

Konzept zur 3D-Erfassung, Analyse und Visualisierung eines dynamischen Bienennests

QUIRIN SCHREYER¹, EBERHARD GÜLCH² & JÜRGEN TAUTZ³

Zusammenfassung: Seit einigen Jahren arbeitet das Team HOBOS (Honeybee Online Studies) an der Erforschung der Bienenwelt. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen Bienenvölker, die rund um die Uhr überwacht und beobachtet werden. In Zusammenarbeit mit der Audi Stiftung für Umwelt entsteht das neue und einmalige Forschungsprojekt Smart HOBOS, das Bienen beim freien Bau eines Bienennests mit modernsten Beobachtungsinstrumenten untersucht. Die 3D-Erfassung des dynamischen Bienennests stellt einen Teil des neuen Projekts dar. Aufgabe der Masterthesis war die Entwicklung eines geeigneten Prozesses zur Vermessung, Analyse und Visualisierung dieses Bienennests.

1 Einleitung und Motivation

Das Projekt Smart HOBOS wurde im Herbst 2014 in Zusammenarbeit der Universität Würzburg, dem Team HOBOS und der Audi Stiftung für Umwelt entwickelt. (HOBOS 2016) Auf dem Audi-Werksgelände in Münchsmünster nahe Ingolstadt entsteht die Smart HOBOS Station (Abb. 1).



Abb. 1: Smart HOBOS Station Münchsmünster (AUDI STIFTUNG FÜR UMWELT, 2016)

¹ Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Alexandrastr. 4, 80538 München, E-Mail: Quirin.Schreyer@ldbv.bayern.de

² Hochschule für Technik Stuttgart, Schellingstr. 24, 70174 Stuttgart, E-Mail: Eberhard.Guelch@hft-stuttgart.de

³ Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Josef-Martin-Weg 52, 97074 Würzburg, E-Mail: Tautz@hobos.de

Diese verwendet eine einzigartige, neue Methodik zur Beobachtung und Erforschung des Bienenvolks. In der Smart HOBOS Station sollen die Honigbienen in einer möglichst naturnahen Umgebung ihr Nest auf natürliche Art und Weise bauen und nicht durch menschliche Einflüsse gestört werden. Eine Infrarotkamera, eine Wärmebildkamera und ein optisches 3D-Erfassungssystem werden auf einem Roboterarm befestigt. Dieser ermöglicht, das Bienennest jederzeit aus verschiedensten Perspektiven zu beobachten. Die Entwicklung eines Konzepts zur Anwendung des hier beschriebenen 3D-Erfassungssystems bildet eine der Aufgaben der Masterthesis. Die 3D-Daten sollen darüber hinaus zur Visualisierung und für tiefer gehende Analysen genutzt werden. Mit Smart HOBOS betritt HOBOS Neuland, da es ein „derartiges Forschungsprojekt bisher noch nicht gegeben hat“ (HOBOS 2016). Demnach ist noch nicht bekannt, welche Ergebnisse zu erwarten sind. Es besteht jedoch eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass die bisherigen Erkenntnisse über die Honigbiene in ihrem natürlichen Verhalten vertieft werden. Der Mensch ist folglich in der Lage, seinen Umgang mit Honigbienen optimal an deren Bedürfnisse anzupassen, um sie in Zukunft besser zu schützen. Das in der Masterthesis zu entwickelnde Konzept dient der Erfassung, Analyse und Visualisierung eines Teils der hierfür notwendigen Daten.

2 Realisierung der 3D-Erfassung und Visualisierung mit der Kinect

Der erste praktische Teil der Arbeit umfasste die Entwicklung eines automatisierten Arbeitsablaufs, der es ermöglichte, ein dynamisches Bienennest mit einer Microsoft Kinect V2 (Kinect) zu erfassen und das hieraus erstellte 3D-Modell online zu visualisieren. Hierbei wurden verschiedene 3D-Messprogramme in einer Simulationsumgebung an einem Bienennestmodell (Abb. 2) getestet und gegenübergestellt.



