



SteinGy Stratos

Wetterballon-Analyse zur
optimalen Nutzung bebauter
Flächen durch Photovoltaik

Nicole Baeumer, David Märtins & Jonas Wilinski

Jugend forscht 2014

Vorwort

Unser Projekt SteinGy Stratos fand im Rahmen des Projektkurses am Steinhagener Gymnasium unter der Leitung von Herrn Andreas Frerkes statt.

Der freie Unterricht findet wöchentlich 3 Stunden statt und bietet uns die Möglichkeit auf Materialien in der Physik zuzugreifen. Des Weiteren wurden wir von diversen Forschungsgeldern unterstützt. Diese stammen aus verschiedenen Preisgeldern anderer Projekte wie z.B. Einstein OWL 2012 und Sponsoren. Hierzu zählt der RWE Schülerwettbewerb „Energie mit Köpfchen“ und ein Privatsponsor: Dr. Ing. Manfred Diederichs.

Die Wahl des Projekts ist jeder Gruppe freigestellt, solange sie sich im Bereich Energie und Zukunft befindet. Das ausgesuchte Projekt findet ein Jahr lang statt und ersetzt die sonst obligatorische Facharbeit.

Wir freuen uns dieses Angebot wahrnehmen zu können und unsere eigenen Ideen zu realisieren. Im Anschluss wollen wir uns mit den Ergebnissen bei Jugend forscht 2014 bewerben.

Inhaltsverzeichnis

Grundidee	4
------------------------	----------

Hauptteil

Stratosphäre Allgemein	5
Planung	6
Realisierung	7
Technik.....	13
Zielsetzung	15

Schluss

Auswertung.....	16
Beispiel einer Analyse und Entwicklung einer Intensitätskarte	18
Vergleich zu herkömmlichen Methoden	19

Abbildungsverzeichnis und Literaturverzeichnis	21
---	-----------

Grundidee

Als der Projektkurs startete, galt es erstmal eine passende Gruppe zu finden. Dies dauerte nicht sehr lange und schon standen die einzelnen Gruppen fest. Nun folgte der schwierigere Teil. Die Ideenfindung. Die Chance einen solchen Projektkurs zu haben und hier ganz nach seinen Wünschen mit der Vorgabe Energie und Technik ein Projekt zu gestalten, war einerseits ein schöner Gedanke, machte es uns jedoch nicht einfacher ein passendes Projekt zu finden. Nach vielen Überlegungen, z.B. einen Mars-Rover zu basteln, stießen wir aus Zufall auf ein bei YouTube® gezeigtes Video, indem ein paar Studenten einen Wetterballon mit einer Kamera stiegen ließen. Ungefähr zeitgleich lief auch das spektakuläre Projekt RedBull Stratos an. Ziel war es einen Menschen (Felix Baumgartner) in einer Kapsel mithilfe eines riesigen mit Helium gefüllten Wetterballons in die Stratosphäre zu befördern. Von dort sprang er die 39km auf die Erde zurück. Ein sehr spektakuläres Ereignis, welches wir live am Fernseher miterleben konnten (Live Übertragung durch den Nachrichtensender N24). Diese Aufnahmen inspirierten uns, auch einen solchen Wetterballon, bestückt mit Kameras und GPS Technik zu bauen und ein Projekt daraus zu machen.

Doch ein Projekt dieser Größe bzw. Höhe galt es vorzubereiten. Denn ein spontaner Spaziergang in diese Höhen ist kein Kinderspiel. Sollte etwas schief laufen, wären wir um mehrere hundert Euro erleichtert. Viele Komponenten mussten hier mit Präzision abgestimmt werden.

Die Grundidee war es eine Gondel, bestückt mit 2 bis 3 Kameras und einem GPS Tracker auf eine Höhe von ca. 35.000m zu befördern. Die Aufnahmen des Fluges waren unser primäres Ziel. Darüber hinaus sollte dieses Projekt auch als Anregung dienen, weitere Bereiche und Möglichkeiten zu entdecken, die mit einem solchen Ballon, diverser Sensorik und Kameras innovativ wären.

Stratosphäre Allgemein

Unser Radiosonden Ballon ermöglicht uns eine Steighöhe von bis zu 35.000m. Damit sind wir im Bereich der Stratosphäre. Für die technische Realisierung ist es wichtig, sich mit der Beschaffenheit der Stratosphäre und dem Verhalten der Materialien auseinanderzusetzen.

