



Kerncurriculum für SE-ZERT® Ebene A

Erstellt von: S.-O. Schulze, A. Rudolph, S. Stangl, F. Regge

am: 18.06.2020

Freigeben von: Sven-Olaf Schulze

am: 04.07.2020

Dokument: GfSE-ZD-007

Version: 02

*Im vorliegenden Text werden teilweise männliche Formen benutzt. Im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes sind diese Bezeichnungen als nicht geschlechtsspezifisch zu betrachten.

Vorwort

Die Ausbildung zum „Certified Systems Engineer (GfSE)®“ nach den Regularien SE-ZERT® Programms bietet den Teilnehmern einen soliden Hintergrund in der Theorie und den Konzepten und Prozessen des Systems Engineerings nach internationalen Standards. Es vermittelt die notwendigen Kenntnisse für die praktische Arbeit eines Systems Engineers und gibt reichlich Gelegenheit für praktische Erfahrungen. Nach Abschluss des Lehrgangs und einer erfolgreichen Prüfung erhalten die Teilnehmenden das Zertifikat "Certified Systems Engineer (GfSE)® Ebene A" des SE-ZERT® Programms. Das SE-ZERT® Programm wird durch eine Gruppe von benannten SE-ZERT Assessoren vertreten, die innerhalb der unabhängigen und gemeinnützigen Gesellschaft für Systems Engineering e.V. (GfSE) verortet ist.

Die Zertifizierung zum Systems Engineer wird in 4 Stufen angeboten (Ebene D bis Ebene A). Das vorliegende Dokument beschreibt für Trainingsanbieter und Teilnehmer die inhaltlichen Vorgaben in Form von Ausbildungsmodulen für die Ebene A.

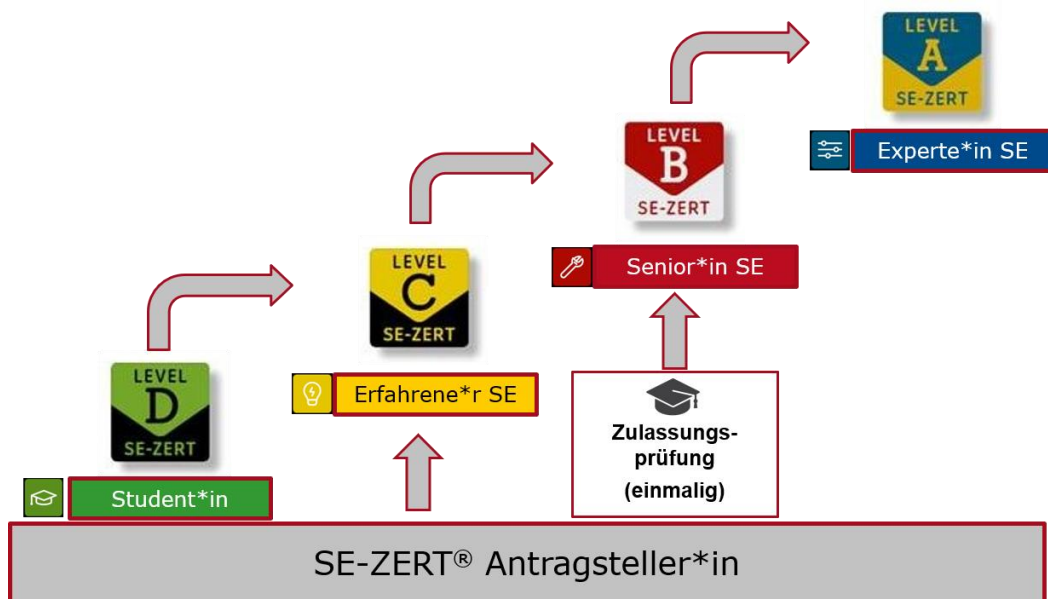


Abbildung 1: Der Weg zum „Certified Systems Engineer (GfSE)“®

Die Prüfungsvorbereitung kann in deutscher oder englischer Sprache erfolgen, auch wenn das Kerncurriculum nur in dt. Sprache vorhanden ist. Es gilt bei der englischen und der deutschsprachigen Ausbildung das INCOSE Handbuch und die geltenden Normen und Standards des Systems Engineerings.



Änderungen:

Wann	Was	Version:
13.09.2015	Erstausgabe	01
04.07.2020	Gesamte Überarbeitung; neues Logo	02

Inhalt

1. Aufbau des Modulhandbuchs für SE-ZERT®	5
2. Schema der Modulbeschreibungen	6
3. Erläuterung.....	7
4. Überblick SE-ZERT®.....	8
5. Beschreibung von Modulen und Modulteil.....	10
6. Abkürzungsverzeichnis und Glossar	27
7. Referenzen für SE-ZERT®	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Weg zum „Certified Systems Engineer (GfSE)“®	2
---	---

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Module des SE-ZERT®	5
Tabelle 2: Übersicht der Definitionen für die Kompetenzebenen zur Wissensvermittlung	8
Tabelle 3: Beschreibung Modul 1 – Einführung in Systems Engineering für SE-ZERT® Ebene A	10
Tabelle 4: Beschreibung Modul 2 – Projektübergreifende Schnittstellen	12
Tabelle 5: Beschreibung Modul 3 – Projektmanagement Schnittstellen	13
Tabelle 6: Beschreibung Modul 4 – Systems Engineering Management	15
Tabelle 7: Beschreibung Modul 5 – Anforderungsmanagement und V&V	16
Tabelle 8: Beschreibung Modul 6 – Realisationsprozesse.....	19
Tabelle 9: Beschreibung Modul 7 – Querschnittsfunktion.....	21
Tabelle 10: Beschreibung Modul 8 – Operationelle Aspekte und Entsorgung im Design.....	23
Tabelle 11: Beschreibung Modul 9 – Konfliktmanagement und soziale Kompetenzen.....	25

1. Aufbau des Modulhandbuchs für SE-ZERT®

Die Ausbildung zum „Certified Systems Engineer (GfSE)“® ist in 9 Module (siehe Tabelle 1) unterteilt. Die Modulinhalte des SE-ZERT® sind für alle Ebene des SE-ZERT® gleich. Entsprechend der ausgewählten Ebene (A, B, C oder D) sind allerdings die Kompetenzanforderungen unterschiedlich. Eine Übersicht über den Ablauf und Vorgehen ist auf der Homepage oder in der jeweiligen Prüfungsordnung beschrieben. In diesem Dokument sind die Anforderungen für die Ebene A aufgeführt.

