

## Arne N. Johanson: Model-Driven Software Engineering for Computational Science Applied to a Marine Ecosystem Model

**1. Gutachter:** Prof. Dr. Wilhelm Hasselbring (Universität Kiel)

**2. Gutachter:** Prof. Dr. Andreas Oschlies (GEO-MAR – Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel)

**Datum der Prüfung:** 04. März 2016

### Zusammenfassung:

Diese interdisziplinäre Arbeit leistet Beiträge sowohl in der Softwaretechnik als auch in der ökologischen Modellierung. In der Disziplin der Softwaretechnik führen wir mit *Sprat* einen modellgetriebenen Entwicklungsansatz speziell für das wissenschaftliche Rechnen ein. In dem Gebiet der ökologischen Modellierung präsentieren wir mit dem *Sprat Marine Ecosystem Model* ein räumlich explizites Modell für Fischpopulationen im Kontext der end-to-end Modellierung von marinen Ökosystemen.

Die steigende Komplexität von *in silico* Experimenten in den Naturwissenschaften spiegelt sich in einer beständig größer werdenden Komplexität der Simulationssoftware, die diese Experimente ermöglicht. Aufgrund dieser Entwicklung besteht zusehends die Notwendigkeit, dass NaturwissenschaftlerInnen verschiedener Disziplinen kollaborieren, um derart komplexe Simulationssoftware entwickeln zu können. Da die WissenschaftlerInnen in diesem Entwicklungsprozess jedoch nur selten moderne Methoden der Softwaretechnik verwenden, wird die Wartbarkeit und Performance der Software sowie die Zuverlässigkeit der mit ihrer Hilfe erzeugten Ergebnisse negativ beeinflusst. Dieser Herausforderung begegnen wir mit unserem *Sprat*-Ansatz, der verschiedene domänenspezifische Sprachen hierarchisch miteinander integriert. Unser Entwicklungsansatz vereinfacht die Kooperation von NaturwissenschaftlerInnen aus verschiedenen Disziplinen und unterstützt sie darin, qualitativ hochwertige Software zu erstellen, ohne eine umfassende Softwaretechnik-Ausbildung absolvieren zu müssen. Um den *Sprat*-Ansatz zu evaluieren, setzen wir ihn im Rahmen einer explorativen Fallstudie für die Implementierung des *Sprat Marine Ecosystem Model* ein.

Das *Sprat Marine Ecosystem Model* ist ein Bestandsmodell für Fische, welches mit biogeochemischen Ozeanmodellen gekoppelt wird, um alle trophischen Ebenen eines Ökosystems abbilden zu können. Das Modell verwendet einen neuartigen Modellierungsansatz, der auf Populationsbilanzgleichungen aufbaut. Dieser Ansatz vereinigt die Vorzüge von existierenden end-to-end Modellierungsansätzen und ver-

meidet ihre wesentlichen Nachteile. Um die partiellen Differentialgleichungen des *Sprat*-Modells zu lösen, entwickeln wir eine *flux-corrected transport* Finite-Element-Methode, die explizite Mehrschrittverfahren für die Zeitintegration verwendet. In dieser Arbeit evaluieren wir das *Sprat*-Modell, indem wir es für das östliche Scotian Shelf Ökosystem mit seinen verwobenen direkten und indirekten Interaktionen parametrisieren, die vormals nicht zufriedenstellend modelliert werden konnten. Unsere Simulationsergebnisse bieten neue Erkenntnisse über Regimeumbrüche in marinen Ökosystemen.

**Veröffentlicht als:** Arne N. Johanson: Model-Driven Software Engineering for Computational Science Applied to a Marine Ecosystem Model, 2016.

Online unter <http://eprints.uni-kiel.de/32070/>