

DIN EN 9277

ICS 49.140

Einsprüche bis 2014-12-31

Entwurf**Luft- und Raumfahrt –
Programm-Management –
Leitfaden für das Management von Systems Engineering;
Deutsche und Englische Fassung FprEN 9277:2014**

Aerospace series –
Programme Management –
Guide for the management of Systems Engineering;
German and English version FprEN 9277:2014

Série aérospatiale –
Management de Programme –
Guide pour le management de l'ingénierie Système;
Version allemande et anglaise FprEN 9277:2014

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-10-31 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 96 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument FprEN 9277:2014 wurde von ASD-STAN, Fachbereich Allgemeines, erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-05-01 AA „Grundlagen und Managementverfahren (Spiegelausschuss zu ISO/TC 20/SC 14)“ im DIN Normenausschuss Luft- und Raumfahrt.

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

Es wird darauf hingewiesen, dass auf Grund der Verfahrensweise zur Normenerstellung bei ASD-STAN dieser Norm-Entwurf E DIN EN 9277 ausschließlich der formellen Annahme der deutschen Sprachfassung von EN 9277 dienen kann. Im Rahmen dieser Umfrage sind daher ausschließlich redaktionelle Stellungnahmen zur deutschen Übersetzung möglich.

Luft- und Raumfahrt — Programm-Management — Leitfaden für das Management von Systems Engineering

Série aérospatiale — Management de Programme — Guide pour le management de l'ingénierie Système

Aerospace series — Programme Management — Guide for the management of Systems Engineering

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: formelle Abstimmung
Dokument-Sprache: D

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Stellung von Systems Engineering und SE-Management innerhalb eines Projektes	9
5.1 Bedarf an einem Management für Systems Engineering	9
5.2 Verhältnis zwischen SE-Management und Programm-Management	10
5.3 Stellung des Systems Engineering im Verhältnis zum Programm-Management	10
6 Prozess des Systems Engineering	13
6.1 Bezugsprozess.....	13
6.2 Technische Tätigkeiten	13
6.3 Interaktion zwischen den technischen Tätigkeiten	14
6.4 Spezielle Tätigkeiten des Systems Engineering-Managements	16
6.5 Systems Engineering-Management, Phaseneinteilung und -planung und Rekursivität.....	17
7 Grundsätze für die Festlegung von Anforderungen und Elementen des Management-Plans	19
7.1 Ansatz	19
7.2 Lenkung technischer Objekte und Tätigkeiten des Systems Engineering	19
7.3 Interaktionen zwischen Managementtätigkeiten und technischen Objekten und Tätigkeiten	21
7.4 Erstellen von Anforderungen und Elementen des Management-Plans des Systems Engineering	21
8 Beispiele für Managementanforderungen und Elemente eines Management-Plans bezüglich des Systems Engineering	22
8.1 Allgemeines	22
8.2 Allgemeine SE-Managementanforderungen	23
8.2.1 Managementanforderungen	23
8.2.2 Elemente des Management-Plans	23
8.3 Formulierung des Bedürfnisses durch den Käufer.....	23
8.3.1 Managementanforderungen	23
8.3.2 Empfehlungen	23
8.4 Analyse der Käuferbedürfnisse und Festlegung der Systemanforderungen	24
8.4.1 Managementanforderungen	24
8.4.2 Elemente des Management-Plans	24
8.5 Validierung der Anforderungen.....	25
8.5.1 Managementanforderungen	25
8.5.2 Elemente des Management-Plans	25
8.6 Festlegung der Lösung	25
8.6.1 Managementanforderungen	25
8.6.2 Elemente des Management-Plans	26
8.7 Modellierung/Simulation	26
8.7.1 Managementanforderungen	26
8.7.2 Elemente des Management-Plans	27

8.8	Systemanalyse.....	28
8.8.1	Managementanforderungen	28
8.8.2	Elemente des Management-Plans	28
8.9	Systemverifizierung	28
8.9.1	Managementanforderungen	28
8.9.2	Elemente des Management-Plans	28
8.10	Systemvalidierung.....	29
8.10.1	Managementanforderungen	29
8.10.2	Elemente des Management-Plans	29
8.11	Prozesse unter Beteiligung von Systems Engineering.....	30
9	Schnittstellen zwischen dem Systems Engineering-Management und den anderen Aufgabenbereichen des Programm-Management	30
9.1	Allgemeines	30
9.2	Risikomanagement.....	31
9.3	Konfigurationsmanagement.....	31
10	Spezialgebiet technische Tätigkeiten.....	32
10.1	Zielkostenbezogenes Gestalten (Design to Cost).....	32
10.2	Wiederverwendung oder neue Lösung.....	32
10.3	Menschliche Faktoren.....	33
Anhang A (informativ) Bereiche die durch Normen zum Systems Engineering erfasst werden		34
Anhang B (informativ) Verfahren zur Ermittlung von Managementanforderungen		35
B.1	Tabelle für allgemeine SE-Managementanforderungen	35
B.2	Verfahren zur Anwendung der Tabelle „Allgemeine SE-Managementanforderungen“	36
B.2.1	Zur Erstellung von SE-Managementanforderungen	36
B.2.2	Zur Erstellung von Elementen hinsichtlich des SE-Management-Plans	37
Anhang C (informativ) Umsetzungsbeispiel: Tätigkeit der "Festlegung einer Lösung"		38
C.1	Vervollständigte Tabelle	38
C.2	Anforderungen und Elemente des Management-Plans.....	40
C.2.1	Managementanforderungen (siehe 8.6.1)	40
C.2.2	Elemente des Management-Plans (siehe 8.6.2).....	40
Anhang D (informativ) Beschreibung der Tätigkeiten des SE-Prozesses.....		42
D.1	Formulierung des Bedürfnisses durch den Käufer	42
D.2	Analyse des Käuferbedürfnisses und Festlegung der Systemanforderungen.....	42
D.3	Validierung der Anforderungen	42
D.4	Festlegung der Lösung.....	42
D.5	Modellierung und Simulation	43
D.6	Systemanalyse.....	43
D.7	Systemverifizierung	43
D.8	Systemvalidierung.....	44
Anhang E (informativ) Beschreibung bestimmter Objekte innerhalb des SE-Prozesses		45
Anhang F (informativ) Zuordnung zwischen Systems-Engineering-Prozessen und Prozessen und Grundsätzen einer menschenzentrierten Gestaltung interaktiver Systeme		46
F.1	Zuordnung für ISO/IEC 15288:2008 Technische Prozesse	46
F.2	Zuordnung für ISO/IEC 15288:2008 andere als technische Prozesse	47
Literaturhinweise		48

Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 9277:2014) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Dieses Dokument ist derzeit zur formellen Abstimmung vorgelegt.

