



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN

University of Applied Sciences

Beuth Hochschule für Technik
Fachbereich III
Labor für Photogrammetrie
Haus Bauwesen, Raum D157
Luxemburger Str. 10
D - 13353 Berlin

Betreuer: Dipl.-Ing. Michael Breuer

Kurzfassung

Biomasseabschätzung für das Helgoländer Felswatt aus Feldspektrometernmessungen und hyperspektralen Flugzeugscannerdaten 2013

Kooperationspartner: Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) und Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ) Sektion Fernerkundung

Motivation

Die Helgoländer Inseln und das umgebende Meeresgebiet nehmen, insbesondere in biologischer Hinsicht, eine Sonderstellung in der südlichen Nordsee ein. Der felsige Untergrund ermöglicht eine außergewöhnlich artenreiche Meeresfauna und -flora, die sich deutlich von den Lebensgemeinschaften der umgebenden Sedimentböden unterscheidet. Die untermeerischen Gebiete und insbesondere der Gezeitenbereich sind seit mehr als hundert Jahren ein bedeutender Standort der biologischen Meeresforschung. Seit einigen Jahren werden durch das AWI Bremerhaven Befliegungen mit dem hyperspektralen Flugzeugscanner AISA Eagle durchgeführt. Hierbei ist unter anderem die Bestimmung der Biomasse von Interesse, um über ein Monitoring des jahreszeitlichen sowie des mehrjährigen Verlaufs der vorhandenen Biomasse Wachstums- und Produktionsmodelle entwickeln zu können. Die Biomasse bestimmter Algen ist hierbei ein wichtiger Indikator für die Gewässerqualität und deren Nährstoffgehalt. Hierbei bietet die Fernerkundung neue Möglichkeiten, dieses durch die kurzen Phasen der Ebbe schwer zugängliche

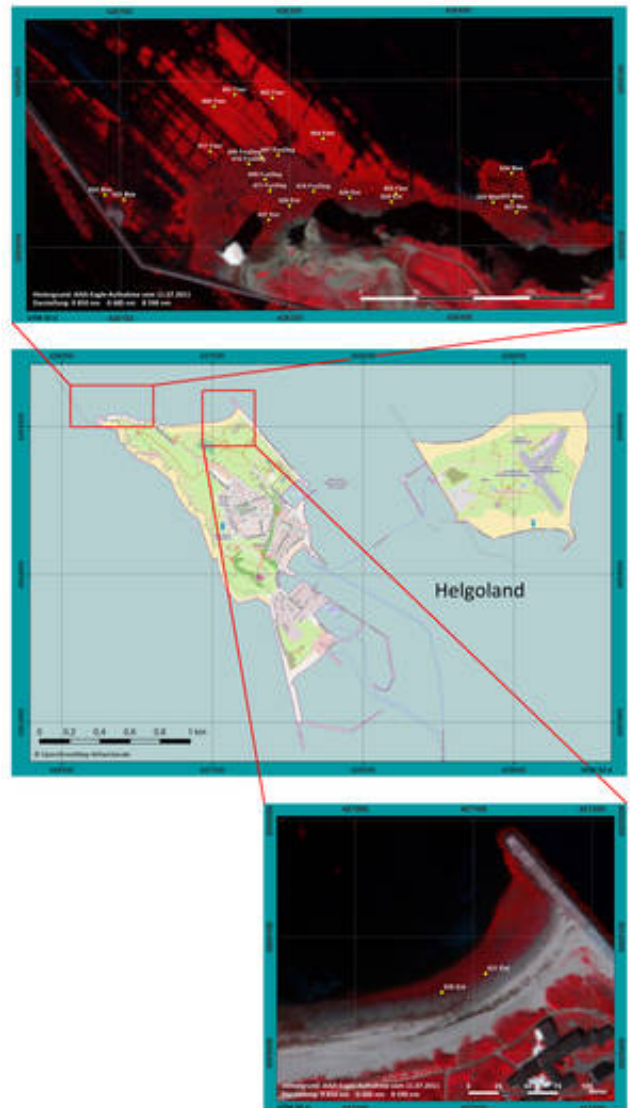


Abb. 1: Untersuchungsgebiet



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN

University of Applied Sciences

Beuth Hochschule für Technik
Fachbereich III
Labor für Photogrammetrie
Haus Bauwesen, Raum D157
Luxemburger Str. 10
D - 13353 Berlin

