

# Geodätische Expertise bei der Entwicklung großer Systeme durch Systems Engineering Teams

**Ulrich Lenk**

Airbus Defence and Space, Immenstaad  
E-Mail: Ulrich.Lenk@airbus.com

## Zusammenfassung

Der Artikel gibt einen Überblick über Vorgehensweisen und Standards in der Entwicklung großer Systeme und in die darauf spezialisierte Disziplin, das Systems Engineering. Dabei wird Bezug darauf genommen, welche Anteile Geodäten und Geoinformatiker hierbei haben (können). Es wird untersucht, inwieweit die in der aktuellen Literatur veröffentlichten Ansätze zur Einführung von GIS mit den standardisierten Abläufen aus den Systemlebenszyklus-Prozessen und -Aktivitäten ergänzt werden könnten. Ebenso wird auf die aktuellen Kerncurricula für Geoinformatik eingegangen.

## 1 Einleitung

Die Entwicklung großer Systeme erfordert das möglichst reibungsarme Zusammenspiel verschiedener Disziplinen. Bei der Komplexität von großen IT-Systemen wie verteilten Führungsinformationssystemen (z. B. Wunder und Grosche, 2012), Sensoreinsatzsystemen oder anderen militärischen GIS-Anwendungen (z. B. Joos, 2010) ist es notwendig, dass viele Aufgaben von Fachleuten aus der Datenverarbeitung mit verschiedenen Spezialisierungen in der Softwareentwicklung und mit dem Einsatz verschiedener Hardwarekonfigurationen übernommen werden. Allerdings können Informatiker nicht alle inhaltlichen und technischen Belange von großen Systemen bearbeiten, da manche Details spezielles Fachwissen für eine sachlich richtige Bearbeitung erfordern. Beispielsweise ist die Nutzersicht fachgerecht von Vertretern der Anwendergruppen in die Entwicklung einzubringen, z. B. in Form von Anwendungsfallbeschreibungen (Use Cases) und konzeptionellen Datenmodellen. Ein weiteres typisches Beispiel sind die Aufgaben, die sich aus der nach Helmert klassi-

schen Definition der Geodäsie ergeben, welche die „Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche“ darstellt (zitiert nach Heck, 2003). In großen Sensor- oder Einsatzleitsystemen sind nahezu immer georäumliche Darstellungen zwecks anschaulicher Visualisierung von Ressourcen enthalten, die zum einen mit räumlichen Daten versehen, zum anderen aber auch inhaltlich richtig eingebunden werden müssen.

Für reibungsarme Kommunikation muss es in diesen interdisziplinären Teams eine einheitliche Projektsprache und ein gemeinsames Systemverständnis geben sowie ein entsprechendes, wenn möglich standardisiertes Vorgehensmodell. Teilweise ist dies über Sprachgrenzen hinweg erforderlich, wie es z. B. in international tätigen Firmen der Alltag ist. Aus Kostengründen (Nutzung und wiederholter Einsatz von gleichen Ressourcen wie Personal und Software in verschiedenen Projekten, entsprechender Beschaffungs- und Trainingsbedarf, Übertragbarkeit der Methoden, etc.) müssen Vorgehensmodelle soweit als möglich auch über Organisationsgrenzen und Projekte hinweg Gültigkeit haben.

Erschienen bei KIT Scientific Publishing  
Schriftenreihe des Studiengangs  
Geodäsie und Geoinformatik 2018,1

DOI Einzelbeitrag:  
10.5445/KSP/1000080233

Festschrift zur Verabschiedung von  
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Bernhard Heck  
(Schw)Ehre, wem (Schw)Ehre gebührt

DOI Festschrift:  
10.5445/KSP/1000080324



Dieses Werk ist lizenziert unter einer  
Creative Commons Namensnennung  
- Weitergabe unter gleichen Bedin-  
gungen 4.0 International Lizenz (CC BY-SA 4.0): [https://  
creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en)

Vor diesem Hintergrund soll mit diesem Beitrag eine für klassische Geodäten vielleicht etwas ungewöhnliche aber interessante Tätigkeitsperspektive aufgezeigt werden: die des Systemingenieurs bzw. wie es im Englischen standardmäßig bezeichnet wird, des Systems Engineers. Weiter sollen vergleichende Betrachtungen durchgeführt werden zwischen Vorgehensweisen, wie sie im Bereich der Entwicklung von Geoinformationssystemen Anwendung finden, und den standardisierten Ansätzen der internationalen Systementwicklung. Auch wenn Vermesser und Geodäten schon immer zu einem gewissen Maße in einem interdisziplinären Umfeld tätig waren, wie z. B. in der Industrievermessung oder im Bauwesen, so stellen sich in der Systementwicklung doch Aufgaben, auf die man zumindest zu Studienzeiten des Autors nicht direkt vorbereitet wurde.