Einleitung

Dieses Dokument behandelt bei Programmen gegenwärtige Herausforderungen, wie:

- den Multi-Projektansatz,
- den multidisziplinären Ansatz,
- neue Akquiseverfahren,
- die steigende Komplexität bei Systemen, die erworben werden sollen,
- sich entwickelnde Aspekte eines Systems und deren schrittweise Entwicklung,
- die Komplexität von Managementprogrammen hinsichtlich ihrer Gliederung,
- die Weiterentwicklung der Industriebereiche.

Das in diesem Dokument betrachtete System umfasst ein Zielsystem sowie Elemente (Produkte, Prozesse, usw.), die für dessen Entwicklung, Herstellung und Nutzung erforderlich sind – in anderen Worten, eine Auswahl an Endprodukten und Produkten, die den Lebenszyklus des Zielsystems unterstützen.

Der Fall, dass das System nur ein Bestandteil der bereitgestellten Dienstleistung ist (es wird kein System erworben, sondern nur die Dienstleistung), wird in diesem Dokument nicht behandelt.

Systems Engineering (SE) beinhaltet eine Reihe von Tätigkeiten, die auf Grundlage der wahrgenommenen betrieblichen Erfordernisse und mithilfe eines strukturierten Ansatzes darauf ausgerichtet sind:

- dieses Erfordernis in Fachsprache zu beschreiben;
- dieses Erfordernis schrittweise in eine Systemlösung zu überführen;
- auf jeder Stufe zu zeigen, dass dieses System den Erfordernissen entspricht.

Systems Engineering:

- berücksichtigt das System als Ganzes und in sämtlichen Zuständen seines Lebenszyklus;
- stellt ein Gerüst bereit, um unterschiedliche technische Aufgabenbereiche (Elektronik, Datenverarbeitung, Mechanik, Ergonomie usw.) und einige Unternehmensfunktionen (Konstruktion, Herstellung, Logistik, Prüfungen usw.) zu verbinden, ohne notwendigerweise in diese Aufgabenbereiche und Funktionen einzugreifen;
- ist auf die umfassende Optimierung der Lösung innerhalb eines Bereichs ausgerichtet, der Vorgaben unterliegt (Kosten, Zeitplan, Leistung, Strategie usw.), die durch das Programm-Management erstellt wurden;
- stellt die Abstimmung zwischen sämtlichen Komponenten der Lösung (funktionale und physische Schnittstellen) sicher.

In diesem Dokument ist die organisatorische Dimension für das Erreichen der übergeordneten Ziele entscheidend. Die Komplexität des Systems entspricht der Komplexität der Organisation (je komplexer das System ist, desto stärker muss die Organisation gelenkt werden).

Dieses Dokument ist eine Fortführung und Entwicklung folgender Abschnitte von EN 9200: 3.1 Leistungsmanagement und 3.2 Systems Engineering.

Die Stellung dieses Dokuments im Verhältnis zu anderen normativen Dokumenten zum Umgang mit Systems Engineering (ISO/IEC 15288, EIA 632, IEEE 1220, EN 9200) wird in Anhang A aufgeführt. Dieses Dokument fällt in den Anwendungsbereich von EN 9200 und ISO/IEC 15288, da es sich, wenngleich detaillierter, mit Aspekten befasst, die mit dem Management technischer Tätigkeiten von Systems Engineering verbunden sind. Es beruht zum Teil auf dem in ISO/IEC 15288:2008 beschriebenen SE-Prozess und fügt, falls notwendig, durch Ergänzung aus EIA 632 die Aspekte der programmbezogenen Phaseneinteilung und -planung hinzu. Es gibt insofern nur geringe Überschneidungen mit IEEE 1220, die sich in der Hauptsache auf die technischen Tätigkeiten der SE konzentriert.

1 Anwendungsbereich

Aufgrund folgender Überlegungen:

- Erinnerung an Systems Engineering und dessen Anwendungsbereich,
- der Verortung des SE-Managements innerhalb des Programm-Managements und in Bezug auf die technischen Tätigkeiten des Systems Engineering,
- Bestimmung von Schnittstellen zwischen dem SE-Management und anderen Aufgabenbereichen in Verbindung mit dem Programm-Management,

ist es der Zweck dieser Norm:

- Käufer und Organisation dabei zu unterstützen, Anforderungen an das Management von SE-Tätigkeiten aufzustellen,
- Lieferanten dabei zu unterstützen, die Elemente des Management-Plans zu erstellen (zu erklären, wie insbesondere den Managementanforderungen zu begegnen ist)

Diese Norm gilt auf den verschiedenen Ebenen des Produktbaums für Produkte, die als Systeme aufgefasst werden können:

- im allgemeinen Fall eines Lieferanten, der mit Hilfe eines oder mehrerer Lieferanten im Auftrag eines Käufers ein System entwickelt;
- im Fall einer integrierten Arbeitsgruppe (Aufteilung der SE-Funktionen, Verantwortlichkeiten und Risiken).

ANMERKUNG Eine nach ISO/IEC/IEEE 24765:2010 integrierte Arbeitsgruppe sollte Aufgabenbereiche und -funktionen einer Organisation einschließen, die Anteil am Erfolg der Arbeitsprodukte haben.