Abb. 2: Vorlage (HOBOS, 2016) und Nachbau eines frei gebauten Bienennests

2.1 Anwendung und Vergleich der Softwarepakete

Die Anwendung und der anschließende Vergleich der Softwarepakete zeigte eine Übersicht der Programme, die für die Smart HOBOS Station geeignet sind. Der Kinect Fusion Explorer der Firma Microsoft (MICROSOFT 2016) dient eher als Grundlage zur Programmierung, die die Möglichkeiten der Kinect zum 3D-Scan aufzeigt. Für eine geeignete Anwendung wären hier umfangreiche Programmierarbeiten notwendig. Arctec Studio der Firma Arctec 3D (ARCTEC

EUROPE 2016) hingegen könnte in einer Weiterentwicklung der 3D-Erfassung in der Smart HOBOS Station interessant werden. Die Software umfasst den gesamten Arbeitsablauf von der 3D-Erfassung über die Nachbearbeitung bis hin zur Visualisierung. Des Weiteren werden auch professionelle Laserscanner unterstützt, die eine höhere Auflösung als die Kinect bieten. Für die aktuelle Konfiguration der Smart HOBOS Station mit der Kinect als 3D-Erfassungssystem ist KScan3D von LMI Technologies (LMI TECHNOLOGIES 2016) am besten geeignet. Zum einen sind die Ergebnisse optisch ansprechender und zum anderen auch besser hinsichtlich der Genauigkeit im Vergleich zur Software Kinect Fusion Explorer. Des Weiteren ist KScan3D kostenlos verfügbar. Die Skriptfähigkeit rundet die Entscheidung für KScan3D ab, da es ohne weiteres möglich ist, den Arbeitsablauf von der 3D-Erfassung bis zum Export des 3D-Modells zu automatisieren.

2.2 Visualisierung auf der HOBOS-Webseite

Die Online-Visualisierung erfolgte auf einer zu diesem Zweck programmierten Webseite (siehe Abb. 3). Die entwickelte Visualisierung der 3D-Modelle bietet eine ansprechende Möglichkeit, die erfassten Daten darzustellen, zu untersuchen und folglich neue Erkenntnisse über den Wabenbau der Honigbiene zu erlangen.