Tabelle 1: Module des SE-ZERT®

	Module
1	Grundlagen des Systems Engineering (inkl. Einführung)
2	Projektübergreifende Schnittstellen
3	Schnittstellen des Systems Engineering zu Projekt Management
4	Systems Engineering Management
5	Anforderungsmanagement und Validierung & Verifikation
6	Realisationsprozesse
7	Querschnittsfunktionen ¹ innerhalb von Entwicklungsprojekten
8	Berücksichtigung von operationellen Aspekten und der Stilllegung im Design
9	Konfliktmanagement und soziale Kompetenz

¹ Querschnittsfunktionen = fachbezogene Ingenieuraktivitäten (vgl. dazu GfSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBUCH)

2. Schema der Modulbeschreibungen

Die Beschreibung der Module erfolgt in einer schematisierten Form. Jedes Modul ist in einer tabellarischen Form gegliedert, die folgende Inhalte haben:

- Qualifikation des Teilnehmers
- Geeignete Lernform (Vorlesung, Übung, Seminar)
- Lernziele (Kenntnisse & Fertigkeiten)
- Lehrinhalte und Tiefe
- Lehrmaterialien, Literaturempfehlungen
- Prüfungsleistung
- Sonstiges

Die Lernziele der Kompetenzebenen sind angegeben, um die Referenz und Bewertungskriterien für die schriftliche Ausarbeitung als auch für die mündliche Prüfung festzulegen.

3. Erläuterung

Die berufsbegleitende Weiterbildung zum „Certified Systems Engineers (GfSE)®“ bietet den Teilnehmern die Gelegenheit zum Aufbau prozessbezogener und inhaltsbezogener Kompetenzen im Bereich Systems Engineering. Der Lehrgang geht von der Teilnehmerperspektive aus und orientiert sich an den Interessenlagen und Lernvoraussetzungen der Teilnehmer. Der sachgerecht angelegte Lehrgang lässt die Teilnehmer die Situationen erkunden und verhilft ihnen unter Nutzung verschiedener Lernmethoden Erfahrungen zu sammeln. Auf diese Weise wird ein tragfähiges Begriffsnetz erworben und gibt Sicherheit beim Lösen von Aufgaben und Problemen.

Aufgabe des Lehrgangs (Selbststudium) zum Erwerb des Zertifikats Ebene A ist es, die mit dem Zertifikat der Ebene B begonnene Kompetenzentwicklung des Teilnehmers aufzunehmen, weiter zu entwickeln, und dabei ein Höchstmaß an Selbstständigkeit bei der Bearbeitung von Fragestellungen und Unabhängigkeit von vorstrukturierenden Hilfen zu erreichen.

Die für die Zertifizierung geforderten Kompetenzbereiche orientieren sich mit Ausnahme eines allgemeinen Einführungsbereiches (SE im Kontext), an den technisch orientierten Kompetenzen, die in jedem Projekt zur Anwendung kommen sollen. Hinzu kommen die Bereiche Projektmanagement, die Querschnittsfunktionen und Soft Skills. Zum Lehrgang der technisch orientierten Kompetenzen werden im Wesentlichen die entsprechenden Abschnitte aus dem ISO/IEC 15288 [3], die Interpretation aus dem ISO/IEC 19760 [4], die Terminologie aus dem ISO/IEC/IEEE 24765:2010 [5] und das aktuelle deutschsprachige INCOSE Handbuch [1] herangezogen.

Die Norm ISO/IEC/IEEE 15288 ist eine prozessbezogene Norm, die international die Grundlage von Systems Engineering Aktivitäten bildet. Die Umsetzung von prozessbezogenen Kompetenzen ist daher ein wesentliches Ziel des Lehrgangs. Die prozessbezogenen Kompetenzbereiche umfassen die Verfahren, Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die vom Teilnehmer für die Ebene A verstanden, angewendet und am Ende beherrscht werden sollen. Auf diese Weise sollen die Teilnehmer befähigt werden, das erlernte Wissen im Firmenalltag anzuwenden.

Da ein Systems Engineer entsprechend seinen fachlichen Aufgaben in der Regel in interdisziplinären Teams seine Aufgaben in einem Projekt wahrzunehmen hat, ist auch die Förderung von sozialen und personalen Kompetenzen, wichtig. Dazu wird auf Normen des Projektmanagements² die Veröffentlichungen der GPM³ sowie auf Literatur der Moderatorenausbildung [2] zurückgegriffen.

Zum Erwerb sowohl der prozess- als auch der sozialen und personalen Kompetenzen können Lehrgangsformen im Selbststudium mit vielfältigen Methodenelementen situationsangepasst eingesetzt.

² z.B. ISO 21500 - Guidance on project management

³ Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e.V. (http://www.gpm-ipma.de/ueber_uns/organisation.html)

4. Überblick SE-ZERT®

Die 3 Kernkurrikula für den SE-ZERT® Ebene D/C, B und A haben eine gemeinsame Grundstruktur: Sie weisen inhaltsbezogene und prozessbezogene Kompetenzbereiche aus, die miteinander verknüpft werden. Die Kernkurrikula des SE-ZERT® greifen diese Grundstruktur unter fachspezifischen Gesichtspunkten auf. Durch die Wahl und Zusammenstellung der Kompetenzbereiche wird der intendierte didaktische Ansatz des jeweiligen Moduls deutlich. Im Rahmen des SE-ZERT® Ebene A werden folgende Kenntnisse vermittelt:

- o Anwendungssicheres Wissen über Systems Engineering und Systems Engineering Management
- o Symbol- oder Fachsprache kennen, verstehen und beherrschen,
- o Fachspezifische Methoden und Verfahren beherrschen und zur Erkenntnisgewinnung nutzen,
- o Fähigkeit, ein komplexes Projekt mit allen Parametern zu führen und die entsprechende technische Verantwortung in einem Projekt zu übernehmen
- o Fähigkeit ein multidisziplinäres Team verantwortlich zu führen

Für jedes Modulelement ist eine Kompetenzebene definiert, die bestimmt, über welchen Wissensgrad der Teilnehmer im jeweiligen Element (verstehen, anwenden, beherrschen) verfügen soll. Sollten Elemente der Module Bestandteil der Studienarbeit sein, so ist auch hier das Lernziel zu erreichen.