Diese Norm stellt eine Anleitung dar, die die Anforderungen und möglichen Antworten des SE-Managements verdeutlicht. Sie kann als Prüfliste verwendet werden, die entsprechend der speziellen Umgebung, die für jedes Programm gilt, angepasst oder vervollständigt werden sollte.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 9200, *Luft- und Raumfahrt — Programm-Management — Richtlinie für eine Projektmanagement-Spezifikation*

EN 12973, *Value Management*

EN ISO 9000:2005, *Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2005)*

EN ISO 9241-210:2011, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2010)*

ISO 9220, *Metallic coatings — Measurement of coating thickness — Scanning electron microscope method*

ISO/IEC 15288:2008, *Systems and software engineering — Systems life cycle processes*

ISO/IEC/IEEE 24765:2010, *Systems and software engineering — Vocabulary*

EIA 632:2003, *Processes for Engineering a System*¹⁾

IEEE 1220:1999, *Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process*²⁾

3 Begriffe

Die im Folgenden angegebenen Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments unerlässlich. Bei datierten Verweisungen gilt ausschließlich die Veröffentlichung in Schriftform.

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

Begriffe der System- und Softwaretechnik sollten aus ISO/IEC/IEEE 24765:2010 zur Definition verwendet werden. Zusätzlich sollten die folgenden Normen in der angegebenen Reihenfolge zur Definition verwendet werden:

- ISO/IEC 15288:2008, *Systems and software engineering — Systems life cycle processes*
- EN ISO 9241-210:2011, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme*
- EIA 632:2003, *Processes for Engineering a System*
- IEEE 1220:1999, *Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process*
- EN ISO 9000:2005, *Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe*

3.1

Komplexität

Prozessmerkmal im Zusammenhang mit der Anzahl und Vielfalt von Mitwirkenden, Komponenten und Technologien, die an der Gestaltung und Herstellung von Produkten und der unterstützenden Logistik beteiligt sind

3.2

Iterativität

Merkmal eines Prozesses, der mehrere Male teilweise oder vollständig wiederholt wird, wobei in Bezug auf ein Produkt, das den formulierten Bedürfnissen entsprechen soll, nach Konvergenz gesucht wird

3.3

Rekursivität

Wiederholung des SE-Prozesses auf verschiedenen Gliederungsebenen wegen der Gliederung des Systems in Untersysteme, wobei es eine starke Interaktion zwischen den Ebenen gibt

1) EIA National (US) Electronic Industries Association, <http://www.eia.org>

2) IEEE International Institute of Electrical and Electronical Engineers, <http://www.ieee.org>

3.4

System

Satz komplexer Hardware, Software, Personal und Betriebsprozesse, der darauf abgestimmt ist, in einer festgelegten Umgebung Bedürfnisse zu erfüllen und die erwarteten Dienstleistungen bereitzustellen

3.5

Systems Engineering

interdisziplinärer Ansatz, der sämtliche technischen und führungsbezogenen Anstrengungen leitet, die erforderlich sind, um eine Gemengelage aus Kundenbedürfnissen, Erwartungshaltungen und Vorgaben in eine Lösung zu überführen und diese Lösung während deren gesamter Lebensdauer zu unterstützen

Anmerkung 1 zum Begriff: Enthält die Festlegung von Maßnahmen, die die technische Leistungsfähigkeit betreffen, die Integration technischen Fachwissens in Bezug auf den Aufbau einer Architektur sowie die Festlegung unterstützender Lebenszyklusprozesse, die Kosten und Leistung abgleichen und Ziele festlegen.

3.6

Skalierbarkeit

Fähigkeit, die Anordnung der Komponenten eines Systems zu ändern, um es der gewünschten Anwendungsumgebung anzupassen

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Änderung der Komponentenanzahl darf durch das Einfügen von Elementen oder durch die Erstellung von Anordnungsparametern für jedes einzelne Element erreicht werden.

3.7

Ausbaufähigkeit

potenzielle Fähigkeit eines Systems, Untersystems oder einer Komponente, auf Änderungen der betrieblichen Anforderungen und auf zu erwartende oder absehbare technische Änderungen zu reagieren, ohne dass dies Auswirkungen auf die systemische Grundstruktur hat

[QUELLE: ISO 9220].

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments sind die verwendeten Abkürzungen nachstehend aufgeführt:

- CAD : computerunterstützte Konstruktion (en: Computer Assisted Design)
- FS : funktionale Spezifikationen
- ILS : integrierte Logistikunterstützung (en: Integrated Logistics Support)
- MP : Management-Plan
- MS : Managementspezifikation
- (N)TS : (Bedarf) technische Spezifikation (en: (Need) Technical Specification)
- PDCA : Planen/Durchführen/Prüfen/Handeln (en: Plan/Do/Check/Act)
- PTS : technische Produktspezifikation (en: Product Technical Specification)
- SE : Systems Engineering
- TS : technische Spezifikation

5 Stellung von Systems Engineering und SE-Management innerhalb eines Projektes

5.1 Bedarf an einem Management für Systems Engineering

Im Rahmen von Geschäftstätigkeiten existieren zwei einander ergänzende Standpunkte nebeneinander. Der SE- Standpunkt betont die nachstehenden Hauptziele:

- a) Das Management von SE-Tätigkeiten stellt sicher, dass sämtliche SE-Tätigkeiten festgelegt, geplant, überwacht und gelenkt werden:
 - indem vor Beginn eines Projektes die technischen Tätigkeiten, die während des Projektes zur Erfüllung der Erfordernisse der Systementwicklung und wegen der Projektvorgaben (Kosten, Zeitplan, Leistung) auszuführen sind, ermittelt werden;
 - indem während des Projektes die technischen Aufgaben, relevante Ressourcen einschließlich Personalplanung, die Zuweisung der Hauptverantwortlichkeiten und der Berichterstattung, die zur Überwachung und Lenkung des technischen Fortschreitens erforderlich ist, ermittelt werden;
 - indem während des gesamten Projekts die Systemgestaltung und -festlegung entsprechend den Anforderungen aufrechterhalten wird.
- b) Beitrag des Systems Engineering zum Programm:
 - Überführung einer Anzahl von Bedürfnissen in ein System, das diese Bedürfnisse erfüllt; mittels eines systematischen Ansatzes zu einer integrierten Produktgestaltung und den damit verbundenen Herstellungs-, Prüf- und Unterstützungsprozessen beitragen;
 - von einem technischen Standpunkt aus: Handhabung und Optimierung der Systemleistung entsprechend den Programmzielen und -vorgaben;
 - zu befähigen, einen schrittweisen Nachweis zu führen, dass das System eine entsprechende Zahl von Bedürfnissen erfüllen kann;
 - Bestimmung der technischen Systemrisiken und Durchführung risikominimierender Maßnahmen sowie Beitrag zum Gesamtprozess des Risikomanagements.