Beim Aufstieg passiert der Ballon verschiedene Lufträume. Die Troposphäre, welche als erstes durchquert wird, ist unser natürlicher Lebensraum. Pro gestiegenen Kilometer nimmt die Temperatur ca. $6,5^{\circ}\text{C}$ ab. Danach passiert der Ballon die Tropopause. Hier herrschen Temperaturen von bis zu -60°C . Nun fängt auch der s.g. Jetstream an, in welchem unterhalb Linienflugzeuge und oberhalb Jets fliegen. An extremstellen können hier

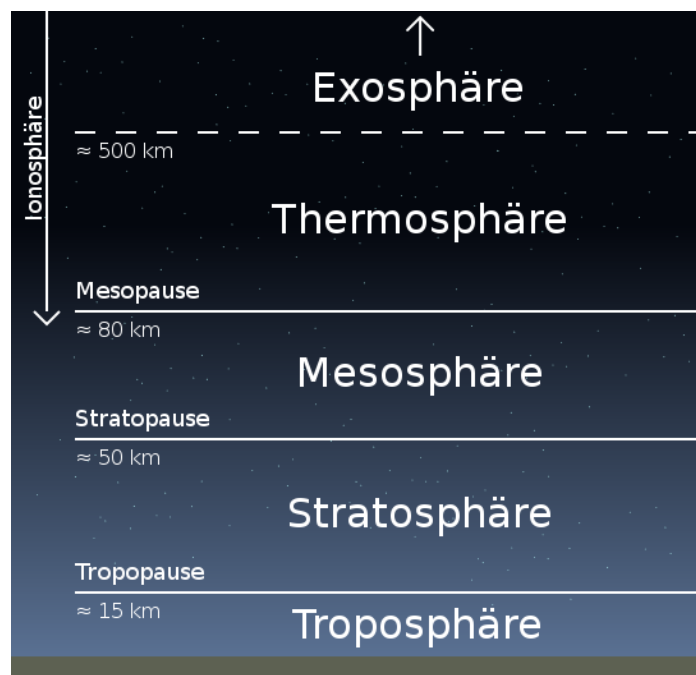


Abbildung 1 - Grafik Atmosphäre

Windgeschwindigkeiten von bis zu 150 m/s (540 km/h) gemessen werden. In dieser Zone entfernt sich der Ballon am meisten. Der Jetstream bildet die Verbindung von Tropopause zur Stratosphäre. Diese ist an unserem Startpunkt ca. 13 km dick. Hier können wieder Temperaturanstiege gemessen werden, da sich hier Ozon befindet, welches die UV-Strahlung aus dem Sonnenlicht aufnimmt und somit elektromagnetische Wellen in Wärme umwandelt. Die Ozonschicht befindet sich bei ca. $20 \text{ km} - 35 \text{ km}$ Höhe. Hier kann die Temperatur auf bis zu 0°C ansteigen. Nach der maximalen Steighöhe unseres Ballons sind die Temperatur und die Beschaffenheit der Umgebung irrelevant, da hier der Luftdruck so niedrig ist, dass der Ballon platzt.

Planung

Die Planung für unseren Start zog sich eine lange Zeit. Doch nicht ohne Grund, denn gewisse Materialien, wie z.B. der Wetterballon oder einen geeigneten Fallschirm zu bekommen gestaltete sich als schwierig. Außerdem haben wir mit der Deutschen Flugsicherung gesprochen, da für den Start des Wetterballons der Luftraum über dem Gebiet gewarnt werden muss. Styropor musste ausgesucht werden und eine Gelegenheit zum Schneiden auch.

Angefangen haben wir mit einfachen Skizzen, ersten Formüberlegungen und der finalen Ausstattung (Skizzen und Listen im Anhang). Nach vielen Überlegungen zur technischen Bestückung der Gondel legten wir uns letztendlich auf Kameras fest, da diese Ergebnisse am Spektakulärsten sind.

