



**Deutsches
Forschungszentrum
für Künstliche
Intelligenz GmbH**



Proposal für eine Bachelor-Thesis

Arbeitstitel:

- Entwicklung und Evaluation eines biologisch-inspirierten Befestigungssystems zur dauerhaften Fixierung einer Unterwasser-Lokalisationsboje an einer Eisdecke -

Christian Raulf

Hochschule Bremen

Internationaler Studiengang Bionik

Fakultät 5 – Natur und Technik

Matrikelnummer: 264458

Gutachter: Prof. Dr. Susanna Labisch, Prof. Dr. Frank Kirchner

Betreuer: M.Sc. Philipp Kloss

Problemstellung

Das Projekt Europa-Explorer stellt eine Machbarkeitsstudie für eine in der Zukunft liegende Mission zum Jupitermond Europa dar. Inhalt dieser Mission ist ein Durchdringen der auf Europa befindlichen Eisdecke und das Entlassen eines Erkundungsfahrzeugs (AUV) in das darunterliegende Gewässer. Die Positionsbestimmung des AUVs erfolgt unter anderem mit Hilfe eines hydroakustischen Navigationssystems, welches durch ein Netz von zuvor ausgebrachten Lokalisationsbojen aufgebaut werden soll. Diese Bojen, welche etwa die Abmessungen einer Getränkedose aufweisen, werden nach Durchbrechen der Eisdecke in das Wasser entlassen und räumlich verteilt. Anschließend erfolgt die Fixierung der Bojen in der darüber befindlichen Eisdecke, wozu ein integrierter Befestigungsmechanismus zum Einsatz kommen soll. Diese Bachelor-Thesis befasst sich, im Hinblick auf die Anforderungen zur Fixierung der Bojen, mit der Fragestellung, welche Systeme zur Befestigung auf harten Substraten in natürlichen Systemen existieren, ob sich diese adäquat auf ein technisches System dieser Art übertragen lassen und mit welchen Vor- und Nachteilen im Rahmen des Projektes Europa Explorer zu rechnen ist. Eine schematische Abbildung des Szenarios ist in Abbildung 1 zu sehen.

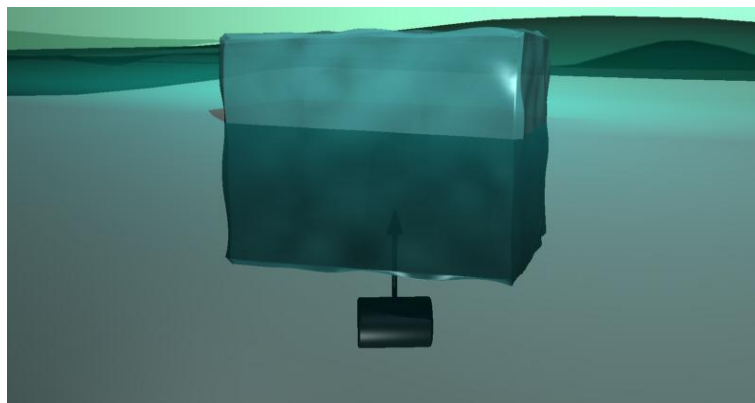


Abbildung 1: Schematische Abbildung des Einsatzgebietes der Boje. Die im Wasser befindliche Boje nähert sich der Eisdecke, um durch einen integrierten Befestigungsmechanismus in den Eiskörper einzudringen, eine dauerhafte Verbindung herzustellen und eine ortsfeste Fixierung der Boje zu ermöglichen.