Eine starke Koordinierung und Integration ist erforderlich und rechtfertigt die Schaffung eines formalisierten, speziellen SE-Managements, z. B. durch eine SE-Spezifikation und einen MP.

Einige Hauptmerkmale unterscheiden die SE tatsächlich von herkömmlichen technischen Tätigkeiten und rechtfertigen das Erfordernis eines speziellen SE-Managements:

- das Fehlen ungenauer Anforderungen, die während der Entwicklung verfeinert und durch Annahmen ergänzt werden;
- Komplexität der Umgebung, starke Wechselwirkung mit dem System (Mensch-Maschine-Schnittstelle, Arbeitsfeld usw.);
- Komplexität im Zusammenhang mit der Anzahl und Vielfalt der Anspruchsträger, der Zahl unterschiedlicher Technologien, den Produkten und der unterstützenden Logistik (das System ist für viele Käufer in vielen Märkten bestimmt);
- Iterativität; Rekursivität von Projektprozessen;
- Skalierbarkeit des Systems;

— Ausbaufähigkeit der Systeme, Untersysteme und Komponenten.

Systems Engineering bindet sowohl den Käufer als auch den (die) Lieferanten der Organisation ein und umfasst die verschiedenen technischen Prozesse, die iterativ und vollständig dazu beitragen, dass die Lösung während des gesamten Lebenszyklus des Systems den Erfordernissen entspricht.

Siehe Bild 1 — Stellung des Systems Engineering im Verhältnis zum Programm-Management.

Das SE-Management ist daher nicht auf das Management der technischen SE-Tätigkeiten einer Organisation beschränkt, sondern muss auch eine Verbindung zu den SE-Tätigkeiten der über- und untergeordneten Ebene bereitstellen (Käufer und Lieferanten der Organisation).

In diesem Umfeld werden Verfahren zur Zusammenarbeit von Käufer/Organisation/Lieferant gefördert, um den Datenaustausch, die Reaktionsfähigkeit des Partners und die Konvergenz hinsichtlich gemeinsamer Anforderungen und Lösungen zu verbessern (z. B. Networking, Umgebung für gemeinsam genutzte Daten usw.).

Die große Zahl von Anspruchsträgern (wegen der zahllosen beteiligten Aufgabenbereiche und des Käufer-/Organisation/Lieferant-Baums) erfordert auf ähnliche Weise ein spezielles SE-Management, um die Abstimmung der durchgeführten Arbeiten, der Daten und des technischen Datenflusses sicherzustellen.

Folgerichtig erfordert das SE-Management die Verwendung spezieller Verfahren, Instrumente und Fähigkeiten.

5.2 Verhältnis zwischen SE-Management und Programm-Management

Falls ein Bedarf an Systems Engineering-Management besteht, kann der gesamte SE-Prozess in zwei Arten von Tätigkeiten unterteilt werden:

- Tätigkeiten des SE-Managements, die im Programm-Management enthalten sind und die Planung, Management und Lenkung der technischen SE-Tätigkeiten umfassen;
- die eigentlichen technischen Tätigkeiten, die mit den technischen Prozessen, die beim System zur Anwendung gelangen, verbunden sind (Analyse der Bedürfnisse des Käufers, Gestaltung, Verifikation, Validierung usw.)

Siehe Bild 1 — Stellung des Systems Engineering im Verhältnis zum Programm-Management.

Die Hauptaufgabe des SE-Managements innerhalb des Programm-Managements ist es sicherzustellen, dass sich die Systemleistung in Übereinstimmung mit den formulierten Bedürfnissen befindet und dass die in der Entwicklung enthaltenen technischen Risiken gelenkt werden. Zudem leistet das SE-Management bezüglich sämtlicher technischer Aspekte eines Systems während des gesamten Lebenszyklus einen Beitrag zum Programm-Management. Das SE-Management stärkt daher den technischen Standpunkt innerhalb des Programm-Managements.

Die Parameter für Kosten und Zeitplanung, die in der Verantwortlichkeit des Programm-Managements liegen, werden durch das SE-Management als Eingangsvorgaben bei der Suche nach der optimalen Leistung berücksichtigt: Das SE-Management muss sämtliche entstehenden Auswirkungen hinsichtlich einer technischen Entscheidung und den damit für das Programm verbundenen Risiken erfassen und das Programm-Management dabei unterstützen, gemeinsam mit allen anderen Anspruchsträgern den Ausgleich von Ergebnis, Kosten und Zeit festzulegen.

5.3 Stellung des Systems Engineering im Verhältnis zum Programm-Management

Bild 1 zeigt die Stellung des Systems Engineering im Verhältnis zum Programm-Management für eine vorgegebene Organisation (Stufe N) innerhalb einer typischen Käufer-Lieferant-Beziehung genauso wie die zentrale Stellung des SE-Managements zwischen dem Programm-Management und den technischen Tätigkeiten.

Diese Bild gilt für jede Organisation vom Endnutzer bis hin zum letzten, nachgeordneten Lieferanten. In diesem Bild ist der Begriff des „Käufers“ sehr weit gefasst. Er umfasst sämtliche Anspruchsträger außerhalb der Organisation, die dieser gegenüber Bedürfnisse geltend machen (Vertragsnehmer, zertifizierende Behörden, Endnutzer usw.).