Tabelle 2: Übersicht der Definitionen für die Kompetenzebenen zur Wissensvermittlung

Kompetenzebene	Interpretation
beherrschen	Kann das Verfahren selbst anwenden, delegieren, steuern, bewerten und vermitteln
anwenden	Kann das Verfahren verstehen und in seiner ganzen Breite anwenden
verstehen	Kennt den Begriff und kann ihn in den entsprechenden SE-Bereich einordnen
N/A	Nicht anwendbar

Die Lernziele für die einzelnen Modulelemente unterscheiden sich entsprechend den festgelegten Kompetenzebenen. Die verwendeten Ausdrücke und deren Verständnis sind einheitlich für das SE-ZERT® Programm:

- Verstehen:
 - o Dieser Anforderungsbereich umfasst die Wiedergabe und direkte Anwendung von grundlegenden Begriffen, Sätzen und Verfahren in einem abgegrenzten Gebiet und einem wiederholenden Zusammenhang.
 - o Besitzt Kenntnisse im relevanten SE-Bereich und kann sie zuordnen

- o **Ziel:** In diesem Bereich beschränken sich die Aufgabenstellungen (bei der täglichen Arbeit und in der Prüfung) auf die Reproduktion und die Anwendung einfacher Sachverhalte und Fachmethoden, das Darstellen von Sachverhalten in vorgegebener Form sowie die Darstellung einfacher Bezüge
- Anwenden:
 - o Dieser Anforderungsbereich umfasst das Bearbeiten bekannter Sachverhalte, indem Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten verknüpft werden, die in der Auseinandersetzung mit SE auf verschiedenen Gebieten erworben werden.
 - o Besitzt Kenntnisse im relevanten SE-Bereich und ist fähig, diese Kenntnisse anzuwenden
 - o Wendet gebräuchliche SE-Methoden, -Techniken an und kann die Ergebnisse der Projektarbeit sinnvoll zusammenfassen und vorstellen
 - o **Ziel:** In diesem Bereich verlangen die Aufgabenstellungen die Reorganisation und das Übertragen komplexerer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Anwendung von Kommunikationsformen, die Wiedergabe von Bewertungsansätzen sowie das Herstellen einfacher Bezüge.
- Beherrschen
 - o Dieser Anforderungsbereich umfasst das Bearbeiten komplexer Gegebenheiten u. a. mit dem Ziel, zu eigenen Problemformulierungen, Lösungen, Begründungen, Folgerungen, Interpretationen oder Wertungen zu gelangen und diese anderen zu vermitteln.
 - o Kann die Einführung und den Einsatz von SE-Methoden, -Techniken, -Werkzeugen, -Leitfäden und –Richtlinien leiten und steuern.
 - o **Ziel:** In diesem Bereich verlangen die Aufgabenstellungen das problembezogene Anwenden und Übertragen komplexer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Auswahl von Kommunikationsformen, das Herstellen von Bezügen und das Bewerten von Sachverhalten, sowie die Fähigkeit zur Selbstreflexion.

5. Beschreibung von Modulen und Modulteilen

Die nachfolgenden Tabellen beschreiben die geforderten Kompetenzen im Detail. Sofern für einzelne Kompetenzen von der allgemeinen Festlegung abweichende Kompetenzebenen gefordert sind ist das angegeben.

Tabelle 3: Beschreibung Modul 1 – Einführung in Systems Engineering für SE-ZERT® Ebene A

Modul #1	Systems Engineering Einführung für SE-ZERT® Ebene A	Kompetenz-Ebene
Qualifikation	vgl. dazu [8] Para. 4.2.	
Geeignete Lernform	Selbststudium (optional Hilfe durch lizenzierte Lehrgangsanbieter)	
Lernziele (Kenntnisse; Fertigkeiten)	<p>Die Teilnehmer sollen einen Einblick in den Kurs und die Zertifizierung nach SE-ZERT® bekommen. Zudem soll mit den Teilnehmern der Zeitplan und das zu bearbeitende SE-Projekt abgestimmt werden sowie die Anmeldeunterlagen zum Kompetenznachweis durchgegangen werden.</p> <p>Dazu wird der Stoff überblicksmäßig vorgestellt und der Kenntnisstand der Teilnehmer festgestellt. Die internationalen Begriffe des SE (Produkt gegenüber System; Systems Engineering; System of Systems) und die Definitionen des Systems Engineerings müssen beherrscht werden. Die Vorgehensmodelle der Systementwicklung müssen beherrscht werden und die Angemessenheit von Modellen muss sicher beurteilt werden können. Die notwendigen Rollen eines Systems Engineers in einem komplexen Entwicklungsprozess müssen beherrscht werden. Der Ebene – A SE muss die einschlägigen internationalen Normen des Systems Engineering (ISO/IEC/IEEE 15288) beherrschen und branchenübliche Standards (Raumfahrtindustrie, Bahnindustrie, Medizinindustrie, Softwareentwicklung, Automobilindustrie usw.) adäquat identifizieren und sicher anwenden können.</p>	