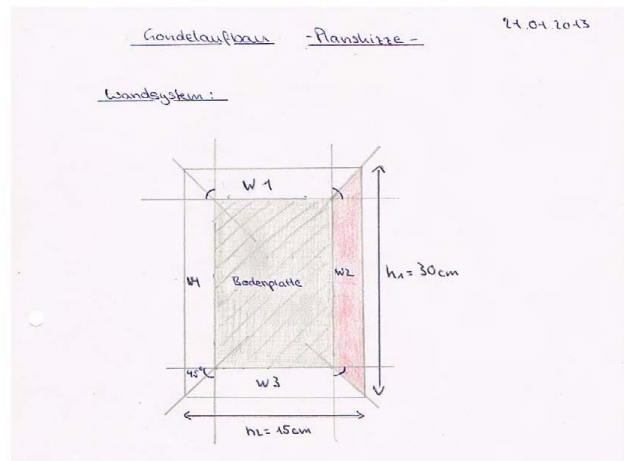


Abbildung 2 - Planskizze Gondel

Als wir uns im Klaren waren, was wir nun brauchten, versuchten wir über diverse Wetterstationen an einen Wetterballon heran zu kommen, doch leider wurden wir immer wieder abgewiesen und sollten es bei anderen Stationen versuchen. Nach einer langen, erfolglosen Suche traten wir mit zwei Studenten in Kontakt. Sie hatten bereits einen Wetterballon in die Stratosphäre befördert und gaben uns die Möglichkeit einen Wetterballon zu kaufen. Auch den Fallschirm konnten wir über diesen Weg erhalten.

Technische Bausteine, wie den GPS Tracker bestellten wir im Internet. Die GoPro Kamera war bereits vorhanden.

Nun galt es die Bausteine zusammenzufügen und flugbereit zu machen.

Realisierung

Die Gondel ist der wichtigste Bestandteil des Projektes. Sie muss Kameras beinhalten, sowie die Technik vor den extremen Einflüssen und Witterungen der Stratosphäre schützen. Dabei muss sie die Stabilität besitzen auch einen Aufprall auf harten Untergründen im schlimmsten Fall nur wenig gebremst zu überstehen, ohne zu schwer zu werden, dass der mit Helium gefüllte Ballon nicht mehr in der Lage ist sie zu tragen.

Um das Gewicht möglichst gering zu halten fiel die Wahl des Materials auf Styropor. Dieses ist nicht nur vorteilhaft zu verwenden in Bezug auf die Stabilität, es erweist sich auch als ideal für die Wärmedämmung. Somit entschieden wir uns dafür die Gondelwände zu verdoppeln und für die Außenhaut ein dichteres Material zu verwenden, das im Moment des Zurückfallens auf die Erde Beschädigungen an der Technik vorbeugt.

Daraus ergab sich das Problem, dass ich sich das Material mit unseren herkömmlichen Mitteln nur schwer bearbeiten lässt, gerade in Hinblick auf die unterschiedlichen Eigenschaften der beiden Styroporsorten.



Abbildung 3 - Erster Versuch des Schneidens mit heißem Draht

Im ersten Anlauf nutzten wir einen heißen Draht (Abb1), welcher wegen des niedrigen Schmelzpunktes des Materials durch diesen schneidet. Jedoch gelang

so keine gerade Linie. Darauf musste aber bei diesem Projekt großen Wert gelegt werden, da Spalte oder Löcher in der Gondel die äußeren Temperaturbedingungen zu schnell in den Innenraum gelangen lassen würden, was die Funktion der Kameras und der Ortungstechnik beeinträchtigen würde. Dennoch schnitten wir alle erforderlichen Teile aus, um an dem Prototypen Schwachstellen der Konstruktion ausmachen zu können.

Dank der Verbindung zu der Firma Niehaus & Rückert Stanzformenbau, die durch Laser und Wasserstrahltechnik Stanzformen für verschiedene Verpackungshersteller baut, konnte man uns dort bei unserem Problem weiter helfen. Das mit hohem Druck aus einer Düse gepresste Gemisch aus Sand und Wasser eignet sich für noch bedeutend festere Stoffe als das Styropor. Im Vorfeld erstellten wir eine CAD Datei. Dies ist ein Format, welches für Maschinen lesbar ist. Dort gaben wir die Maße für die benötigten Teile ein, wobei wir die einzelnen Objekte anders schneiden ließen, als wir es vorher selbst taten. Bei dem neuen Modell verkleinerten wir die Fläche von Unter- und Oberseite, damit die Gondel im Luftstrom beim Aufstieg und Fall weniger wackelt, um die Schwankungen der Kameras zu reduzieren.

Mit dem Ergebnis waren wir sehr zufrieden. Alle Kanten waren Gerade und die Teile gleichmäßig, sodass sie sich gut zusammenbauen ließen.