Sämtliche technischen, SE- und Management-Tätigkeiten zusammengefasst werden nach einem Bezugsprozess organisiert, der in Abschnitt 6 noch einmal aufgeführt ist und in Anhang D beschrieben wird. Das Verhältnis zwischen den technischen und managementbezogenen SE-Tätigkeiten wird in Abschnitt 7 festgelegt.

Das SE-Management nutzt die Bestandteile des Management-Plans hinsichtlich des Systems Engineering, um auf sämtliche, SE-spezifische Managementanforderungen zu reagieren, die einerseits in der Managementspezifikation des Käufers und andererseits organisationsintern formuliert werden (Abschnitt 8).

Das SE-Management verbindet sich über eine Schnittstelle mit allen weiteren Komponenten des Programm-Managements wie z. B. der integrierten Logistikunterstützung, dem Risiko- und RAMS-Management. Diese Schnittstellen werden in Abschnitt 9 erklärt.

In Bild 1 umschließt die durchgehende Linie den Käufer; die Organisations- und Lieferanten-Einheiten stehen für die durch diese Einheiten ausgeführten Tätigkeiten (das Was) ohne die Gliederung vorwegzunehmen, mithilfe derer diese Tätigkeiten ausgeführt wird (das Wer) und die sich von Organisation zu Organisation und von einem Programm zum anderen unterscheiden kann.

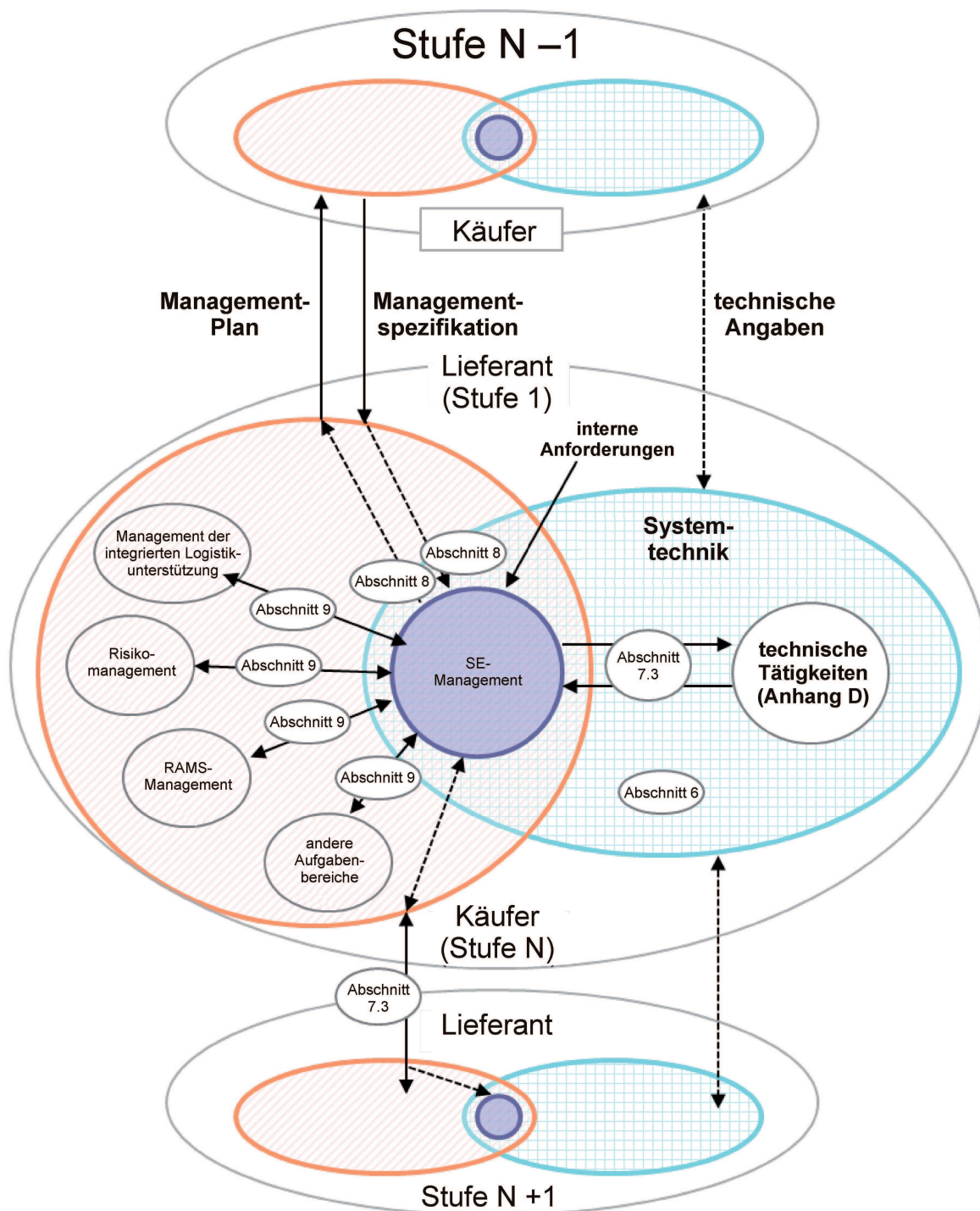


Bild 1 — Stellung des Systems Engineering im Verhältnis zum Programm-Management

6 Prozess des Systems Engineering

6.1 Bezugsprozess

Der grundlegende SE-Prozess ist in EIA 632 mittels statischer Beziehungen zwischen den Tätigkeiten (keine Ablaufplanung für die Phasen) beschrieben, ohne die Akteure in diesem Prozess näher zu bestimmen. Der Ansatz dieser Norm besteht in der Ergänzung dieser Auffassung, indem die zeitlichen Aspekte der SE-Prozesse im Rahmen eines Ansatzes der programmbezogenen Phaseneinteilung und -planung behandelt werden, wobei die Verantwortlichkeiten innerhalb der Käufer-Lieferant-Beziehung aufgeteilt werden, wie durch EN 9200 vorgesehen.

Es hat sich als notwendig herausgestellt, diese beiden Standpunkte zu kombinieren, um einen Bezugsprozess für das verbleibende Dokument zu erhalten.