## 2 Internationale Standards in der Systementwicklung

Die Definition für Systems Engineering des International Council on Systems Engineering (INCOSE), der weltweiten Organisation der Systemingenieure (INCOSE, 2015) bzw. in der deutschen Übersetzung durch die GfSE (Gesellschaft für Systems Engineering; GfSE, 2016), beginnt mit den Worten: „Systems Engineering (SE) ist ein interdisziplinärer Ansatz zur Unterstützung der Realisierung von erfolgreichen Systemen.“ Die hohe Akzeptanz, die systematischen Ansätzen für SE entgegengebracht wird, zeigt sich u. a. darin, dass verschiedene große Organisationen wie z. B. die NASA dazu eigene Handbücher herausgebracht haben. So beginnt Kap. 2 von NASA (2017) mit den Worten *At NASA, „systems engineering“ is defined as a methodical, multidisciplinary approach for the design, realization, technical management, operations, and retirement of a system.*

Die Übertragbarkeit von Ansätzen über Projekt- und Organisationsgrenzen hinweg (s. o.) ist nur möglich, wenn im SE auf der Basis von Standards gearbeitet wird. Es kann sich dabei um organisationsspezifische Vorgaben (z. B. NASA, 2017), vorzugsweise aber sollte es sich um international anerkannte und angewendete Standards handeln. Dabei sind diese Standards auf verschiedenen Verfahrensebenen einzuordnen.

- Prozess- bzw. Vorgehensmodellebene: Welche Verfahren und Prozesse werden im Projekt eingesetzt, um ein umfassendes und strukturiertes Vorgehen zu unterstützen?
- Dokumentationsstruktur- bzw. Artefakten-Ebene: Welche Dokumentation soll im Rahmen der Systementwicklung und darüber hinaus im gesamten Systemlebenszyklus erstellt und gepflegt werden?
- Modellierungs- bzw. Dokumentationsebene: Auf welche Weise bzw. mit welchen Mitteln soll die Dokumentation erstellt werden?

Auf diese Ebenen wird im Folgenden detaillierter eingegangen. Hinweise bzgl. der Aus- und Fortbildung im SE werden ebenfalls gegeben.

### 2.1 Prozessebene

Vorgehensmodelle als Blaupausen für die Durchführung von Entwicklungsprojekten sind seit langer Zeit etabliert. Ein bekanntes Vorgehensmodell in der Softwareentwicklung ist das V-Modell. Das SE betrachtet jedoch nicht nur die zu entwickelnde Software, sondern das gesamte System mit seinem Umfeld über den gesamten Lebenszyklus, von der Planung über die Realisierung und den Betrieb bis hin zur Entsorgung bzw. Stilllegung. Die ISO IEC IEEE 15288 (2015) ist im SE als der primäre Standard zu nennen, der alle diese Phasen in einem Systemlebenszyklus abdeckt. Dieser Standard gliedert die Systemlebenszyklusprozesse in vier Prozessgruppen, denen die eigentlichen Prozesse zugeordnet sind:

Die *Technischen Prozesse* umfassen: Geschäfts- oder Auftragsanalyse; Definition der Stakeholder-Bedarfe und -Anforderungen; Definition der Systemanforderungen; Architekturgestaltung; Entwurf; Systemanalyse; Umsetzung; Integration; Verifikation; Übergabe; Validierung; Betrieb; Wartung; Entsorgung.

Die *Technischen Managementprozesse* umfassen: Projektplanung; Projektbewertung und -steuerung; Entscheidungsmanagement; Risikomanagement; Konfigurationsmanagement; Informationsmanagement; Messung; Qualitätssicherung.

Die *Vertragsprozesse* umfassen: Beschaffung; Lieferung.

Die *Organisatorischen Unterstützungsprozesse* umfassen: Lebenszyklusmodell-Management; Infrastrukturmanagement; Portfoliomanagement; Personalmanagement; Qualitätsmanagement; Wissensmanagement.