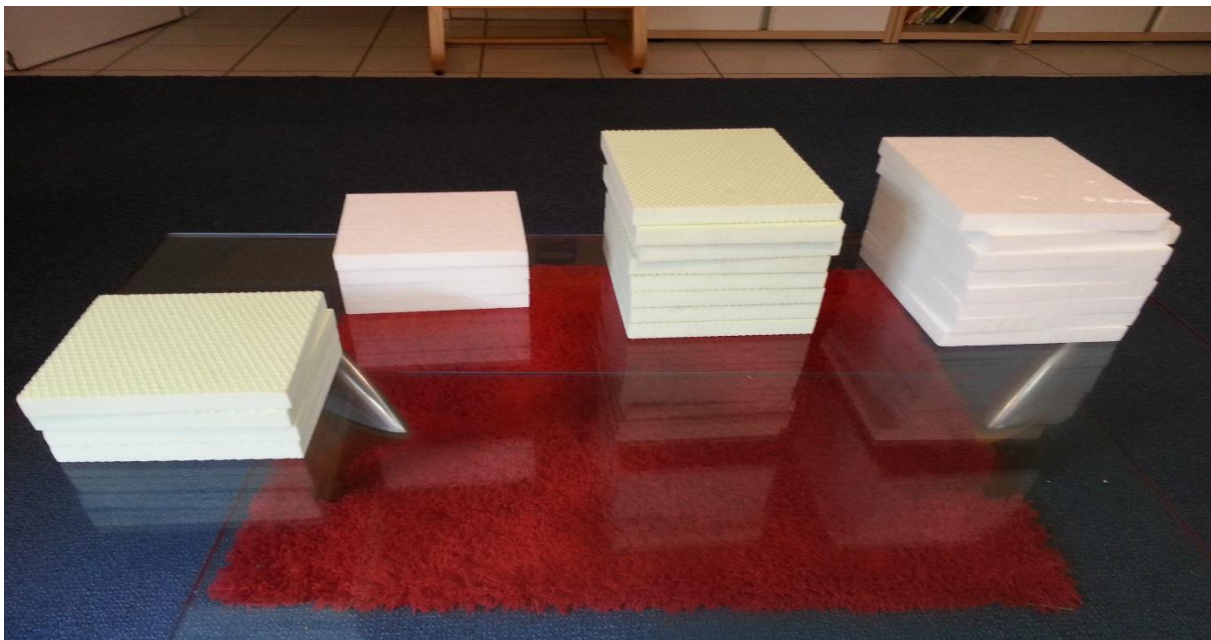


Abbildung 4 - mit Wasserstrahl geschnittene Wandteile

Nun mussten die Teile aneinander gefügt werden. Zunächst klebten wir sie jedoch zu den beschriebenen Doppelwänden zusammen, damit die Passgenauigkeit auch nach Bearbeitung noch erhalten bleibt.

Die Befestigung mussten wir mit speziellem Styroporkleber vornehmen, da der Allzweckkleber sich durch das Material ätzte.