Die Beschreibung der Tätigkeiten des SE-Prozesses wird in Anhang D genau ausgeführt. Regelmäßige Bezugnahme auf diesen Anhang wird zum Zwecke eines klaren Verständnisses der Managementanforderungen in Abschnitt 8 ausdrücklich empfohlen.

6.2 Technische Tätigkeiten

Der SE-Prozess umfasst folgende technische Tätigkeiten:

- Darstellung der Bedürfnisse des Käufers;
- Systemgestaltung einschließlich:
 - Analyse dieses Bedürfnisses durch die Organisation und Festlegung der Systemanforderungen;
 - Festlegung der Systemlösung: Aufgliederung, Zuordnung der Anforderungen und Spezifikation der Komponenten.
- Modellierung/Simulation (Leistung usw.);
- technische Bewertung einschließlich:
 - Anforderungvalidierung,
 - Systemanalyse,
 - Systemverifizierung,
 - Systemvalidierung.

Inhalt, Mitwirkende und Eingaben/Ausgaben dieser Tätigkeiten sind in Anhang D beschrieben.

ANMERKUNG Wegen der wachsenden Bedeutung im Rahmen der Entwicklung komplexer Systeme (z. B. Nachbildungen und virtuelle Produkte) werden Modellierung/Simulation hier als eigenständige Tätigkeiten berücksichtigt, die über den einfachen Rahmen einer Systemanalyse hinausreichen.

Der SE-Prozess ist zudem an folgenden technischen Tätigkeiten beteiligt:

- Erwerb von Komponenten von den Lieferanten der Organisation (oder organisationsintern),
- Integration dieser Komponenten in das System,
- Entwicklung der unterstützenden Logistik,

- Überführung in den Gebrauch, Bereitstellung des fertigen Systems zur Nutzung durch den Käufer (Einrichtung und Inbetriebnahme in der Umgebung des Käufers).

Die SE-Tätigkeiten werden auf jeder Stufe des Produktbaumes, die als ein System betrachtet werden kann, iterativ ausgeführt, wobei bei jeder Wiederholung Anforderungen und Lösungen verfeinert werden. Des Weiteren werden diese Tätigkeiten von einer Stufe des Produktbaums zur nächsten rekursiv wiederholt.

Diese Tätigkeiten umfassen das Weiterreichen der Erfordernisse, die Suche nach und die Konsolidierung von Lösungen. Die gewählten Lösungen werden ständig genauer und schließlich umgesetzt (die Umsetzungstätigkeiten sind nicht Bestandteil der SE).

All diese Tätigkeiten tragen zur Lenkung der Leistung des Systems bei, mit andern Worten: Sie erhalten, optimieren, überprüfen und validieren diese Leistung.

6.3 Interaktion zwischen den technischen Tätigkeiten

Bild 2 stellt die Interaktion, Durchläufe und Wiederholungen (nicht chronologisch) zwischen den technischen Tätigkeiten des SE-Prozesses dar. Die Tätigkeiten sind innerhalb dieses Prozesses entsprechend dem Verantwortungsbereich jedes Mitwirkenden (Käufer, Organisation, Lieferant) platziert. Das Ausmaß der Schattierung unterscheidet die SE-Tätigkeiten von denjenigen, an denen der SE-Prozess nur beteiligt ist. Die Tätigkeit der „Entwicklung der unterstützenden Logistik“ wird nicht dargestellt, da die Darstellung ihrer Interaktion mit den anderen Tätigkeiten die allgemeine Lesbarkeit vermindern würde, ohne einen wesentlichen Beitrag zu leisten.

Die direkten Prozesstätigkeiten und -durchläufe, welche von der Formulierung des Bedürfnisses bis zur Überführung in den Gebrauch reichen, werden anders (einfache, dicke Pfeile) als die Wiederholungsdurchläufe dargestellt, die dazu verwendet werden zu überprüfen, ob jeder Schritt korrekt ausgeführt wurde und diesen Schritt nötigenfalls zu wiederholen (einfache Pfeile). Die speziellen Interaktionen zwischen der Systemanalyse und den anderen Tätigkeiten werden auf eine besondere Weise dargestellt (gepunktete beidseitige Pfeile).