Zielsetzung

Ziel dieser Bachelor-Thesis ist die Entwicklung eines Befestigungssystems zur Fixierung der Lokalisationsbojen. Vor dem Hintergrund der Missionsanforderungen und unter Berücksichtigung der mit begrenzten Kräften zu überwindenden fluiden Phase und den physikalischen Eigenschaften von Eis, soll nach geeigneten Lösungen in der belebten Natur

gesucht werden, um diese entsprechend abstrahiert auf eine technische Lösung zu übertragen. Die Arbeit umfasst ein Screening möglicher Lösungsansätze biologischer Systeme, die Konstruktion eines Prototyps, sowie das Durchführen einer Testreihe unter definierten Laborbedingungen. Während der Realisierung kommt die „Techno-Pull“ genannte Arbeitsmethode des bionischen Arbeitsprozesses zum Einsatz, welche ausgehend von einem technischen Problem einen biologisch-inspirierten Lösungsansatz verfolgt. Nach Abschätzung einer geeigneten Lösungsstrategie und unter Berücksichtigung der Umgebungs- und Randbedingungen erfolgt die Konstruktion des Systems auf Basis geeigneter CAD-Software (Rhinoceros 4, Autodesk Inventor). Nach dem Bau eines Prototyps wird dieser im Labor getestet, um die Einsetzbarkeit des Systems abschätzen zu können.

Umsetzung

Die kurz- und langfristige Herstellung einer mechanischen Verbindung zweier Körper in der belebten Natur wurde bereits ausgiebig und in großem Umfang beschrieben. Das von Werner Nachtigall (2005) verfasste Werk „Biologisches Design“ liefert einen breitgefächerten Einblick in Verbindungs- und Verankerungssysteme (u.a. mittels Verkopplung, Verklammerung, Verhakung, Verklemmung, Ansaugen, Adhäsion oder Verwurzeln) biologischer Systeme. Ein Eindringen in Oberflächen geschieht in der Natur, wie auch das mechanische Verbinden, auf ebenso vielfältige Weise. Hier erscheint insbesondere ein Blick auf Systeme zur Durchdringung vergleichsweise harter Substrate als sinnvoll, wie es zum Beispiel an Schneidezähnen von Haien oder den Stachelapparaten von Insekten zu beobachten ist. Abbildung 2 zeigt schematisch die schrittweise Penetration eines Insektenstachels nach Untersuchungen von Hermann (1971). Die mit Widerhaken (Bb) versetzten Lanzetten (Ln) dringen dabei abwechselnd in die Hautoberfläche des Feindes ein und verhindern somit ein ungewolltes Herausrutschen des Stachelapparates. Frazetta (1988) hat in einer Studie die Mechanik des Schneidvorgangs sowie die Geometrie diverser Zähne an Haifischen untersucht. Gleichzeitig wurde das Eindringen in Stahl, Holz und Kunststoff auf Acrylbasis betrachtet was wertvolle Hinweise auf Geometrie und Mechanik des Befestigungssystems liefern kann. Diese Beispiele sollen einen ersten Überblick zu möglichen Lösungsstrategien geben, eine vertiefende Literaturrecherche erfolgt im Rahmen der Arbeit selbst. Nach Identifikation einer kombinierten Lösungsstrategie soll die Konstruktion einer geeigneten Mechanik erfolgen. Hierzu wird mittels CAD-Software ein Prototyp konstruiert,

welcher nach Rücksprache mit dem Betreuer in den Werkstätten des DFKI gebaut werden kann. Dabei soll auf die Verwendung von Norm- und leicht zu erhaltenen Bauteilen geachtet und die Herstellung von speziell angefertigten Teilen minimiert werden. Die Evaluation der Zielsetzung wird ebenfalls in den Räumlichkeiten des DFKI in Bremen durchgeführt. Hierzu soll der entwickelte Mechanismus unter festgelegten Randbedingungen (u.a. Temperatur und Druck, Härte und Oberflächenbeschaffenheit des Eisblocks) an einen schwimmenden Eisblock herangeführt und ausgelöst werden. In mehreren Durchläufen soll so eine quantitative Aussage zu den Eigenschaften der Verbindung gemacht werden. Mögliche Größen können hierbei u.a. die Widerstandskraft gegen ein Lösen der Verbindung bei Lasten verschiedener Richtungen, die Eindringtiefe in das Substrat (Eis), sowie die Anzahl der erfolgreichen und fehlgeschlagenen Verbindungen sein. Weiterhin könnte ein Vergleich zu existierenden Systemen, z.B. Eisschrauben aus dem Bereich des Klettersports, näher betrachtet werden. Konstruktion und Test des Systems geschieht dabei ausdrücklich unter Umgebungsbedingungen auf der Erde. Im Rahmen der Arbeit kann lediglich eine Abschätzung der Verwendbarkeit im Projekt Europa-Explorer erfolgen.