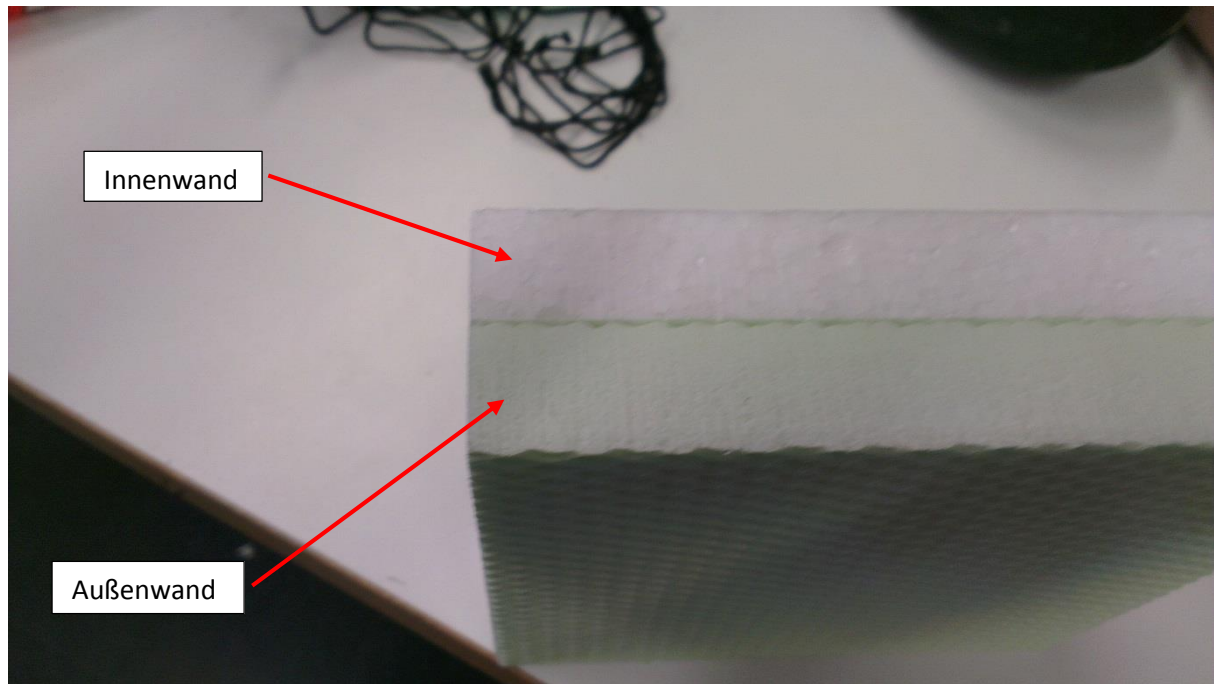


Abbildung 5 - aufeinander geklebtes Wandelement

Im nächsten Schritt mussten den Kameras entsprechende Öffnungen in Unter- und Seitenteil geschnitten werden. Problematischerweise haben die Materialsorten, die wir aufeinander geklebt hatten unterschiedliche Schmelzpunkte. Dennoch nutzen wir einen Lötkolben um die Schichten zu schmelzen.

Diesen Vorgang wiederholten wir für beide Teile und sicherten die Größe und Beschaffenheit mit Panzerband. Dieses erwies sich auf Grund der schwarzen Farbe als hilfreich, da so Wärme absorbiert wird, was der Temperatur im Inneren zu Gute kommt.

Anschließend konnten wir die Gondel zusammensetzen, da an den Öffnungen nicht weiter gearbeitet werden musste.

So entstand folgende Form:



Abbildung 6 - Fertige Gondel mit eingesetzter Kamera

Das Helium im Ballon weitet sich bei zunehmender Höhe immer weiter aus, da der Luftdruck um ihn herum abnimmt. Platzt er und beginnt die Gondel zu fallen, kann der Fallschirm nur wenig bremsen, da nicht genügend Luft vorhanden ist, die ihn halten könnte. Die Kraft, die auf die Befestigung an der Gondel ausgeübt wird nimmt also ebenfalls mit sinken zu.

Einen passenden Fallschirm mit 0.8m Durchmesser konnten wir glücklicherweise im Internet bestellen. Jedoch stellte die oben beschriebene Befestigung eine Schwierigkeit dar, da schon eine Halteleine des Fallschirms beim Lösen von der Gondel die Funktion des Schirms erheblich beeinträchtigen würde. Wir begannen damit ein Loch in die Dachplatte der Gondel zu bohren durch welches die fünf Schlaufen der Seile geführt wurden. Innen nutzten wir ein leichtes, aber stabiles Laubsägeholz um das wir die Schnüre im ersten Schritt legten und mit einem Tacker befestigten. Das Holz ist zu groß, als dass es die gebohrte Öffnung beschädigen und herausrutschen könnte.

Dennoch klebten wir es an der oberen Wand fest, damit auch Drehungen minimiert werden.



Abbildung 7 - Befestigung der Schnüre an der Gondel

Der Ballon:

Der Ballon muss die gesamte Last der Gondel tragen und dennoch genug Auftrieb haben, um schnell genug zu steigen, dass die Winde nicht zu lange auf ihn einwirken und er zu viel Strecke zurück legt.

Einfach gestaltete sich die Suche nach einem Ballon nicht. Anfangs nahmen wir an, dass die Bezeichnung des gesuchten Objekts Wetterballon sei. Bei unseren Recherchen kam jedoch heraus, dass es sich um einen Radiosondenballon handelt, dessen Steighöhe über der eines normalen Wetterballons liegt.

Glücklicherweise stießen wir, nachdem wir mit unzähligen Wetterstationen der



Abbildung 8 - Ballon in gefülltem Zustand 1

Umgebung telefoniert hatten, die uns nicht weiterhelfen konnten auf einer Internetseite, auf der wir fündig wurden.

Dieser wird mit 4m^3 Helium gefüllt und trägt eine Last von $1,75\text{kg}$. Erfreulich ist auch die Steighöhe von bis zu 35km Höhe. Er trägt den Titel „militärischer Radiosondenballon“.

Einige Fragen warf die Befüllungstechnik auf, da er über zwei Öffnungen verfügt.

Später stellte sich heraus, dass es sich um einen Füllkörper handelt, welcher von einer Außenhaut geschützt ist, die frühzeitiges Platzen verhindert.

Auf 30l komprimiertes Helium konnten wir im Fachhandel erwerben. Jedoch musste noch ein passender Aufsatz für die Ballonöffnung organisiert werden, damit das teure Helium verlustfrei in den Ballon kommt.



Abbildung 9 - Ballonventil mit Aufsatz für die Druckgasflasche

Der Druck in Flasche und Ballon lässt sich mit einer Vorrichtung messen, die auf die Flasche geschraubt wird.