Typisch für den Einsatz von standardisierten Prozessmodellen ist, dass sie für einen konkreten Einsatz jeweils angepasst werden (das so genannte „tailoring“), da es natürlich nicht möglich ist, für kleine Projekte den gleichen (administrativen) Arbeitsaufwand zu betreiben wie für große. Dabei gibt es zu den verschiedenen Vorgehensmodellen auch Leitfäden und Empfehlungen, wie die Standards anzuwenden sind, welche Prozessschritte bei welcher Projektgröße mindestens zu durchlaufen und welche Artefakte minimal zu erstellen sind (z. B. ISO IEC TR 24748-2, 2011), oder kommentierte begleitende Anwendungsliteratur wie das INCOSE SE Handbuch (INCOSE, 2015; GfSE, 2016).

## 2.2 Dokumentationsstrukturebene

Neben diesen Empfehlungen gibt es auch Standards der Industrie oder von Behördenkunden, die eine Strukturierung insbesondere der Dokumentationsartefakte der Projekt- und Architekturinformationen vornehmen und dabei unterschiedliche thematisch klassifizierte Sichten (engl. views) auf das zu entwickelnde System und dessen Umgebung einnehmen. Diese Architekturrahmenwerke (engl. Architecture Framework, AF) sind auch im Unternehmensbereich als Enterprise AFs weit verbreitet und u. a. im Verteidigungsbereich üblich, um z. B. Architekturen besser miteinander vergleichen zu können. Bekannte Vertreter sind z. B.:

- das The Open Group AF (TOGAF);
- das US Department of Defense AF (DoDAF);
- das British Ministry of Defence AF (MODAF);
- das NATO AF (NAF).

Ausführliche Informationen zu diesen und anderen Frameworks findet man leicht im Internet, daher wird hier davon Abstand genommen, auf Referenzen zu verweisen. Exemplarisch soll das NAF in der Version 3 (NATO NC3B, 2007) detaillierter vorgestellt werden, da es im behördlichen Arbeitsumfeld des Autors internationale Verbreitung hat und es der MODAF und der DoDAF sehr ähnlich ist. Es existieren im NAF sieben Gruppen von Views, und diese untergliedern sich weiter in Sub-Views.

*NAV*: NATO All View; dieser enthält u. a. eine Management-Zusammenfassung (Overview and Summary Information) und das Projektglossar mit dem Abkürzungsverzeichnis (Integrated Dictionary).

*NCV*: NATO Capability View; dieser dient der Analyse und Optimierung der Fähigkeiten, die mit dem System bereitgestellt werden sollen, sowie den betroffenen Ressourcen.

*NOV*: NATO Operational View; dieser beschreibt das operationelle Konzept, d.h. die Aktivitäten und Anwendungsfälle (Use Cases), die im System bearbeitet werden können, die organisatorischen Einheiten und Knoten im System sowie die konzeptionellen Informationsmodelle (nicht das logische bzw. technische Datenmodell!) und wie deren Elemente zwischen verschiedenen Sub-Systemen ausgetauscht werden. Dazu gehören auch Zustandsbeschreibungen, zeitliche Anforderungen und Regeln im System.

*NSOV*: NATO Service-Oriented View; diese Sicht wurde der NAF zugefügt, um dienstorientierte Architekturen (Service Oriented Architectures, SOA) besser abbilden zu können.

*NSV*: NATO Systems View; hierin wird die eigentliche Architektur des Systems näher beschrieben. Es werden die Schnittstellen zu anderen Systemen, die logischen und physikalischen Datenmodelle und die Funktionalitäten der untergeordneten Systemelemente spezifiziert. Es wird aber auch beschrieben, wie sich das System im Lauf seines Lebenszyklus weiter entwickeln soll und wie der technische Ausblick ist.

*NTV*: NATO Technical View; hier finden sich technische Vorgaben und Regeln, die die Umsetzung der Architektur mit den Abhängigkeiten und Interaktionen zwischen den verschiedenen enthaltenen Elementen betreffen, wie z. B. Implementierungsrichtlinien, Standardsübersichten mit Konfigurationsvorgaben und ein Ausblick, wie sich relevante Standards weiter entwickeln werden bzw. eine Einschätzung davon.

*NPV*: NATO Programme View; dieser beschreibt das programmatische Umfeld, z. B. eine Zuordnung von Programmen zu Fähigkeiten, Zusammenhänge mit anderen Programmen bzw. Fähigkeitsanforderungen und deren Beschaffungsprozessen.