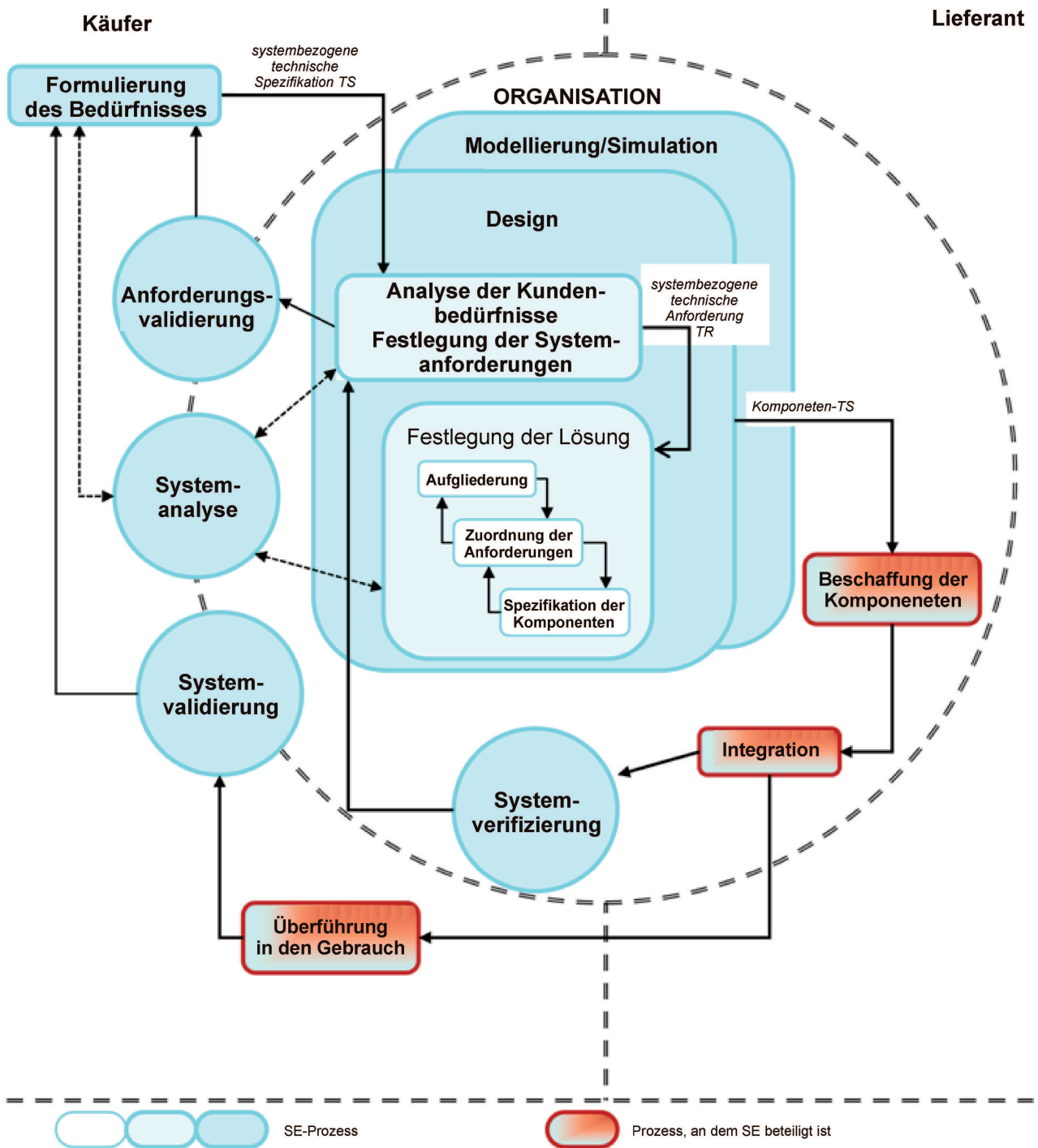


Bild 2 — Interaktionen zwischen den technischen Tätigkeiten des SE-Prozesses

6.4 Spezielle Tätigkeiten des Systems Engineering-Managements

Diese Norm beschäftigt sich mit den Management-Tätigkeiten, die entwickelt wurden, um die spezifischen, in 5.1 beschriebenen Aspekte des Systems Engineering zu lenken, ohne sich mit den konventionelleren Aspekten, die mit dem Programm-Management verbunden sind (Vertrag, Gliederung der Aufgaben, Planung usw.), zu befassen. Siehe Tabelle 1.

Tabelle 1

Objektive Kriterien	Tätigkeiten
Sicherstellung der Übereinstimmung von Systemgestaltung und Festlegungen mit den Anforderungen	Abstimmung und Vollständigkeit bei der Zuordnung der Anforderungen ist während der Gliederung des Systems in Untersysteme sicherzustellen. Bei der Wiederherstellung des Systems sind Abstimmung und Vollständigkeit der für die Untersysteme vorgeschlagenen Lösungen sicherzustellen. Die Verträglichkeit der funktionalen und physischen Schnittstellen ist sowohl innerhalb des Systems als auch nach außen sicherzustellen. Prüfungen und Erprobungen, die das System oder dessen Komponenten betreffen, sind zu spezifizieren und zu analysieren.
Sicherstellung der Konvergenz der Systemleistung	Die Abstimmung zwischen Systemleistung und Leistung der Untersysteme ist iterativ zu ermitteln. Leistungswerte sind zuzuordnen oder erneut zuzuordnen, wobei unter Berücksichtigung von technischen Risiken und Auslegungsspannen die folgenden Verfahren anzuwenden sind: — Analyse der Robustheit, Anfälligkeit, Zuverlässigkeit, Toleranzprüfungen; — Verwendung von Modellen und Simulationsinstrumenten. Neue Systemeigenschaften, die während der Entwicklung beobachtet wurden (Konzept der sich entwickelnden Eigenschaften) sind zum Vorteil zu nutzen. ANMERKUNG Angesichts der Merkmale eines Systems ist das Optimum eines Systems selten die Summe der Optima seiner Untersysteme. Eine Optimierung wird daher durchgeführt: — eher am Gesamtsystem als gesondert an jeder einzelnen Systemkomponente; — an einer gegebenen Komponente innerhalb der einzelnen Leistungsparameter.
Sicherstellung der Lenkung des SE-Prozesses	Die technischen Tätigkeiten sind, wie in 6.2 festgelegt, zu handhaben und aufeinander abzustimmen. Die vielen unabhängigen technischen Daten, die aus sämtlichen technischen, am Programm beteiligten Aufgabenbereichen entstehen, sind zu verwalten: — technische Daten, die das System betreffen (technische Entscheidungen, Daten zur Systemgestaltung usw.) sind zu dokumentieren, zu validieren und regelmäßig zu verteilen; — Prozesse und Instrumente sind einzuführen, um Rückverfolgbarkeit und Abstimmung der Daten sicherzustellen (zusätzlich zur Rückverfolgbarkeit auf der Dokumentebene); — der Datenfluss zwischen den einzelnen Systemkomponenten ist zu organisieren und die Austauschbarkeit ist sicherzustellen (Format und Synchronisierung); — Änderungen sind zu bewältigen und die Konfiguration ist zu harmonisieren; — Managementregeln für die verschiedenen Fachgebiete (Konfiguration des Systems und der Untersysteme, Modelle, CAD-Instrumente usw.).
Stärkung der technischen Standpunktes des Programm-Managements	Bestimmung und Analyse technischer Risiken sowie Festlegung risikominimierender Maßnahmen sind sicherzustellen. Es ist sicherzustellen, dass Kriterien eingeführt und Indikatoren vorhanden sind um zu beurteilen, ob der technische Aufwand und das ausgeführte System die Anforderungen erfüllen.