Betreuer: Dipl.-Ing. Michael Breuer

Gebiet flächendeckend zu erfassen. Im Rahmen des Projekts "FlexiHyp" fand daher vom 15.07.2011 bis 21.07.2011 zeitnah zu einer AISA Eagle Befliegung vom 11.07.2011 eine Biomassebeprobungen im Helgoländer Felswatt statt. An dieser Stelle setzt diese Bachelorarbeit an und versucht, einen Zusammenhang zwischen Biomasse und Hyperspektraldaten herzustellen, um die vorhandene Biomasse der vier Haupthabitate mit Methoden der hyperspektralen Fernerkundung flächendeckend, effektiv und kostengünstig auf großen Flächen - nicht nur vor Helgoland - abschätzen zu können.

Untersuchungsgebiet

Der Gezeitenbereich des nordwestlich vor Helgoland liegenden Felswatts stellt das Untersuchungsgebiet mit einer Fläche von ca. 0,21 km² dar. In den vergrößerten Kartenausschnitten sind die 24 homogenen Messbereiche zu erkennen, die vier flächenmäßig weit verbreitete Haupthabitate erkennen lassen. Von diesem Untersuchungsgebiet liegen Biomassebeprobungen, Feldspektrometermessungen sowie Befliegungsdaten vor. Pro Haupthabitat wurden im Juli 2011 jeweils sechs homogene Bereiche (Plots) mit einer Ausdehnung von ca. 5 m x 5 m per Differential Global Positioning System (DGPS) eingemessen. Diese Plots sind mit dreistelligen IDs gekennzeichnet, die in den Kartenausschnitten zu sehen sind (Abb. 1).

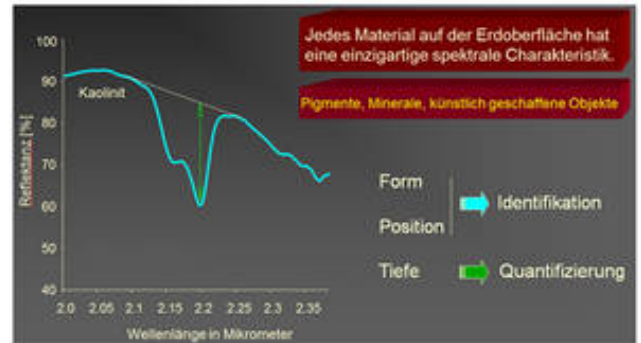


Abb. 2: Spektrale Signatur (c) HERMANN, KAUFMANN (2012): Aus dem Skript „Remote Sensing-II“, Folie 16, verändert.