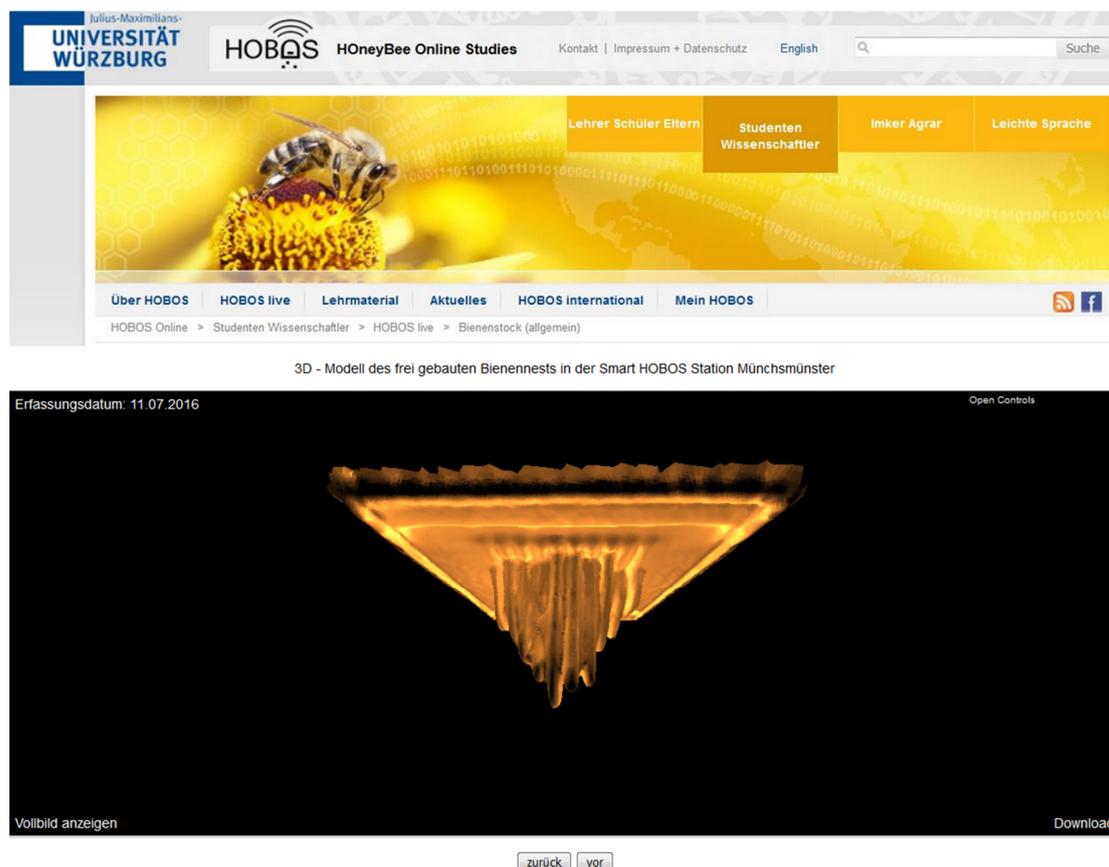


Abb. 3: Online-Visualisierung der 3D-Bienennestmodelle

Mit der integrierten Download-Funktion ist es möglich, die Daten lokal für tiefer gehende Analysen bereitzustellen. In einem ausführlichen Anwenderhandbuch wurden alle Schritte beschrieben, die zur Ausführung des entwickelten Prozesses von der 3D-Erfassung bis hin zur Online-Visualisierung notwendig sind.

3 Messungen mit dem Faro Freestyle 3D und Vergleich

Zur Beurteilung der Genauigkeit der mit der low-cost Kamera Kinect erfassten 3D-Modelle erfolgten Vergleichsmessungen (Abb. 4) mit dem professionellen Handlaserscanner Faro Freestyle 3D der Firma Faro (FARO 2016).

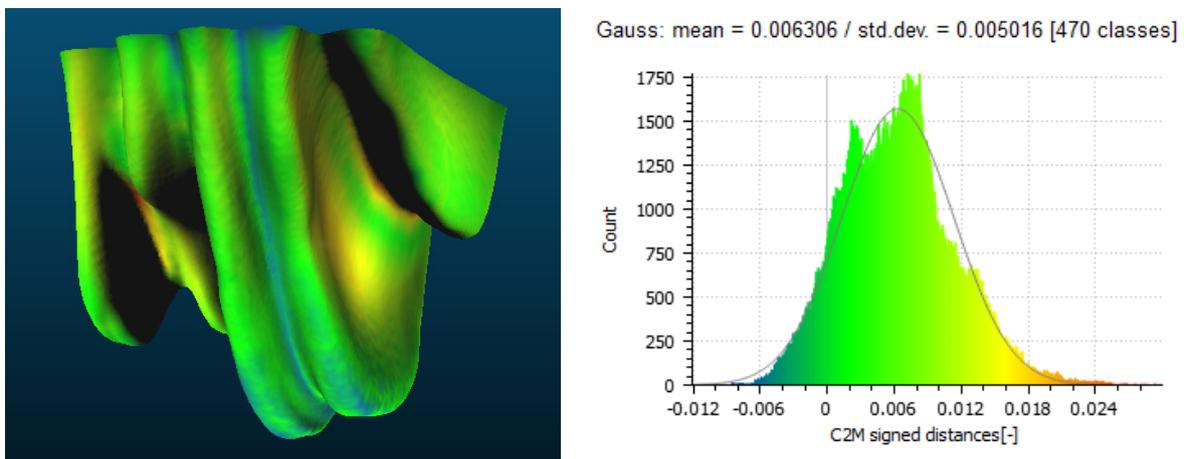


Abb. 4: Vergleich eines 3D-Modells der Kinect mit einem 3D-Modell des Faro Freestyle 3D

Die Ergebnisse zeigten durchschnittliche Abweichungen der 3D-Modelle von wenigen Millimetern, die bei einem solch hohen Preisunterschied von mehreren tausend Euro durchaus bemerkenswert sind. Es bleibt zu bedenken, dass die Kinect ursprünglich zur interaktiven Steuerung von Videospielen konzipiert wurde. Dennoch konnten für diesen speziellen Einsatzzweck gute Ergebnisse erzielt werden.