<p>Lehrinhalt und Tiefe:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Was ist das Kontext Diagramm? • Begriffsdefinitionen (Index) • Definitionen • SE Rollen und Bezeichnungen • Wert des SE • Vorgehensmodelle im Systems Engineering (V-Modell; V-Modell XT, Vee-Modell, Wasserfall, Spiralmodell, agile Methoden, Lean SE) • Grundlagen des Lebenszyklus • Historie und Entwicklung von SE und der relevanten Normen (Standards), • Aktuelle SE Standards in verschiedenen Industriezweigen und Branchen und deren Zusammenhänge in Bezug auf CMMI • CMMI Kernprozesse 	<p>beherrschen</p>
<p>Literatur-empfehlung</p>	<p>Aktueller ISO/IEC/IEEE 15288 und INCOSE / GfSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBUCH</p>	
<p>Sonstiges</p>	<p>NA</p>	
<p>Prüfungsleistung</p>	<p>Teilnahme am Test zum Erwerb des Zertifikats Ebene A</p>	

Tabelle 4: Beschreibung Modul 2 – Projektübergreifende Schnittstellen

Modul	2 - Projektübergreifende Schnittstellen	Kompetenz- Ebene
Qualifikation	vgl. dazu [8] Para. 4.2.	
Geeignete Lernform	Selbststudium (optional Hilfe durch lizenzierte Lehrgangsanbieter)	
Lernziele (Kenntnisse; Fertigkeiten)	Gesetzliche und technische Rahmenbedingungen einer Produktentwicklung müssen sicher umgesetzt werden. Typische Unternehmensprozess und Unternehmensziele im SE Kontext sollen sicher umgesetzt und die dazu notwendigen Prozesse beherrscht werden. Das Umfeld eines Projekts muss sicher erkannt werden und die technische Projektsteuerung muss beherrscht werden, um die Infrastruktur für Projekte entwickeln zu können. Die Prozesse für das Lebenszyklusmanagement, das Infrastrukturmanagement und das Projektportfoliomanagement müssen beherrscht werden.	
Lehrinhalt und Tiefe:	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmensprozesse • Prozesse und internationale Standards • Betriebsziele • Bewertung von Prozessen und Anpassung an den Entwicklungsbedarf • Kontinuierliche Verbesserung • Infrastruktur für Projekte • Identifikation neuer Geschäftsfelder • Businessstrategie • Projektziele / Grundsätze und Projektergebnisse, • Schnittstellen von Projekten • Vergleich von Projekten • Abschluss von Projekten • Systemeinbettung im Prozessumfeld • Patente • Produkthaftung, • Exportregularien 	beherrschen
Literatur-empfehlung	Aktueller ISO/IEC/IEEE 15288 und INCOSE / GfSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBUCH	
Sonstiges	NA	
Prüfungsleistung	Teilnahme am Test zum Erwerb des Zertifikats Ebene A	

Tabelle 5: Beschreibung Modul 3 – Projektmanagement Schnittstellen

Modul	3 - Projektmanagement Schnittstellen	Kompetenz- Ebene
Qualifikation	vgl. dazu [8] Para. 4.2.	
Geeignete Lernform	Selbststudium (optional Hilfe durch lizenzierte Lehrgangsanbieter)	
Lernziele (Kenntnisse; Fertigkeiten)	<p>Komplexe Projekte werden von PM und SE gemeinsam geführt. Um die technische Kompetenz einbringen zu können, müssen die technischen Ziele eines komplexen Projekts verstanden werden und das „technical management processes“ beherrscht werden. Die Fähigkeit Projekte technologisch einzuordnen und die notwendigen Schlussfolgerungen ziehen zu können ist hierfür Voraussetzung. Dazu müssen die minimalen SE Prozesse und deren Produkte sicher beherrscht werden und die notwendige Projektinfrastruktur muss entwickelt werden können. Der Projektplanungs-Prozess; der Projektauswertungs- und der Projektsteuerungs-Prozess, das Informationsmanagement und die Messung der Prozessergebnisse müssen beherrscht werden.</p> <p>Fundierte Kenntnisse über die notwendige Projektdokumentation müssen vorhanden sein und die Prozesswirkungen in Richtung Kunden oder Lieferanten (Abnahme, Einfluss von Änderungen, Reviews) muss verstanden und beherrscht werden.</p>	
Lehrinhalt und Tiefe:	<ul style="list-style-type: none"> • Umfang eines Projekts • Ziele eines Projekts, • Projektstrukturplan (PSP=WBS), • Arbeitspakete, • Zeitplan & Budget, • Projektpläne • Ressourcen, Rollen und Verantwortlichkeiten • Freigabe eines Projekts • Projektstruktur • Auswertung des Projektverlaufs • Reviews und Meilensteine, auch gegenüber dem Kunden oder Lieferanten • Änderungen, auch gegenüber dem Kunden oder Lieferanten • Korrekturmaßnahmen, auch gegenüber dem Kunden oder Lieferanten • Präventive Maßnahmen • Abschluss des Projekts 	beherrschen

	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikationsplanung • Informationsverteilung • Informationsspeicherung • Bestimmung von geeigneten Messgrößen • Fortschrittsberichtswesen • Auswertung und Kommunikation von Messungen • Technologische Einordnung des Projekts • SE Prozesse planen 	beherrschen
Literatur-empfehlung	Aktueller ISO/IEC/IEEE 15288 und INCOSE / GfSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBUCH	
Sonstiges	Definition und Inhalte des TM (technical management) besprechen, Program Evaluation Review Technique (PERT) besprechen	
Prüfungsleistung	Teilnahme am Test zum Erwerb des Zertifikats Ebene A	