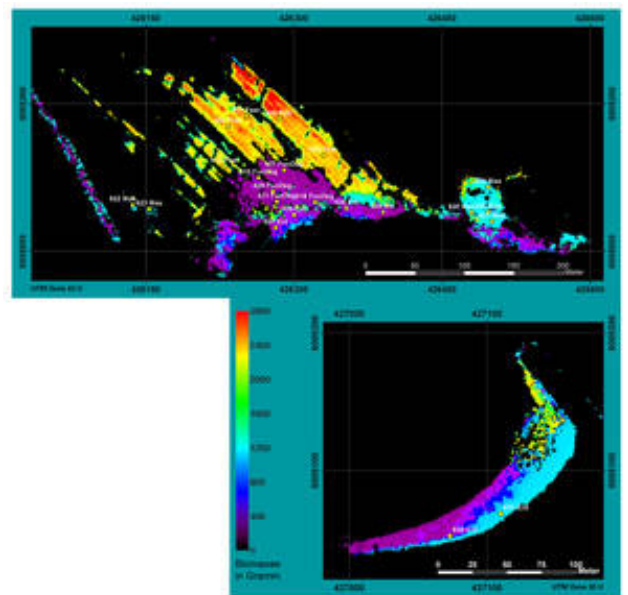


Abb. 3: Klassifikationsergebnis



Hyperspektrale Fernerkundung

In der hyperspektralen Fernerkundung werden Sensoren eingesetzt, welche die elektromagnetische Strahlung kontinuierlich in einem großen Wellenlängenbereich und mit einem geringen Abstand zwischen den Wellenlängen abtasten und aufzeichnen. Beispielsweise arbeitet der in dieser Arbeit eingesetzte Flugzeugscanner "AISA Eagle" der Firma Galileo Group in einem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 970 nm und misst die elektromagnetische Strahlung im Abstand von ca. 4 nm. Die chemische Zusammensetzung der Materialien auf der Erde bewirkt, dass jedes Material ein individuelles spektrales Spektrum hat. Bei Pflanzen entsteht diese Individualität unter anderem durch die Pigmente. Diese chemischen Molekülgruppen oder Pigmente werden durch Licht bestimmter Wellenlängen angeregt und absorbieren dieses stärker. Dadurch entstehen im Spektrum in diesen Wellenlängenbereichen Absorptionsbanden. Die Position und Form der Absorptionsbande lässt eine Identifizierung der chemischen Moleküle und Pigmente zu und ermöglicht dadurch Rückschlüsse auf die Oberflächenart und das Material. Die Tiefe der Absorptionsbanden ermöglicht die Quantifizierung von Inhaltsstoffen (z.B. den Eisengehalt des Bodens) oder die Berechnung von Flächenanteilen von Oberflächen im Subpixelbereich (Abb. 2).

Interaktion der elektromagnetischen Strahlung mit der Vegetation

Die Interaktion der elektromagnetischen Strahlung mit der Vegetation wird durch die Blattstruktur, die Blattpigmente, die Blattinhaltsstoffe sowie die Struktur des Vegetationsbestandes beeinflusst. Die auf das Blatt auftreffende Strahlung wird entweder reflektiert, absorbiert oder transmittiert. Die jeweiligen Anteile sind von der Wellenlänge und dem Einfallswinkel der Strahlung, der Oberflächenrauigkeit, der Zellstruktur sowie von den biochemischen Inhaltsstoffen abhängig.

Korrelation der Biomasse aus dem Fernerkundungssignal

Bekannt ist, dass die Dicke der Alge (biologisch "thallus"), sowie die Zusammensetzung der Pigmente in dieser darüber entscheiden, wie stark elektromagnetische Strahlung reflektiert, absorbiert oder transmittiert wird. Die Algen absorbieren deutlich mehr elektromagnetische Strahlung, wenn diese dicker werden. Beim Übereinanderlegen von bis zu sechs Blättern lässt sich eine Änderung am elektromagnetischen Spektrum feststellen. Beim Überschreiten dieser Anzahl tritt die Sättigung ein und das elektromagnetische Spektrum bleibt konstant. Außerdem kann die Biomasse in einem Pixel mit der Vegetationsfläche im Pixel variieren. Beide Effekte können mit hyperspektralen Sen



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN

University of Applied Sciences

Beuth Hochschule für Technik
Fachbereich III
Labor für Photogrammetrie
Haus Bauwesen, Raum D157
Luxemburger Str. 10
D - 13353 Berlin

Betreuer: Dipl.-Ing. Michael Breuer

soren gemessen werden, da sie eine Auswirkung auf das Spektrum zeigen. Im Folgenden soll ermittelt werden, welche Regressionsmethode am geeignetsten ist, den Zusammenhang zwischen dem Feuchtgewicht der Biomasse und den Hyperspektraldaten sichtbar zu machen.