Abbildung 10 - Ventil zu Messung des Drucks

So lässt sich auch die Steiggeschwindigkeit beeinflussen. Füllt man viel Helium in den Ballon steigt er schneller, wird aber auch früher platzen und so nicht die gleiche Höhe erreichen können, als wenn wir ihn mit weniger Helium befüllen und die langsamere Steiggeschwindigkeit in Kauf nehmen. Hier zahlen sich

ebenfalls die Vorteile einer leichten Gondel aus, da in diesem Fall weniger Auftrieb und damit Helium von Nöten ist.

Technik

Unser Projekt basiert auf folgenden technischen Bausteinen:

Kameras:

Für den videoanalytischen Aspekt, welcher im Vordergrund unseres Projekts stand, verwendeten wir drei Kameras, die in verschiedene Richtungen filmen:

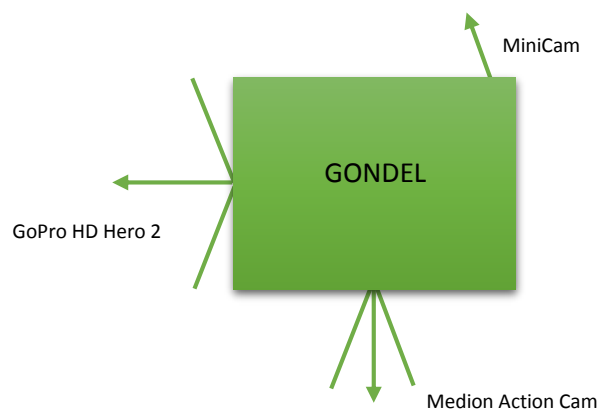


Abbildung 11 - Aufbau der Gondel

GoPro HD Hero 2:

Unsere teuerste und hochwertigste Kamera filmt aus der Seite der Gondel, da hier mit den spektakulärsten Aufnahmen zu rechnen ist. Sie besitzt ein 170° Weitwinkel Blickfeld mit einer Auflösung von FullHD (1920x1080p). Somit ist viel von der Erde sichtbar und detailreich.

Medion Action Cam:

Diese preiswertere Action-Kamera entdeckten wir durch Zufall im Sortiment von Aldi. Diese filmt ebenfalls mit einer Auflösung von FullHD, jedoch mit einem normalen Blickfeld. Durch die Ausrichtung nach unten erhoffen wir uns eine Veranschaulichung des Aufstiegs und Falls.

MiniCam:

Obwohl die Temperaturen außerhalb der Gondel stark schwanken, war es uns daran gelegen auch den Ballon und seine Entwicklung festzuhalten, insbesondere das Platzen. Hierzu verwenden wir eine Mini Kamera, die an der Außenhülle fixiert wird.

GPS Tracker:

Zur genauen Ortung verwenden wir einen GPS Tracker der Marke Incutex. Dieser sendet uns nicht nur in bestimmten Intervallen per SMS seine Koordinaten, sondern loggt diese auch auf einer MicroSD Karte. Damit können wir den Ballon wiederfinden und im Nachhinein auch die genaue Flugbahn feststellen.

Zielsetzung

Unser Fokus bei der Bestückung der Gondel lag bei verschiedenen Kameras, welche unterschiedliche Blickwinkel filmten. Daraus folgend stellen wir mit den finalen Bildern, einen Kurzfilm zusammen.

Insbesondere wollten wir unseren Flug aus einem wissenschaftlichen Blickwinkel betrachten und versuchten die daraus resultierenden Möglichkeiten zu entwickeln. In Anlehnung an das Thema des Projektkurses „Energie und Zukunft“ wollen wir nun neue und vor allem nachhaltige und fortschrittliche Ideen entwickeln, welche Abläufe kostengünstiger und vor allem produktiver machen.