Tabelle 6: Beschreibung Modul 4 – Systems Engineering Management

Modul	4 - Systems Engineering Management	Kompetenz- Ebene
Qualifikation	vgl. dazu [8] Para. 4.2.	
Geeignete Lernform	Selbststudium (optional Hilfe durch lizenzierte Lehrgangsanbieter)	
Lernziele (Kenntnisse; Fertigkeiten)	Grundlagen für ein wirkungsvolles SE-Management sind die Prozesse und Produkte des SE Managements und des technischen Managements. Die Kernelemente Konfigurationsmanagementprozess, Entscheidungsmanagementprozess und der Risikomanagementprozess sind besonders hervorzuheben. Die Fähigkeiten Baselines festlegen zu können und ggf. Konsequenzen für die Produktentstehung sicher festlegen zu können, sind weitere elementare Teile.	
Lehrinhalt und Tiefe:	<ul style="list-style-type: none"> • Entscheidungsstrategie • Auswertung von Alternativen • Aufzeichnung der Entscheidungen • Risikoprofile • Risikoidentifikation • Qualitative Risikoanalyse • Quantitative Risikoanalyse • Risikobewältigungsplanung • Konfigurationskontrolle • Konfigurationskontrollzyklus • Auswertung • Freigabe • Validierung • Verifikation • Konfigurationsdokumentation • Baselines 	beherrschen
Literatur-empfehlung	Aktueller ISO/IEC/IEEE 15288 und INCOSE / GfSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBUCH	
Sonstiges	Configuration Management Plan (CMP), Information Management Plan (IMP), Risk Management Plan (RMP), Systems Engineering Plan (SEP) bzw. Systems Engineering Management Plan (SEMP),	
Prüfungsleistung	Teilnahme am Test zum Erwerb des Zertifikats Ebene A	

Tabelle 7: Beschreibung Modul 5 – Anforderungsmanagement und V&V

Modul	5 - Anforderungsmanagement und V&V	Kompetenz-Ebene
Qualifikation	vgl. dazu [8] Para. 4.2.	
Geeignete Lernform	Selbststudium (optional Hilfe durch lizenzierte Lehrgangsanbieter)	
Lernziele (Kenntnisse; Fertigkeiten)	<p>Herleiten und sicheres Strukturieren von Anforderungen ist eine Grundvoraussetzung für ein risikoarmes Projekt und erfolgversprechende Architekturen. Die notwendigen Informationen können aus Szenarien, Definition der Endnutzer, Definition der Systemgrenzen, usw. gewonnen werden.</p> <p>Die Werkzeuge für Analyse und Synthese (strukturierte Analyse, System Modeling Language) hierfür müssen verstanden und beherrscht werden. Die Erstellung und die Stellung von Vergleichsstudien muss verstanden und deren Umsetzung beherrscht werden.</p> <p>Zur Festlegung von Designaspekten und Nachweisführung (V⁴&V⁵) müssen die Entwicklungsschritte von Konzeption zu funktionalen Strukturen bis zu einer physikalischen Architektur beherrscht werden. Ebenso muss die Festlegung von Schnittstellen (logische & physikalische & organisatorische) und deren Beschreibung beherrscht werden.</p>	
Lehrinhalt und Tiefe:	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation und Analyse aller Interessenvertreter • Anforderungsanalyseprozess • Typen von Anforderungen <ul style="list-style-type: none"> ○ Funktionale Anforderungen ○ Nicht-funktionale Anforderungen • Aufnahme von (messbaren) Anforderungen <ul style="list-style-type: none"> ○ Leistungsanforderungen ○ Sicherheitsanforderungen ○ Zuverlässigkeitsanforderungen ○ Verfügbarkeitsanforderungen ○ Wartbarkeitsanforderungen ○ Auslastungsanforderungen • Anforderungen an Anforderungen • Nachverfolgbarkeit von Anforderungen • Aufzeichnung von Anforderungen • Definition von Einschränkungen 	beherrschen

⁴ Validierung: vgl. ISO/IEC/IEEE 24765:2010(E) para. 3.3264

⁵ Verifikation: vgl. ISO/IEC/IEEE 24765:2010(E), para. 3.3282

	<ul style="list-style-type: none">• Analyse der Durchführbarkeit• Entwurf von Szenarien• Erstellung von Konzeptsdokumenten• Beschreibung der Endnutzer• Definition der funktionalen Grenzen• Ableitung von funktionalen Anforderungen• Definition der Leistungsanforderungen• Identifikation von Einschränkungen der Architektur• Identifikation von anwendbaren Standards• Identifikation der Systemgrenzen• Identifikation und Definition der Einsatzumgebung• Identifikation von externen Schnittstellen• Abwägung von Designaspekten<ul style="list-style-type: none">○ Herstellung○ Einsatz○ Übergabe○ Nutzung○ Wartung○ Aufrüstung○ Entsorgung• Identifikation von Einschränkungen an das Design• Definition von Verifikationskriterien• Abgeleitete Anforderungen• Definition von nicht-funktionalen Anforderungen• Einfluss nichtfunktionaler Anforderungen an das Systemdesign• Zuordnung von Anforderungen• Strategien zur Analyse von Anforderungen• Strukturierte Analyse• Entwicklung der logischen/funktionalen Architektur• Standardgeräte (off-the-shelf equipment)• Synthese – Ableitung der physischen Architektur aus der logischen Architektur• Elemente einer Vergleichsstudie• Vergleichsstudien• Schnittstellen und Interaktionen zwischen Systemelementen, externen Systemen und Umsystemen• Beziehung zwischen funktionellen und phys. Elementen	<p>beherrschen</p>
--	--	--------------------

	<ul style="list-style-type: none"> • Bedarf der Interessenvertreter in techn. Beschreibungen umsetzen • Lösungsbereiche unterschiedlicher Architekturentwürfe definieren (Alternativen) • Methoden des Systemdesigns in verschiedenen Lebenszyklusphasen • Systemintegrationsstrategie⁶ • Baselines / Konfigurationsmanagement Systemebene • Einfluss von Einschränkungen auf Systemarchitektur und Design • Entwicklung von Architekturalternativen und Auswahl von umsetzbaren Architekturentwürfen • Führen eines Anforderungsdefinitions- und Entwurfsprozesses 	beherrschen
Literatur-empfehlung	Aktueller ISO/IEC/IEEE 15288 und INCOSE / GfSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBUCH	
Sonstiges	TSA (Traditional Structured Analysis), MSA (Modern Structured Analysis), DMA (Database Modeling Analysis), OOA (Object-Oriented Analysis), UML (Unified Modeling Language), SysML (System Modeling Language), FFBD (Functional Flow Block Diagram), IDEF0 Integration Definition for Function Modeling), N-squared Diagram, operational view, functional view, physical view, Domain Diagrams, use cases, MBSE (Model Based System Engineering), Schematic Models, Performance Models, Design Models, Physical Models, Kano Diagram, Key Performance Parameters, TPM (Technical Performance Metrics), spider diagrams, MOE (Measure of Effectiveness), Logic Tree, OOSEM (Object Oriented Systems Engineering Method), QFD (Quality Function Deployment), RTM (Requirements Traceability Matrix), RVTM (Requirements Verification and Traceability Matrix), KTA (Kepner-Tregoe Analysis), AHP (Analytic Hierarchy Process), Decision Tree, Environmental Impact Analysis, Interoperability Analysis	
Prüfungsleistung	Teilnahme am Test zum Erwerb des Zertifikats Ebene A	