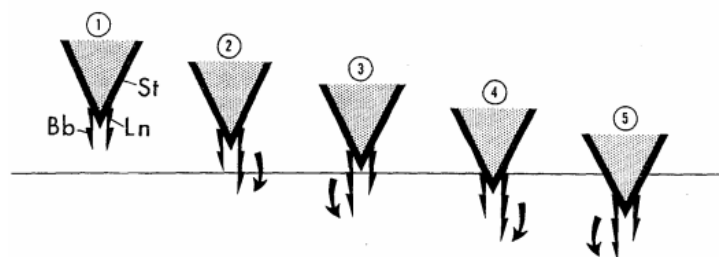


Abbildung 2: Schrittweise Penetration eines Insektenstachels durch rhythmische Translation der mit Widerhaken besetzten Lanzetten (nach Hermann 1971).

Meilensteinplan

Die Auswahl eines oder mehrerer geeigneter Vorbilder, ein Abstraktionsprozess, die Konstruktion und Umsetzung eines Prototyps mit anschließendem Test sowie die Verschriftlichung der Arbeiten sollen, wie abgebildet, 9 Wochen umfassen und in Kalenderwoche 13 beginnen.

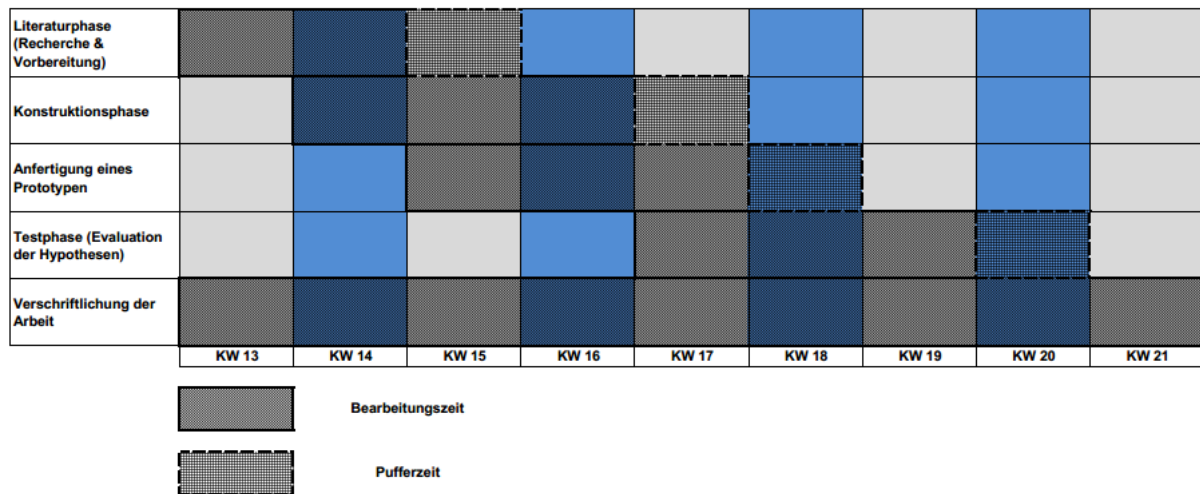


Abbildung 3: Meilensteinplan der Bachelor-Thesis

Vorläufiges Literaturverzeichnis

Frazzetta, T.H. (1988): The mechanics of cutting and the form of shark teeth (Chondrichthyes, Elasmobranchii). *Zoomorphology* (1988) 108:93-107.

Hermann, H.R. (1971): Sting autonomy. A defensive mechanism in certain social hymenoptera. *Insectes Sociaux* (1971) Volume XVIII No.2, pp.111-120.

Nachtigall, W. (2005): *Biologisches Design. Systematischer Katalog für Bionisches Gestalten.* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2005.