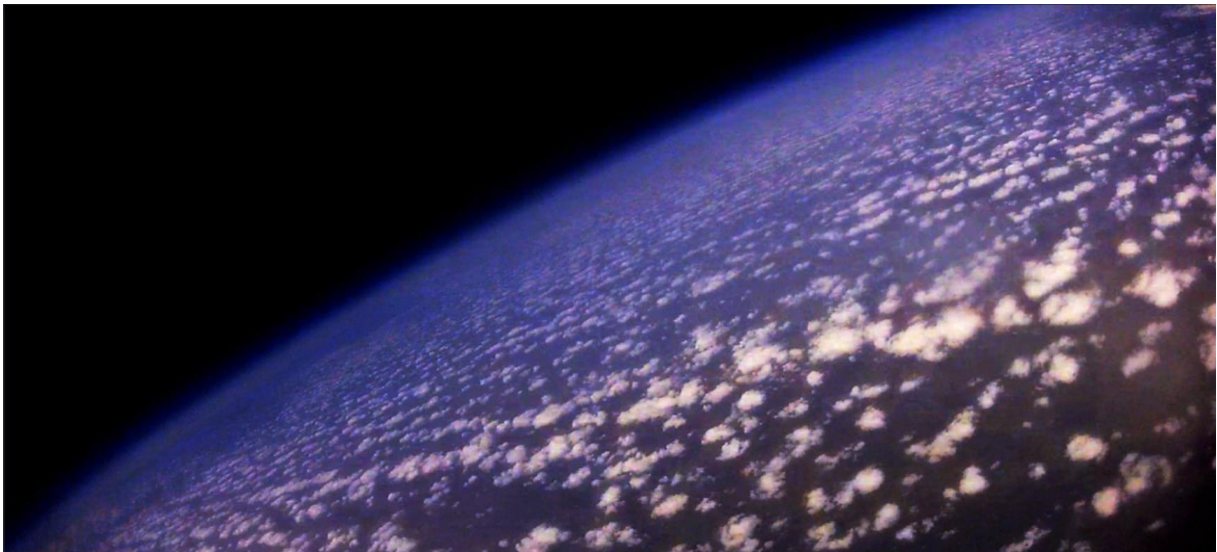


Abbildung 12 - Blick auf die Erde aus ca. 30km Höhe über Steinhagen

Als nächstes werden wir unser Material auswerten und als Ergebnis unserer Projektarbeit verwenden. Darüber hinaus werden wir uns mit diesem Projekt bei Jugend forscht 2014 bewerben.

Auswertung

Nach erstellen unseres Filmes „SteinGy Stratos“ sind wir auf vielseitige Möglichkeiten gestoßen, wie die Kameraaufnahmen genutzt werden können. Der Film ist unter nachfolgendem Link einsehbar:

<http://vimeo.com/user23455425/stratos>

(Passwort: Stratos)

Dabei ist uns insbesondere folgende Möglichkeit aufgefallen:

Herkömmlicherweise wird die Tauglichkeit, ob sich eine Solaranlage auf, oder neben Gebäuden lohnen würde, durch teures und umweltschädliches Überfliegen ermittelt. Hierbei werden ganze Städte von Unternehmen mittels Flugzeuge abfotografiert und analysiert. Dies gibt zudem nur ein momentanes Bild ab und lässt nicht jahreszeitliche Veränderungen oder Wetterabhängigkeiten der Sonneneinstrahlung sichtbar werden.

So liegt es für uns nahe, dieses relevante Thema, das auch in Zukunft noch an Bedeutung im Zuge der Energiewende gewinnen wird, mit unserer Technik zu optimieren.

Es bietet sich so an, einen Ballon über längere Dauer am Boden befestigt über den zu untersuchenden Gebieten „stehen zu lassen“. Mit einer hochauflösenden Kamera, welche durch eine niedrige Brennweite einen hohen Blickwinkel abdeckt, lässt sich so eindeutig ein Schattenwurf auf Gebäuden oder potentiellen Nutzungsflächen erkennen. Dieser Vorgang kann beliebig oft wiederholt werden, wobei sich die Entwicklung der Nutzungsmöglichkeit genau analysieren lässt. Dies gilt sowohl für Photovoltaik, da hier die Sonneneinstrahlung sehr hoch sein muss, als auch für Solarthermie, da einfach eine Wärmebildkamera installiert werden kann.

Man könne beispielsweise eine potentielle Solarnutzfläche innerhalb eines Jahres genau untersuchen um eine sehr präzise Intensitätskarte zu entwickeln. Dazu müsste man einmal im Monat einen von uns entwickelten, speziell ausgerüsteten Wetterballon jeweils mindestens einen Tag das Gelände

aufnehmen lassen. Die daraus gewonnenen Bilder geben zu jeder Jahreszeit den Schattenverlauf und die Sonnenintensität auf dem Gelände wieder. Das Ergebnis kann nun genutzt werden, um die maximale Leistung aus einer Solaranlage zu gewinnen und mehr Energie nachhaltig zu produzieren.