Auch wenn bei diesen Ansätzen die unterschiedlichen Sichten auf das System mit seinem Umfeld im Vordergrund stehen, so ergibt sich aus deren vorgegebenen Inhalten auch eine Reihenfolge in der Bearbeitung, so dass der Übergang zwischen Prozessebene und Dokumentationsstrukturebene teilweise fließend ist.

### 2.3 Dokumentationsebene

Mit der Festlegung einer Projektdokumentationsstruktur ist noch nicht notwendigerweise entschieden, auf welche Art der Inhalt der Dokumentation erstellt wird. Komplexe Zusammenhänge lassen sich bekannterweise am einprägsamsten durch Graphiken beschreiben, insbesondere wenn diese auf leicht verständlichen und wiederkehrenden Notationsstandards basieren. Was früher und teilweise auch heute noch Zeichenvorschriften für Ersteller von Plänen oder Musterblätter für Kartographen waren, sind heute in der Software- und Systementwicklung die Modellierungssprachen. Die Pläne sind inzwischen Modelle, die ihrerseits wieder mit Modellierungswerkzeugen erstellt und gepflegt werden. In der Softwareentwicklung wurde im Kontext der Entwicklung großer Softwaresysteme für deren Modellierung die Unified Modeling Language (UML) entwickelt, die inzwischen in der Version 2.5 von der Object Management Group (OMG) als Standard vorliegt (OMG, 2015), während die Version 2.4.1 auch als ISO IEC Standard verabschiedet wurde.

Das INCOSE setzte sich 2001 als Ziel, die UML auch für die Modellierung von Systemen zu verwenden (z. B. Weilkens, 2006). Durch Erstellen eines Profils der UML und Ergänzungen, die für die Modellierung von Systemen notwendig sind, wurde die Systems Modeling Language (SysML) geschaffen, die auch von der OMG gepflegt wird und inzwischen in der Version 1.5 vorliegt (OMG, 2017) und mit der Version 1.4.1 auch als ISO IEC Standard verabschiedet wurde (ISO IEC 19514, 2017).

Der Ansatz, ein zentrales Modell bei Entwurf und Entwicklung von Systemen zu verwenden, wird auch als Model-based SE (MBSE) bezeichnet. Abhängig davon, welche Information mit den verschiedenen Modellierungselementen der UML/SysML modelliert werden kann, werden diese Elemente in den entsprechenden Sichten eines AFs verwendet. So können z. B. Use Case und auch Aktivitätsdiagramme im NOV verwendet werden, um operationelle Aspekte wie Organisation und Zuständigkeiten darzustellen, und Block- oder Sequenzdiagramme im NSV, um mehr auf technischer Ebene eine Zerlegung des Systems und seiner Funktionen zu beschreiben. Solche Vorgaben sind dann Bestandteil von Modellierungsrichtlinien.

Ergänzt man im MBSE die Modellierung eines Systems durch entsprechende Simulationen zur Validierung der Ansätze, so spricht man auch vom Modeling and Simulation-based SE (M&SBSE).

## 3 Vorgehensweisen für die Implementierung von Geographischen Informationssystemen

Im Bereich der Geographischen Informationssysteme (GIS) gibt es nur eine sehr beschränkte Anzahl von Veröffentlichungen, die sich konkret mit deren Implementierung und Einführung in Organisationen befassen. Interessant ist in dem Kontext, dass auch das gegenwärtig wohl aktuellste Standardwerk über GIS (Kresse und Danko, 2012) kein separates spezielles Kapitel zur Umsetzung von GIS-Projekten enthält.

Als gedruckte Monographien sind für den deutschsprachigen Raum das Lehrbuch von Behr (2014) oder die mehr praxisorientierten Ausführungen von Klemmer (2010) zu nennen, wobei letzteres auch mehr auf die Einführung von Informationssystemen im Allgemeinen ausgerichtet ist, mit Spezialisierungen für den GIS-Bereich. Im internationalen Umfeld ist als Literatur sicherlich an erster Stelle das Werk von Tomlinson (2013), welcher auch häufig als der „Father of GIS“ bezeichnet wird (Jack Dangermond, Gründer und Inhaber der Firma Esri, in Tomlinson, 2013), zu erwähnen. Auf sehr technischer Ebene ist das Werk von Peters (2012) angesiedelt, welches inzwischen in Form eines Wiki gepflegt wird. Dafür ist es sehr aktuell, es gibt einen sehr guten und empfehlenswerten Einblick in die verschiedenen technischen Aspekte der Realisierung eines GIS (URL: [www.wiki.gis.com/wiki/index.php/System\\_Design\\_Strategies](http://www.wiki.gis.com/wiki/index.php/System_Design_Strategies)).