Getestete Regressionsmethoden

Univariate Lineare Regression

Diese Regressionsmethode stellt die einfachste Methode in der Testreihe dar. Hierbei wird ein linearer Zusammenhang zwischen genau zwei Variablen (X und Y) gesucht. Ziel ist es, dass die Summe der quadrierten Abweichungen aller Punkte von der Regressionsgrade ein Minimum ergibt.

Support Vector Machine Regression (SVMR)

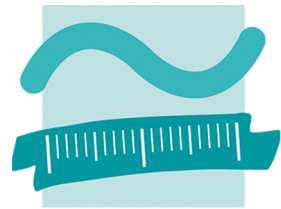
Die Support Vector Machine Regression stellt eine von zwei getesteten, multivariaten Regressionsmethoden dar. SVMs sind robust gegen Ausreißer und Rauschen. Außerdem kann die Anzahl der unabhängigen Variablen größer sein als die davon abhängigen Variablen, weshalb diese Methode im Zuge der Bachelorarbeit zuerst untersucht wurde.

Partial Least Squares Regression (PLSR)

Das bekannteste Verfahren der multivariaten Regression ist die PLS-Regression. Sie bietet die meisten Möglichkeiten aber auch die meisten Risiken. Denn bei unsachgemäßem Einsatz der PLS-Regression ist es möglich, aus zufälligen oder unvollständigen Korrelationen Modelle zu erstellen, die in der Kalibrierung perfekt aussehen, aber über längere Zeit in der Praxis versagen. Ist man sich dieser Risiken bewusst, gibt es Wege sie zu umgehen.

Fazit und Ausblick

Die Annahme, dass die SVM die geeignetste Regressionsmethode zur Bestimmung der Biomasse von Algen aus Hyperspektraldaten darstellt, hat sich als falsch erwiesen. Nach dem aktuellen Stand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist es vorzuziehen, die PLS-Regression zur Bestimmung der Biomasse zu verwenden. Die Spektren sind vor ihrer Verwendung auf Ausreißer zu filtern und mit dem Savitzky-Golay Filter zu glätten. Mit den vier Modellen aus der PLS-Regression konnten Biomassewerte vorhergesagt werden, die lediglich 12 % bis 17 % von der Realität



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN

University of Applied Sciences

Beuth Hochschule für Technik
Fachbereich III
Labor für Photogrammetrie
Haus Bauwesen, Raum D157
Luxemburger Str. 10
D - 13353 Berlin

Betreuer: Dipl.-Ing. Michael Breuer

abweichen. Die oben und rechts stehende Abbildung verdeutlicht, dass die Biomassevorhersage nicht nur für die Flächen der Plots funktioniert, sondern auch im Gesamtgebiet sinnvolle Ergebnisse liefert. Des Weiteren bewegen sich die Ergebnisse im Bereich von in der Literatur publizierten Untersuchungen, die sich mit der Erhebung von Biomassewerten aus Fernerkundungsdaten beschäftigt haben. Damit ist das Ergebnis als zufriedenstellend einzustufen.

Über den durch den Arbeitsrahmen der Bachelorarbeit vorgegebenen Untersuchungsumfang hinaus, kann folgender Test empfohlen werden: Die Biomasse, also das Feuchtgewicht, könnte durch das bestimmte Trockengewicht ersetzt werden und die Regression mit der Methode durchgeführt werden, die sich bis hierhin als die erfolgversprechendste erwiesen hat.

Zur Erlangung von Modellen mit einer höheren Vorhersagegenauigkeit ist die Verwendung der Feldspektren unumgänglich. Daher sollten Versuche angestellt werden, diese mit den AISA-Spektren zu normieren und sie dadurch nutzen zu können.