Ein großer Vorteil in dieser neuartigen Technik ist einerseits die Flexibilität, andererseits natürlich auch die Schonung der Umwelt. Ein solcher Ballon kann sowohl ein Firmengelände oder gar ein privates Grundstück analysieren, als auch ganze Siedlungen oder Industrieparks (hierbei kommt es natürlich auch auf die Kameratechnik an, da diese bei größerem Terrain höher auflösen muss). Somit kann eine Firma, die eine Solaranlage bauen will, einen Auftrag zur Analyse geben und ist nicht verpflichtet teure Luftbilder zu kaufen (durch das Abfliegen ganzer Städte sind einzelne Bildmaterialien im Verhältnis teurer). Ein zweiter Punkt ist die Langzeitentwicklung der Schatten durch den sich ändernden Sonnenverlauf im Jahr. Durch einen Wetterballon ist es möglich kostengünstig und umweltschonend ein solches Jahresprofil zu erstellen, während dies bei herkömmlichen Methoden nicht der Fall ist. Zuletzt gilt es natürlich, immer auch die Umwelt zu schonen. Für ein einjähriges Projekt zur Entwicklung einer Intensitätskarte werden nur wenige Rohstoffe benötigt. Anders als bei unserem Projekt würde der Ballon nicht platzen, sondern wiederverwendet werden können. Leider verflüchtigt sich das Helium mit der Zeit, sodass pro Flug eine geringe Menge neues Helium gekauft werden muss. Die restlichen Gegenstände können immer wieder verwendet werden und stellen keine Belastung für die Umwelt dar (Kamera usw.). Bei herkömmlichen Methoden, wie das „Überfliegen“ werden schädliche Gase, wie z.B. CO₂ freigesetzt. Diese Methode ist sehr teuer, da der Preis für Öl, und somit auch für Kerosin sehr hoch ist und steigen wird.

Eine Chance, noch mehr Energie aus zukünftigen Solaranlagen zu gewinnen ist sehr wichtig. Nicht nur für den Investor, welcher sicher gehen will, dass seine Solaranlage auch genug Energie abwirft, sondern auch für unsere Umwelt. Deswegen sehen wir in diesem Projekt eine kostengünstige, effektive und nachhaltige Methode diese Chance ein Stück weiter zu entwickeln.

Beispiel einer Analyse und Entwicklung einer Intensitätskarte

Da unser Start des Wetterballons am 15.07.2013 um 13:00Uhr erfolgte, sind auf unseren Aufzeichnungen wenige Schatten zu erkennen, da die Sonne fast im Zenit steht. Jedoch zeichnen sich markante Schattierungen von z.B. Dächern ab.



Abbildung 13 - Das Steinhagener Gymnasium

Es sind sehr genaue und starke Schattenbildungen im Zentrum der Schule zu erkennen. Diese würden sich mit Änderung des Sonnenstandpunktes natürlich ändern. Das Gebäude würde zudem auch einen Schatten werfen. Diesen könnte man durch Langzeitbetrachtung auch feststellen und Flächen für den optimalen Einsatz von Solaranlagen ermitteln.

Vergleich zu herkömmlichen Methoden

	Satellit	Überflug	Ballon
Kosten	Material (Satellit) oder Nutzung eines Satelliten, hoch-auflösende Kameras	Benzin, hochwertige, schnelle Kameras, Material, Flugerlaubnis	Günstiges Material, Helium (<0,5m ³ pro Flug), Weitwinkelkamera (z.B. GoPro)
Qualität	Sehr niedrig, da große Entfernung, nur bei wolkenlosem Himmel & entsprechender Satellitstellung möglich	Gut	Gut
Aufwand	Hoch Komplizierte Technik, Auswertung	Hoch Flugerlaubnis, Überflug, Auswertung	Geringer Transport, aufwendigere Auswertung aufgrund mehr Materials

Umwelt- belastung	Normal Bau, Einsatz, keine späteren Umwelt- folgen	Hoch Bau, Einsatz, CO ₂ Ausstoß, Ressourcen- dezimierung	Gering Helium in dem Maße nicht schädlich für die Atmosphäre
Effizienz	Gering, da relativ hoher Kosten- aufwand & keine Verlaufs- darstellung	Gering, da ebenfalls hoher Kosten- aufwand & keine Verlaufs- darstellung, hohe CO ₂ Belastung	Hoch, da geringe Kosten, wenig - keine Umwelt- belastung, genaue Aus- wertung & Verlaufs- darstellung

Abbildungsverzeichnis und Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1:

commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmosph%C3%A4re_Stufen.svg

Zugriff 07.07.2013 11:30Uhr

Abb. 2 - 5: © David Märtins

Abb. 6 - 7: © Jonas Wilinski

Abb. 8: shop.dreambirdmedia.de

Zugriff 07.07.2013 11:45Uhr

Abb. 9 - 10: © Nicole Baeumer

Abb. 11 - 13: © Jonas Wilinski

Literaturverzeichnis:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Stratosphäre>

Zugriff 07.07.2013 11:30Uhr