Exemplarisch sollen hier die Ausführungen von Tomlinson (2013) untersucht werden, da andere Veröffentlichungen sich mehr mit sehr domänenspezifischen Realisierungen befassen (z. B. für den Umweltsektor oder das Gesundheitswesen) und nicht universell wie das Werk von Tomlinson angelegt sind. Als GIS-domänenspezifische Gegenüberstellung soll die Vorgehensweise von Behr vorgestellt werden. Tomlinson (2013) beschreibt die folgenden Schritte zur Planung eines GIS.

- Stage 1: Consider the strategic purpose
- Stage 2: Build the foundation
- Stage 3: Conduct a technology seminar
- Stage 4: Describe the information products
- Stage 5: Consider the data design
- Stage 6: Choose a logical database model
- Stage 7: Determine system requirements
- Stage 8: Consider benefit-cost, migration, and risk analysis
- Stage 9: Plan the implementation

Behr (2014) verweist übrigens auch auf Tomlinson (2013) mit dem Hinweis, dass diese neun Schritte „nur einen Teil des hier (bei Behr, 2014) vorgestellten Phasenkonzeptes“ abdecken. Dabei muss sich der aufmerksame Leser jedoch vor Augen halten, dass Tomlinson eine „GIS *planning methodology*“ vorstellt. Wörtlich genommen hat eine Planung nicht den Fokus einer Implementierung, sondern plant dieselbe nur, wie es in Stage 9 der Fall ist. Behr (2000, zitiert nach Behr 2014) stellt im Übrigen sein Vorgehensmodell wie folgt vor:

*Systemanalyse* mit den Teilschritten Strategische Planung, Ist-Erhebung und Analyse, Konzeptuelle Modellierung, Fachliches Konzept, IT-Konzept und Kosten-Nutzen-Analyse.

*Systemauswahl* mit den Teilschritten Systemausschreibung, Angebotsbewertung, Systemtest, Bewertung & Systemempfehlung.

*Systemeinführung* mit den Teilschritten Installation & Abnahme, Datenerfassung/-übernahme und Systembetrieb.

Im Detail sind die beabsichtigten Schwerpunkte der hier anvisierten Zielsysteme der Einsatz räumlicher Daten in Entscheidungsprozessen sowie die Produktion und Pflege von räumlichen Daten. Diese Schwerpunkte können wohl als die klassischen Anwendungsgebiete von GIS bezeichnet werden. Das GIS stellt den Kern des Systems dar und entsprechend sind die (Sichten auf die) Vorgehensweisen angelegt. Es werden vornehmlich spezifische Aspekte der räumlichen Datenmodellierung und -haltung mit den Wegen dorthin behandelt, die sich natürlich deutlich von den „normalen“ nicht-räumlichen Anwendungen unterscheiden. Daher sind die Vorgehensweisen von Tomlinson (2013) und Behr (2014) für die praktische Einführung umso wichtiger. Wie bereits dargestellt muss Tomlin-

son (2013) so verstanden werden, dass allein die GIS-Planung als solche im Vordergrund steht. Behr (2014, 2000) geht mit seinem Vorgehensmodell deutlich darüber hinaus und beschreibt u. a. zusätzlich Aspekte der Realisierung, d.h. der Systemeinführung und Migration. Auch lassen sich Hinweise für den „Abbau des alten Systems“ finden, d.h. für die Entsorgung, die auch einen eigenständigen Prozess innerhalb der Technischen Prozesse der ISO IEC IEEE 15288 (2015) darstellt. Allerdings lässt sich darüber hinaus feststellen, dass selbst Behr (2014, 2000) keinen umfassenden Systemlebenszyklus mit seinen begleitenden Managementprozessen abdeckt, wie er mit der ISO IEC IEEE 15288 (2015) und ihren begleitenden Materialien und darüberhinausgehenden Vertiefungen beschrieben wird, wie z. B. ISO IEC IEEE 15289 (2017), ISO IEC IEEE 15939 (2017), ISO IEC 16085 (2006), ISO IEC TR 24748-2 (2011), ISO IEC IEEE 24748-4 (2016) und ISO IEC IEEE 29148 (2011).