⁶ Unterscheide:

Integration stellt sicher dass die Hardware, die Software und die menschengerechten Systemelemente zusammenwirken um den Zweck des Systems zu realisieren oder den Bedürfnisse des Kunden zu genügen [9].

Installation ist die Lieferung, Montage und Anschluss von mechanischen, elektrotechnischen und von Kommunikationseinrichtungen (EN ISO 16484-2:2004-08)

Tabelle 8: Beschreibung Modul 6 – Realisationsprozesse

Modul	6 - Realisationsprozesse	Kompetenz- Ebene
Qualifikation	vgl. dazu [8] Para. 4.2.	
Geeignete Lernform	Selbststudium (optional Hilfe durch lizenzierte Lehrgangsanbieter)	
Lernziele (Kenntnisse; Fertigkeiten)	Der Realisierungsprozess erfordert, dass die Kenntnisse und Fertigkeiten für die Entwicklungsphasen vom Detaildesign über die Implementation, Integration, Verifikation & Validation bis zur Übergabe beherrscht werden. Die Methoden und Standards der Nachweisführung (V&V) und Inbetriebnahme des Produkts bis zur Endabnahme/Übergabe durch/an den Kunden und der rechtlichen Konsequenzen sollten bestens beherrscht werden. Das Konfigurationsmanagement und Maßnahmen zur Korrektur sind unverzichtbare Mittel, um das finale Ziel eines anforderungsgerechten Produkts zu erreichen. Die Aktivitäten des QM müssen beherrscht werden und unterstützt werden, um sicherheitsrelevante Aspekte und Produkthaftungsforderungen abzudecken.	
Lehrinhalt und Tiefe:	<ul style="list-style-type: none"> • Detaildesign • Implementationsstrategie • Konfigurationsmanagement Geräteebene • Trainingsunterlagen • Herstellung von Geräten • Qualitätskontrolle • Verifikation und Validation auf Geräteebene • Anforderungen an Schnittstellen • Verifikation und Validation der Schnittstellen auf (Sub-) Systemebene • Interface Control Document (ICD) • Verifikationsprozeduren • Verifikationssysteme • Verifikationsmethoden • Verifikationsprozess • Requirements Verification and Traceability Matrix (RVTM) • Korrekturmaßnahmen • Validationsprozeduren • Validationssysteme / Umsysteme • Validationsmethoden 	beherrschen

	<ul style="list-style-type: none"> • Endabnahme des Systems • Operationelles Umfeld • Akzeptanz der Installation und Verifikation • V&V in den Phasen des Lebenszyklus • Prüfplanung • „Das richtige Produkt wurde gebaut“ vs. „Das Produkt wurde richtig gebaut“ 	beherrschen
Literatur-empfehlung	Aktueller ISO/IEC/IEEE 15288 und INCOSE / GfSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBUCH	
Sonstiges	Training Needs Analysis (TNA) besprechen	
Prüfungsleistung	Teilnahme am Test zum Erwerb des Zertifikats Ebene A	

Tabelle 9: Beschreibung Modul 7 – Querschnittsfunktion

Modul	7 - Querschnittsfunktionen ⁷	Kompetenz- Ebene
Qualifikation	vgl. dazu [8] Para. 4.2.	
Geeignete Lernform	Selbststudium (optional Hilfe durch lizenzierte Lehrgangsanbieter)	
Lernziele (Kenntnisse; Fertigkeiten)	<p>Produkteigenschaften wie Wartbarkeit, Zuverlässigkeit und Flexibilität bestimmen die Nützlichkeit des Produkts für den Endnutzer signifikant. Die dafür notwendigen Methoden und Hilfsmittel müssen beherrscht werden (FMECA, FTA, SSA). Um die Wirkung weiterer Leistungsmerkmale (Handhabung des Produkts durch den Betreiber/Anwender, EM Härting, Kosten, Sicherheit) auf den Systementwurf und das Systemdesign sicher verstehen können, muss der SE über ausreichende sicher anwendbare Kenntnisse in weiteren Fachdisziplinen verfügen. Die Art der Produktfertigung erzeugt Anforderungen an den Systementwurf die kompetent bei den richtigen Phasen vom SE eingebracht werden müssen. Während des operativen Betriebs eines Produkts muss der SE in der Lage sein Kundenrückmeldungen zu verstehen und einzuordnen, um die Leistungsfähigkeit des ausgelieferten Produktes im operativen Betrieb sicher bewerten zu können.</p>	
Lehrinhalt und Tiefe:	<ul style="list-style-type: none"> • Wartbarkeit • Erschwinglichkeit • Kosten-Nutzen Analyse (CBA [11]) • Entsorgbarkeit • Packaging, Handling, Storage and Transportation (PHS&T) • Herstellbarkeit • Flexibilität / Standardisierung • Zuverlässigkeit Instandhaltungsvermögen • Überlebensfähigkeit • Schadenanfälligkeit • Analysemethoden • Ergonomie • Elektromagnetische Komptabilität (EMC) • Auswirkungen auf die Umwelt 	beherrschen

⁷ Querschnittsfunktionen = fachbezogene Ingenieuraktivitäten (vgl. dazu GfSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBUCH)