4 Weitere Analyse und Verarbeitung der digitalen Nestmodelle

Den Abschluss der Arbeit bildete die weitere Analyse und Verarbeitung der erfassten 3D-Daten. Zunächst wurde eine Deformationsanalyse durchgeführt, die sowohl quantitativ als auch visuell die Entwicklung des Bienennestmodells abbildete. In einem weiteren Schritt wurden die Bienen simuliert, die sich später in der Smart HOBOS Station auf der Nestoberfläche befinden. Mit Hilfe einer digitalen Retusche wird es ermöglicht, die Bienen von der Oberfläche der 3D-Modelle zu entfernen.

4.1 Deformationsanalyse

Die Deformationsanalyse (Abb. 5) der 3D-Daten ermöglichte diese über die Visualisierung hinaus noch besser zu verwerten. Mit Hilfe der dargestellten Analysemethoden ist es möglich,

die Entwicklung des frei gebauten Bienennestes innerhalb der Baustadien übersichtlich nachzuverfolgen.

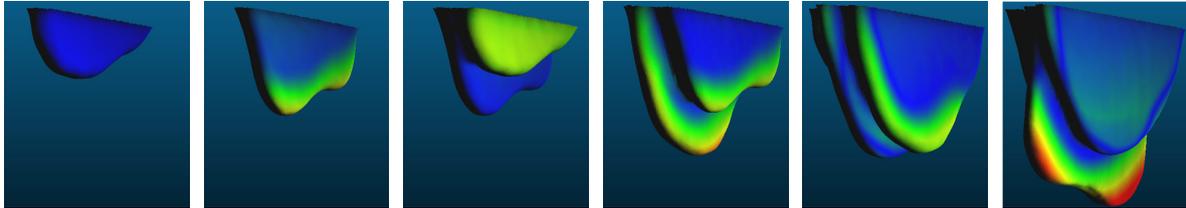


Abb. 5: Deformationsanalyse am Beispiel einer Modellentwicklung

Dennoch zeigten die Testdaten auf, dass Probleme auftreten können, wie zum Beispiel die zu schmale Erfassung einzelner Waben. Sofern diese Einschränkungen berücksichtigt werden, sind die abgebildeten Methoden zur Analyse durchaus wertvoll und bieten einen Mehrwert für die Verwertung der Daten.

4.2 Digitale Retusche der Bienen von der Nestoberfläche

Im Rahmen der Masterthesis wurden bisher die Bienen vernachlässigt, die sich in der Smart HOBOS Station auf dem Bienennest befinden werden. Die Bienen sind eine variable Komponente, deren Verhalten sich nur erahnen lässt. Zu Beginn des Nestbaus werden die Waben wohl vollständig von Bienen bedeckt sein. Demzufolge werden bei der 3D-Erfassung tatsächlich die Bienen und nicht die Bienennestoberfläche aufgenommen. Je größer die Waben werden, umso häufiger sind freie Flächen auf der Bienennestoberfläche zu erkennen. Aus diesem Grund wurde ein Prozess entwickelt, der es ermöglicht, die Bienen digital von der 3D-Modelloberfläche zu retuschieren (Abb. 6). Der entwickelte Prozess zeigte, dass eine vollständige Reproduktion der Nestoberfläche möglich ist.

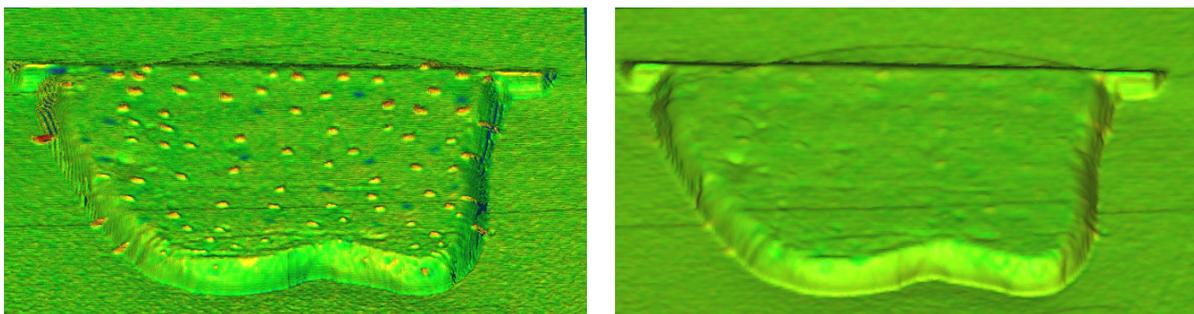


Abb. 6: Digitale Retusche der Bienen von der Oberfläche des 3D-Modells (links vorher/rechts nachher)