Vor dem Hintergrund ist es umso interessanter zu bemerken, dass die aktuellen Lehrpläne, d.h. das deutsche Kerncurriculum Geoinformatik (Schiewe, 2009) bzw. der Geographic Information Science and Technology (GIS&T) Body of Knowledge (BoK) (DiBiase u. a., 2006) diese Aspekte durchaus als relevant aufführen. Im GIS&T BoK ist zunächst die Knowledge Area „Design Aspects (DA)“ mit den Units DA1 „The scope of GIS&T system design“, DA2 „Project definition“, DA3 „Resource planning“, DA4 „Database design“, DA5 „Analysis design“, DA6 „Application design“ und DA7 „System implementation“ zu nennen. Weitere relevante Knowledge Areas sind „GIS&T and Society (GS)“ und „Organizational and Institutional Aspects (OI)“, bei letzterer insbesondere mit den Units OI2 „Managing GIS operations and infrastructure“, OI3 „Organizational structures and procedures“, OI4 „GIS&T workforce themes“ und OI5 „Institutional and inter-institutional aspects“. Im deutschen Kerncurriculum Geoinformatik (Schiewe, 2009) finden sich bei den Anwendungs- bzw. Schlüsselkompetenzen (Abs. 2.3 und 2.4) entsprechende Fähigkeitsforderungen, wenngleich diese nicht ausführlich beschrieben werden und natürlich auch nicht die standardisierte SE Terminologie verwenden.

## 4 Typische Beiträge von Geodäten und Geoinformatikern im Systems Engineering

Während Tomlinson (2013) und Behr (2014) schwerpunktmäßig reine GIS-Projekte behandeln, werden mit den Ansätzen des SE typischerweise Systeme entwickelt und betrieben, in denen das GIS eine unterstützende Rolle für die anderen Systemelemente hat. Das GIS ist selber ein Systemelement mit entsprechenden Schnittstellen, um Geodaten(-visualisierung) und Analysefunktionen für die anderen Applikationen zur Verfügung zu stellen. Die Aufgabe des Geodäten und Geoinformatikers in diesen Systemen ist es also, das Systemelement „GIS“ und alle anderen „geoverwandten“ Themen (z. B. Umweltdaten wie Wetter) in den Systemlebenszyklusprozessen fachgerecht zu vertreten und deren Repräsentation unter Verwendung der oben beschriebenen Standards in die zentralen Modelle im SE einzuarbeiten. Allen voran sind hier die Thematiken der Referenzsysteme und Koordinatentransformationen bzw. -umwandlungen aufzuführen, die durch das Lehrbuch von Bernhard Heck mit seinen verschiedenen Auflagen 1987, 1995 und 2003 umfassend abgedeckt werden. Weiter sind Fragen der zu verwendenden Kartenprojektionen zu bearbeiten, und es sind Geodaten zu modellieren und spezifizieren und ggf. deren Beschaffung zu beauftragen. Diese wirklich klassischen Aufgaben der Geodäsie (vgl. Kap. 1) können von anderen Disziplinen nur schwer bzw. erst nach umfassender Einarbeitung wahrgenommen werden.

Weitere notwendige Kompetenzen entsprechen den anderen Fähigkeiten im GIS&T BoK (DiBiase u. a., 2006) und im Kerncurriculum Geoinformatik (Schiewe, 2009) und sollen hier nicht weiter vertieft werden.

## 5 Aus- und Fortbildung für Systemingenieure

Wer sich mit SE befassen möchte, dem bieten die ISO IEC IEEE 15288 mit ihren begleitenden Standards und die Handbücher der INCOSE (2015) bzw. der GfSE (2016) hervorragende Einstiegspunkte. Ergänzend kann der Guide to the Systems Engineering

Body of Knowledge (SEBoK, URL: <http://sebokwiki.org/>) im Internet eingesetzt werden.

Es gibt auch etliche Institutionen, an denen man SE studieren kann. Die GfSE listet auf ihrer Webseite <http://gfse.de/> für den deutschen Raum Einrichtungen, an denen ein Vollstudium zum Master oder Bachelor angeboten wird. Darunter findet sich auch das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik. Daneben gibt es an anderen Orten auch berufsbegleitende Masterstudiengänge und einige internationale Studienangebote. Für Absolventen anderer Fachrichtungen wie z. B. Geodäten oder Geoinformatikern, die sich auf dem Gebiet des SE fortbilden wollen, bieten sich berufsbegleitende Studien oder auch Kontaktstudiengänge an. Es gibt aber auch bei Erfüllung von bestimmten Kriterien (Nachweis von relevanter Berufserfahrung und dem Ablegen einer Prüfung) die Möglichkeit, sich bei einer der SE Organisationen mit dem Ablegen einer Prüfung für eine bestimmte Stufe zertifizieren zu lassen. Bei der INCOSE gibt es drei Stufen:

- ASEP: Associate SE Professional auf dem „Entry Level“ ;
- CSEP: Certified SE Professional auf dem „Foundation Level“ ;
- ESEP: Expert SE Professional auf dem „Senior Level“ .

