Die Richter prüften einen Eilantrag der Veranstalterin gegen das Verbot und kamen zu dem Schluss: "Von dem Vorhaben geht keine hinreichend konkrete Gefahr für die öffentliche Sicherheit aus". Aufgrund der lokalen Umstände sowie der für die nächsten Tage zu erwartenden Wetterlage sei kein sicherer Schluss auf zu erwartende Schäden möglich. Zudem beabsichtige die Antragstellerin den bestimmungsgemäßen Gebrauch der Himmelsleuchten, insbesondere den Einsatz nur bei angemessener Windstärke und Windrichtung sowie die sichere Befestigung der Kerzen. Das Gericht halte auch angesichts "fehlender eindeutig belegbarer Schadensfälle die von der Stadt getroffene Gefahrenprognose für nicht tragbar", hieß es in der Begründung