	<ul style="list-style-type: none"> • Human Systems Integration (HSI) • Arbeitskraft • Gewichtsanalyse (MPE) • Modelle, Simulationen und Prototypen • Sicherheit und Gesundheit (Safety and Health) • Sicherheit (Security) • Instandhaltungsanalysen • Betriebskosten während der Lebenszyklus 	beherrschen
Literatur-empfehlung	Aktueller ISO/IEC/IEEE 15288 und INCOSE / GfSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBUCH , ASD S3000L ⁸	
Sonstiges	FMECA, Ebene of Repair Analysis, LSA, RCM, System Security Analysis, System Safety Assessment, LCC, TCO, SysML, Survivability Analysis, Safety & Health Hazard Analysis, Design-to-Cost, Cost Effectiveness Analysis, Value Engineering, LCCA (Life Cycle Cost Analysis), Usability Analysis, Manufacturing & Producibility Analysis, Sustainment Engineering Analysis	
Prüfungsleistung	Teilnahme am Test zum Erwerb des Zertifikats Ebene A	

⁸ <http://www.s3000l.org/>

Tabelle 10: Beschreibung Modul 8 – Operationelle Aspekte und Entsorgung im Design

Modul	8 - Operationelle Aspekte und Entsorgung im Design	Kompetenz- Ebene
Qualifikation	vgl. dazu [8] Para. 4.2.	
Geeignete Lernform	Selbststudium (optional Hilfe durch lizenzierte Lehrgangsanbieter)	
Lernziele (Kenntnisse; Fertigkeiten)	<p>Grundlage aller Aktivitäten eines Unternehmens ist seine Betriebsstrategie die bei Systementwürfen entsprechend zu berücksichtigen ist. Die Analyse der künftigen Betriebsdaten des Produkts und die geplante Wartungsstrategie, ebenso wie die Entsorgung des Produkts können zu Designeinschränkungen führen und müssen im Systementwurf berücksichtigt werden. Notwendige Verbrauchsmaterialien (z.B. Öle, Batterien) können den Systementwurf beeinflussen und den Betrieb und die Entsorgung (z.B. Deaktivierung, weiterer Gebrauch und/oder Wiederverwendung) am Ende der Produktverwendung erheblich aufwendiger gestalten. Eigenentwicklungen sind nicht immer sinnvoll oder geboten. Auswahl und Überwachung von Lieferanten von Systemelementen oder Partnern sind daher unabdingbar. Eine Produktauslieferung ist nicht nur von technischer, sondern auch von rechtlicher Natur (Eigentumsübergang). Die bei Projektbeginn geplanten Aktionen zum Projektende (z.B. Vorbereitung des Endnutzer Supports, Abschluss der Konfiguration) sind daher von hoher Wichtigkeit für ein Unternehmen.</p>	
Lehrinhalt und Tiefe:	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsstrategie • Auswertung Betriebsdaten • Einfluss von Verbrauchsmaterialien auf Wartung und Betrieb • Anwenderfeedback bewerten • Wartungsstrategie • Baueinschränkungen durch Wartungsaspekte • Fehlermeldungen • Aufzeichnung der Leistungsdaten • Entsorgungsstrategie • Einschränkungen durch Entsorgungsaspekte • Deaktivierung • Weiter- und Wiederverwendung • Qualitätsplanung • Qualitätsmanagement • Durchführen der Qualitätslenkung 	beherrschen

	<ul style="list-style-type: none"> • Beschaffungsplanung • Ausschreibungen • Auswahl von Zulieferern • Überwachung von Vertragsinhalten • Abnahme von Leistungen • Teilnahme an Ausschreibungsverfahren • Verträge und deren Auswirkung auf Produkte • Produktübergabe an den Kunden • Aspekte des Projektendes 	beherrschen
Literatur-empfehlung	Aktueller ISO/IEC/IEEE 15288 und INCOSE / GfSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBUCH	
Sonstiges	PPAP, ISO9000 und folgende; Audits (unterschied zu Reviews etc.); Unterschied der Konfigurationskontrolle (Seriennummer / Order); Supply Chain Aspekte, Beschaffung; Quality Management Plan,	
Prüfungsleistung	Teilnahme am Test zum Erwerb des Zertifikats Ebene A	

Tabelle 11: Beschreibung Modul 9 – Konfliktmanagement und soziale Kompetenzen

Modul	9 - Konfliktmanagement und soziale Kompetenz	Kompetenz- Ebene
Qualifikation	vgl. dazu [8] Para. 4.2.	
Geeignete Lernform	Praxiserfahrung und Selbststudium;	
Lernziele (Kenntnisse; Fertigkeiten)	<p>Systems Engineers sind einerseits Mittler zwischen dem Projektmanagement und den technischen Fachdisziplinen. Andererseits haben sie umfangreiche Führungsaufgaben bei der Definition neuer Produkte und der folgenden Umsetzung von Produktideen mit Unterstützung der Ingenieurdisziplinen.</p> <p>Führungskompetenz bedeutet ein Team, bestehend aus unterschiedlichen Charakteren mit sehr unterschiedlichem fachlichem Wissen, auf ein gemeinsames Ziel zu lenken und dabei ausgleichend und motivierend auf die Persönlichkeiten einzuwirken. Respekt vor der Persönlichkeit und Kompetenz der anderen Projektbeteiligten sind dabei unerlässliche Elemente.</p> <p>Die Verantwortung gegenüber dem Unternehmen muss dabei gewährleistet sein, was von der Person des Systems Engineers politisches und kulturelles Bewusstsein, Entscheidungsfreudigkeit, Verhandlungsgeschick und ein großes Maß an Kommunikationsfähigkeit voraussetzt.</p>	
Lehrinhalt und Tiefe:	<ul style="list-style-type: none"> • INCOSE Ethik Kodex • Grundlagen der Kommunikationstechnik und Teamführung • Eigenes Verhalten und persönliche Eigenschaften • Zusammenarbeit unterschiedlicher Persönlichkeiten • Zeitmanagement und persönliche Arbeitsorganisation • Problemorientierte Kreativitätstechniken • Zwischenmenschliche Kommunikation, Verhandlungstechniken • Methoden der Konfliktlösung und Motivation • Sozialkompetentes Verhalten • Strukturen der Kommunikation • 4 Seiten einer Nachricht (Nachrichtenquadrat nach Friedemann Schulz von Thun [2]) • Selbstbild – Fremdbild • Johari Fenster (Joseph Luft, Harry Ingham) 	anwenden