Eine ähnliche Struktur findet sich bei der GfSE (URL: <http://www.sezert.de/>) mit den Stufen C, B und der höchsten Stufe A. Diese Zertifikate müssen nach Ablauf einer Frist (3 Jahre) mit dem Nachweis von relevanten Aktivitäten (Aktivität in einer Systems Engineer Position; Fortbildungen; Besuch von Konferenzen; Veröffentlichungen etc.) aufgefrischt werden. Der Aufwand für eine Zertifizierung ist nicht zu unterschätzen, er ist jedoch nach persönlicher Erfahrung berufsbegleitend gut zu bewältigen. Der Autor dieses Artikels hat sich mit Unterstützung seines Arbeitgebers zum CSEP zertifizieren lassen.

## 6 Abschließende Bemerkungen

In den Ausführungen hier konnte nur ein sehr eingeschränkter Einblick in die Arbeiten von SE Teams bei der Entwicklung von großen Systemen und den hierbei relevanten Aspekten aus Geodäsie und Geoin-

formatik gegeben werden. Die hier betrachteten GIS-spezifischen Abhandlungen zur Systementwicklung und -einführung sind insbesondere in der Praxis entstanden und haben damit ihre Relevanz quasi im Feld bewiesen. Allerdings zeigt sich bei einem Vergleich mit den allgemeineren SE Prozessen aus der ISO IEC IEEE 15288 (2015), dass auch die praxisbewährten GIS-zentrierten Vorgehensweisen noch Anregungen aus den verallgemeinerten Richtlinien bzw. Standards berücksichtigen könnten, um eine umfassende Systembetrachtung in einem gesamten Systemlebenszyklus zu erhalten. Der GIS&T Body of Knowledge (DiBiase u. a., 2006) sowie das deutsche Kerncurriculum Geoinformatik (Schiewe, 2009) enthalten bereits ansatzweise Forderungen nach Fähigkeiten im Hinblick auf Systemlebenszyklusprozesse, allerdings auch nicht mit dem notwendigen Umfang und der standardisierten Terminologie. Auch könnten vordefinierte Dokumentationsstrukturen mit verschiedenen Sichtweisen, wie sie in Architekturrahmenwerken für die multiperspektive Beschreibung von Systemen eingesetzt werden, sinnvoll in GIS-Projekten eingesetzt werden.

## 7 Persönliche Bemerkungen

Wichtig ist es dem Autor an dieser Stelle noch abschließend zu bemerken, dass ihn das Lehrbuch von Bernhard Heck in seinem Studium und dem beruflichen Werdegang stets begleitet hat. Zunächst um die fachlichen Aspekte der Geodäsie mit ihren Grundlagen in der Landesvermessung zu erlernen, und später, um das Erlernte bei der Entwicklung von großen Systemen wie Satellitenbodenstationen oder Grenzsicherungssystemen sachgerecht einzubringen. Im Studium war es die 1. Auflage (Heck, 1987), die noch begleitend zu Vorlesungen und zur Vorbereitung von Prüfungen Verwendung fand und teilweise durch Anstreichen von den subjektiv als wichtig empfundenen Passagen sehr bunt wurde. Dann kamen im weiteren beruflichen Werdegang die 2. Auflage (Heck, 1995) sowie die 3. Auflage (Heck, 2003) zum Einsatz. Wenn es nicht noch eine 4. Auflage geben wird, dann werden Heck (1987, 2003) auch weiterhin als Referenz im Einsatz bleiben, in nächster Zukunft z. B. bei der Entwicklung von Küstenüberwachungssystemen.