Aufgrund der Dauer der Aufnahme und der Auflösung der Kinect konnte der Prozess nur auf einzelne Bereiche der Nestoberfläche angewendet werden. Durch die Verwendung mehrerer 3D-Scanner, die gleichzeitig das Bienennest aus verschiedenen Positionen erfassen, wäre mit dem abgebildeten Prozess eine vollständige Retusche der Bienen von der gesamten Nestoberfläche theoretisch möglich. Die Retusche ist jedoch erst möglich, wenn die Bienen nach und nach alle Bereiche der Oberfläche mindestens einmal freigegeben haben. Die geringen Abweichungen

zwischen retuschierter und tatsächlich aufgenommener Nestoberfläche im Submillimeterbereich waren erstaunlich und bestätigten, dass der entwickelte Prozess gute Ergebnisse liefert.

5 Fazit & Ausblick

Die zuvor beschriebenen Teilaspekte finden sich im entwickelten Konzept wieder, das nun in der Smart HOBOS Station an einem realen, frei gebauten Bienennest angewendet werden kann. Auf dieser Arbeit aufbauend ist es denkbar, in Zukunft mit einem professionellen Laserscanner die Auflösung der 3D-Modelle zu erhöhen. Es entstehen dadurch neue Aufgaben, die gelöst werden müssen. Zum einen steigt die Dateigröße enorm an. Dies hat zur Folge, dass eine flüssige Online-Visualisierung höhere Hardwareansprüche erfordert. Zum anderen werden die Bienen auf der Nestoberfläche die Aufnahmen deutlich beeinflussen. Die entwickelten Analyse- und Visualisierungsmöglichkeiten sollten hingegen problemlos auch auf höher auflösende 3D-Modelle anwendbar sein. Eine weitere denkbare Verwertung der 3D-Modelle könnte ein 3D-Zeitrafferfilm sein. Mit einer Virtual-Reality-Brille könnte die Entwicklung des Bienennests in einem solchen Film noch eindrucksvoller nachvollzogen werden. Für Schülerinnen und Schüler könnten hieraus auch interaktive Lernspiele entwickelt werden. Der Entwicklungskreis der Kinect von der interaktiven Steuerung von Videospiele über die 3D-Erfassung des Bienennests zurück zum Einsatz als Steuerung in Lernspielen wäre schließlich geschlossen.

Zusammenfassend ist eine automatisierte und dennoch flexible Möglichkeit entstanden, die Kinect innerhalb der Smart HOBOS Station sinnvoll einzusetzen. Die Ergebnisse der Analyse- und Visualisierungsfunktionen werden hoffentlich umfangreiche und bisher unbekannte Erkenntnisse über den Superorganismus Bienen liefern und folglich dessen Schutz verbessern.

6 Literaturverzeichnis

- ARCTEC EUROPE, 2016: Artec 3D - Scanner - Komplette 3D - Scanlösungen. <https://www.artec3d.com/de/>, letzter Zugriff am 03.05.2016.
- AUDI STIFTUNG FÜR UMWELT, 2016: Audi Stiftung für Umwelt fördert Bienenforscher. <http://www.audi-umweltstiftung.de/auws/brand/de/projekte/hobos/impressionen.html>, letzter Zugriff am 18.07.2016.
- FARO, 2016: 3D-Messtechnik von FARO. www.faro.com/de-de/, letzter Zugriff am 03.06.2016.
- HOBOS, 2016: HOBOS - Honey Bee Online Studies. <http://hobos.eu/>, letzter Zugriff am 18.07.2016.
- LMI TECHNOLOGIES, 2016: 3D Mesh Generation with KScan3D Software and Kinect. <http://www.kscan3d.com/>, letzter Zugriff am 16.06.2016.
- MICROSOFT, 2016: Kinect Fusion. Online verfügbar unter <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dn188670.aspx>, letzter Zugriff am 18.07.2016.
- TAUTZ, J., 2015: Die Erforschung der Bienenwelt. Neue Daten - neues Wissen. 2. Aufl. Stuttgart: Klett MINT GmbH.