	<ul style="list-style-type: none"> • Rückkopplungsregeln und aktives Hören • Grundlagen der Teamführung • Methoden und Eigenschaften, um ein Team zu führen • Definition "Team" • Besonderheiten und Eigenschaften eines erfolgreichen Teams • Phasen einer Team-Entwicklung • Situative Team-Lenkung • Schlüsselemente der Situationsführungstheorie • Aufgabenorientierung vs. Beziehungsorientierung (Hersey und Blanchard) • Charaktere in einem Team (Persönlichkeitsmodell (z.B. Riemann - Thomann), Nähe gegen Entfernung, Dauer gegen Änderungen) 	anwenden
Literatur-empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> • INCOSE Ethik Kodex • Friedemann Schulz von Thun; miteinander reden 1; Störungen und Klärungen [2] • Christoph Thomann, Friedemann Schulz von Thun; Klärungshilfe 1 Handbuch für Therapeuten, Gesprächshelfer und Moderatoren in schwierigen Gesprächen • Helga Pammer, Alexandra Huemer; Soziale Kompetenz für Praktiker, Sich selbst kennen, Beziehungen sinnvoll gestalten 	
Sonstiges	Selbstbild erstellen; Fremdbild einholen (mind. 2);	
Prüfungsleistung	Schriftliche Selbstreflexion & Teilnahme am Test zum Erwerb des Zertifikats Ebene A	

6. Abkürzungsverzeichnis und Glossar

GfSE	Gesellschaft für Systems Engineering
NORSOK	Norsk Søkkel Konkuranseposisjon (Norwegische Normungsorganisation)
AHP	Analytic Hierarchy Process
ASP	Arbeitsstruktur-Plans
ASD	AeroSpace and Defense Industries Association of Europe
CBA	Cost Benefit Analysis
CMMI	Capability Maturity Model Integration (Trademark of Carnegie Mellon University)
CMP	Configuration Management Plan
DMA	Database Modeling Analysis
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMV	Elektro Magnetische Verträglichkeit (=EMC)
FFBD	Functional Flow Block Diagram
FMECA	Failure Modes, Effects and Criticality Analysis ([12] 3.2.9)
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis (3.1164)
FTA	Fault Tree Analysis ⁹ (Fehlerbaumanalyse)
HMI	Human Machine Interface
HSI	Human Systems Integration
ICD	Interface Control Document
IDEFO	Integration Definition for Function Modeling ¹⁰
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMP	Information Management Plan
INCOSE	International Council on Systems Engineering
ISO	International Standards Organization
KPV	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
KTA	Kepner-Tregoe Analysis
LCC	Life Cycle Cost (Lebenszykluskosten)

⁹ IEC 1025: 1990 Fault tree analysis (FTA)

¹⁰ Federal Information Processing Standards Publication 183

LCCA	Life Cycle Cost Analysis ¹¹ , (Lebenszykluskostenanalyse)
LL	Lessons Learned
LSA	Logistics Support Analysis
MBSE	Model Based System Engineering
MOE	Measure of Effectiveness
MPE	Mass Properties Engineering
MSA	Modern Structured Analysis
OOA	Object-Oriented Analysis
OOSEM	Object Oriented Systems Engineering Method
PERT	Program Evaluation Review Technique
PHS&T	Packaging, Handling, Storage, and Transportation
PM	Projekt Management
PPAP	Production Part Approval Process (Produktions-Freigabe-Verfahren)
PSP	Projektstrukturplan
QFD	Quality Function Deployment
QM	Qualitäts-Management
QMP	Quality Management Plan
RCM	Reliability Centered Maintenance
RMP	Risk Management Plan
RTM	Requirements Traceability Matrix
RVTM	Requirements Verification and Traceability Matrix
SE	Systems Engineering
SEMP	Systems Engineering Management Plan
SEP	Systems Engineering Plan
SSA	System Safety Assessment
SysML	System Modeling Language
TCO	Total Cost of Ownership
LORA	Ebene of Repair Analysis

¹¹ LCCA: a technique used to evaluate the economic consequences over a period of time of mutually exclusive project alternatives (vgl. z.B. NORSOK O-CR-001; LIFE CYCLE COST FOR SYSTEMS AND EQUIPMENT)

TM	Technical Management
TPM	Technical Performance Metrics
TNA	Training Need Analysis
TSA	Traditional Structured Analysis
UML	Unified Modeling Language
V&V	Validierung und Verifikation
WBS	Work Breakdown Structure

7. Referenzen für SE-ZERT®

1. Gültiges INCOSE Handbuch (erhältlich über die GfSE Homepage)
2. Friedemann Schulz von Thun; Miteinander reden 1-4; rororo Verlag; ISBN-13: 978-3499628757
3. ISO/IEC/IEEE 15288; Systems and software engineering —System life cycle processes
4. ISO/IEC TR 19760; Systems engineering — A guide for the application of ISO/IEC 15288
5. ISO/IEC/IEEE 24765, Systems and software engineering — Vocabulary
6. gelöscht
7. gelöscht
8. Normatives Dokument, Personenzertifizierung Certified Systems Engineer (GfSE) “®”, Stand 26.11.2011
9. System Integration; Jeffrey O. Grady; CRC Press 1994; chap. 1
10. gelöscht
11. Handbook of practical program evaluation / Joseph S. Wholey, Harry P. Hatry, Kathryn E. Newcomer, editors.—3rd ed.
12. ESA Requirements and Standards Division; ECSS-Q-30-02B Draft 2, 30 April 2008