## Literatur

- Behr, F.-J. (2000): Strategisches GIS-Management – Grundlagen und Schritte zur System Einführung. 2. Aufl., 450 S. Wichmann-Verlag, Heidelberg.
- Behr, F.-J. (2014): Strategisches GIS-Management. 3. Aufl., 320 S. Wichmann im VDE-Verlag, Berlin.
- DiBiase, D., DeMers, M., Johnson, A., Kemp, K., Luck, A. T., Plewe, B., und Wentz, E. (Hrsg.), Hrsg. (2006): Geographic Information Science and Technology Body of Knowledge (GIS&T Body of Knowledge). 1st Ed., URL: <http://www.aag.org/bok>, zuletzt besucht 31.10.2017.
- GfSE (Hrsg.), Hrsg. (2016): INCOSE Systems Engineering Handbook – Ein Leitfaden für Systemlebenszyklus-Prozesse und -Aktivitäten. Titel des englischen Originals siehe INCOSE (2015), 456 S. GfSE-Verlag.
- Heck, B. (1987): Rechenverfahren und Auswertemodelle der Landesvermessung - Klassische und moderne Methoden. 1. Aufl., 466 S. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- Heck, B. (1995): Rechenverfahren und Auswertemodelle der Landesvermessung - Klassische und moderne Methoden. 2. Aufl., 470 S. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- Heck, B. (2003): Rechenverfahren und Auswertemodelle der Landesvermessung - Klassische und moderne Methoden. 3. Aufl., 473 S. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.
- INCOSE (2015): Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Process and Activities. Hrsg. von D. D. Walden, G. J. Roedler, K. J. Forsberg, R. D. Hamelin und T. M. Shortell. International Council on Systems Engineering, 4th Ed., 290 S. John Wiley & Sons, Inc, San Diego, California.
- ISO IEC 16085 (2006): Systems and software engineering - Life cycle processes - Risk management. 2nd Ed. 2006-12-15.
- ISO IEC 19514 (2017): Information technology - Object management group systems modeling language (OMG SysML). 1st Ed. 2017-03.
- ISO IEC IEEE 15288 (2015): Systems and software engineering - System life cycle processes. 2015-05-15.
- ISO IEC IEEE 15289 (2017): Systems and software engineering - Content of life-cycle information items (documentation). 3rd Ed. 2017-06.
- ISO IEC IEEE 15939 (2017): Systems and software engineering - Measurement process. 1st Ed. 2017-05.
- ISO IEC IEEE 24748-4 (2016): Systems and software engineering - Life cycle management - Part 4: Systems engineering planning. 1st Ed. 2016-05-15.
- ISO IEC IEEE 29148 (2011): Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirements engineering. 1st Ed. 2011-12-01.
- ISO IEC TR 24748-2 (2011): Systems and software engineering - Life cycle management - Part 2: Guide to the application of ISO/IEC 15288 (System life cycle processes). 1st Ed. 2011-09-01.
- Joos, G. (2010): GIS in Defense. In: *Springer Handbook of Geographic Information*. Hrsg. von W. Kresse und D. M. Danko. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, S. 821–842.
- Klemmer, W. (2010): GIS-Projekte erfolgreich durchführen. Grundlagen - Erfahrungen - Praxishilfen. 2. Aufl., 288 S. Bernhard Harzer Verlag GmbH, Karlsruhe.
- Kresse, W., und Danko, D. M. (Hrsg.), Hrsg. (2012). 1120 S. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
- NASA (2017): NASA Systems Engineering Handbook. National Aeronautics and Space Administration (NASA), Document NASA SP-2016-6105. Rev2. <https://www.nasa.gov/connect/ebooks/nasa-systems-engineering-handbook>. [Online; zuletzt besucht 24.11.2017].
- NATO NC3B (2007): NATO Architecture Framework Version 3. NATO Consultation, Command and Control Board (NC3B), Document AC/322-D(2007)0048, 16 October 2007.
- OMG (2015): OMG Unified Modeling Language™ (OMG UML) Vers. 2.5. OMG Doc. Num. formal/2015-03-01.
- OMG (2017): OMG Systems Modeling Language™ Vers. 1.5. OMG Doc. Num. formal/2017-05-01.

Peters, D. (2012): Building a GIS: Geographic Information System Planning for Managers. 2nd Ed., 425 S. Esri Press, Redlands, California.

Schiewe, J. (2009): Kerncurriculum Geoinformatik - Notwendige Grundlage für Studierende, Lehrende und Arbeitgeber. *GIScience* 4:137–141.

Tomlinson, R. F. (2013): Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers. 4th Ed., 280 S. Esri Press, Redlands, California.

Weilkiens, T. (2006): Systems Engineering mit SysML/UML. 1. Aufl., 360 S. dpunkt.verlag, Heidelberg, Germany.

Wunder, M., und Grosche, J. (Hrsg.), Hrsg. (2012): Verteilte Führungsinformationssysteme. 319 S. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.