Die vorstehenden Tätigkeiten werden durch die Organisation und durch das Netzwerk aus Käufer/Organisation/Lieferant im Rahmen einer durch das Programm-Management bereitgestellten, umfassenden Koordination durchgeführt.

Die entsprechende Aufteilung dieser Management-Tätigkeiten auf jede der technischen SE-Tätigkeiten wird in Abschnitt 8 anhand von Beispielen für Anforderungen und Bestandteile des MP beschrieben.

6.5 Systems Engineering-Management, Phaseneinteilung und -planung und Rekursivität

Bild 3 stellt die Tätigkeiten eines SE-Prozesses dar, die entsprechend der Sichtweise einer „programmbezogenen Phaseneinteilung und -planung“, die sowohl allgemein als auch makroskopisch ist, angeordnet sind. Diese Sichtweise ermöglicht es der Leitungsebene, sämtliche Aufgaben zu bestimmen und ihnen eine Ablauflogik zuzuweisen (z. B. wird der Erwerb von Komponenten eingeleitet, wenn der Reifegrad der Systemgestaltung als fortgeschritten genug angesehen wird).

Um die iterative Eigenschaft des SE-Prozesses zu lenken, ermittelt das SE-Management die Interaktionen zwischen den Tätigkeiten in Bezug auf Datenfluss und Abfolgeplanung sowie mögliche Durchläufe und Abbruchkriterien.

Dieses Bild zeigt keine mögliche Wiederaufnahme beendeter Tätigkeiten (z. B. eine nicht zufriedenstellende Validierung darf zur Wiederaufnahme der Tätigkeit „Formulierung eines Bedürfnisses“ führen; ein weiteres Beispiel: Die Änderung eines Bedürfnisses während des Programmablaufs darf zur Wiederaufnahme des Prozesszyklus führen).

Zusätzlich zur Sichtweise der „Phaseneinteilung und -planung“ ist das Konzept der Rekursivität zwischen den verschiedenen Gliederungsebenen des Systems in Bild 4 dargestellt. In diesem Bild wird der SE-Prozess auf der Ebene des Komponentenerwerbs vollständig wiederholt, was komplexe Interaktionen zwischen den unterschiedlichen Managementebenen und den technischen Tätigkeiten erfordert.

Um die iterative Eigenschaft des SE-Prozesses zu lenken, ist die Rückmeldung der Ergebnisse in Bezug auf die Anforderungen und zwischen den Ebenen des Produktbaums durch das SE-Management dynamisch zu ermitteln.

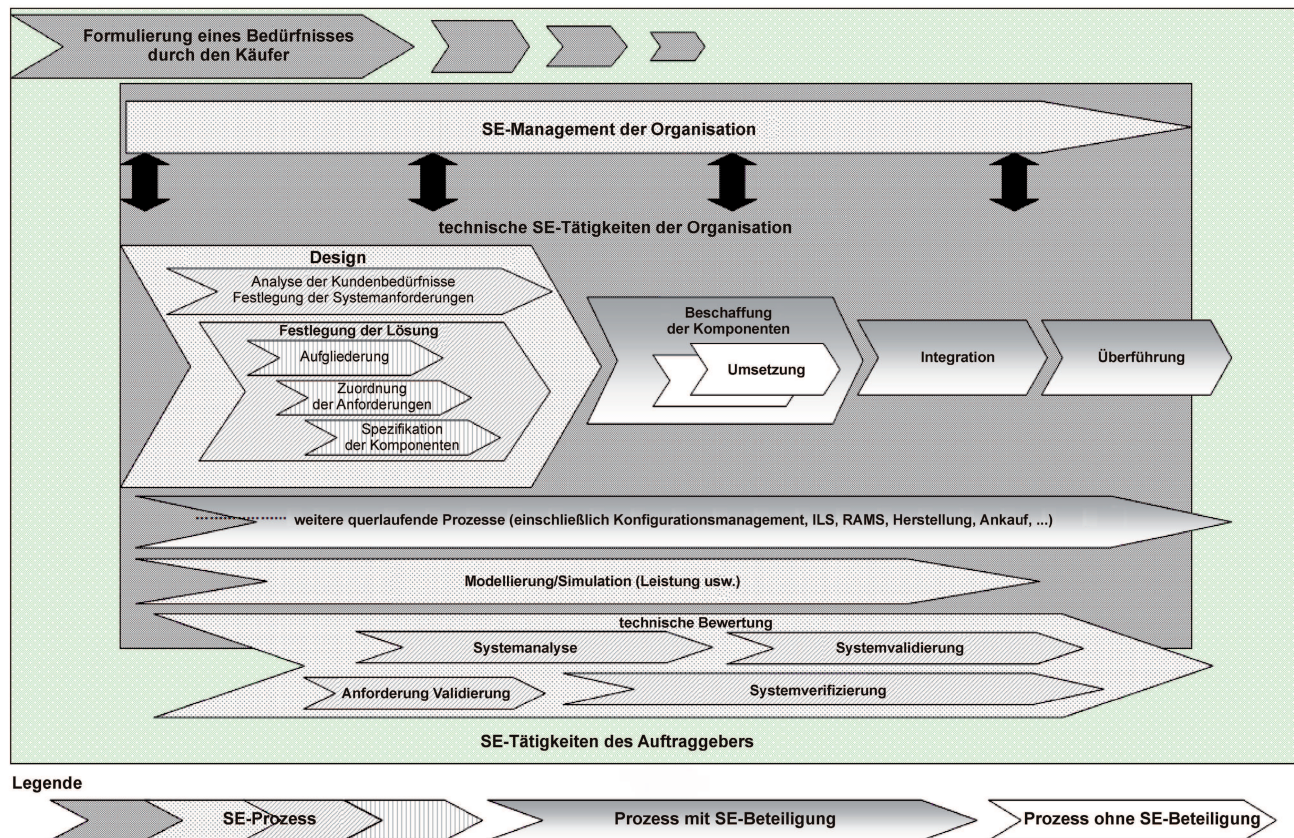


Bild 3 — Vorstellung einer „Phaseneinteilung und -planung des SE-Prozesses“

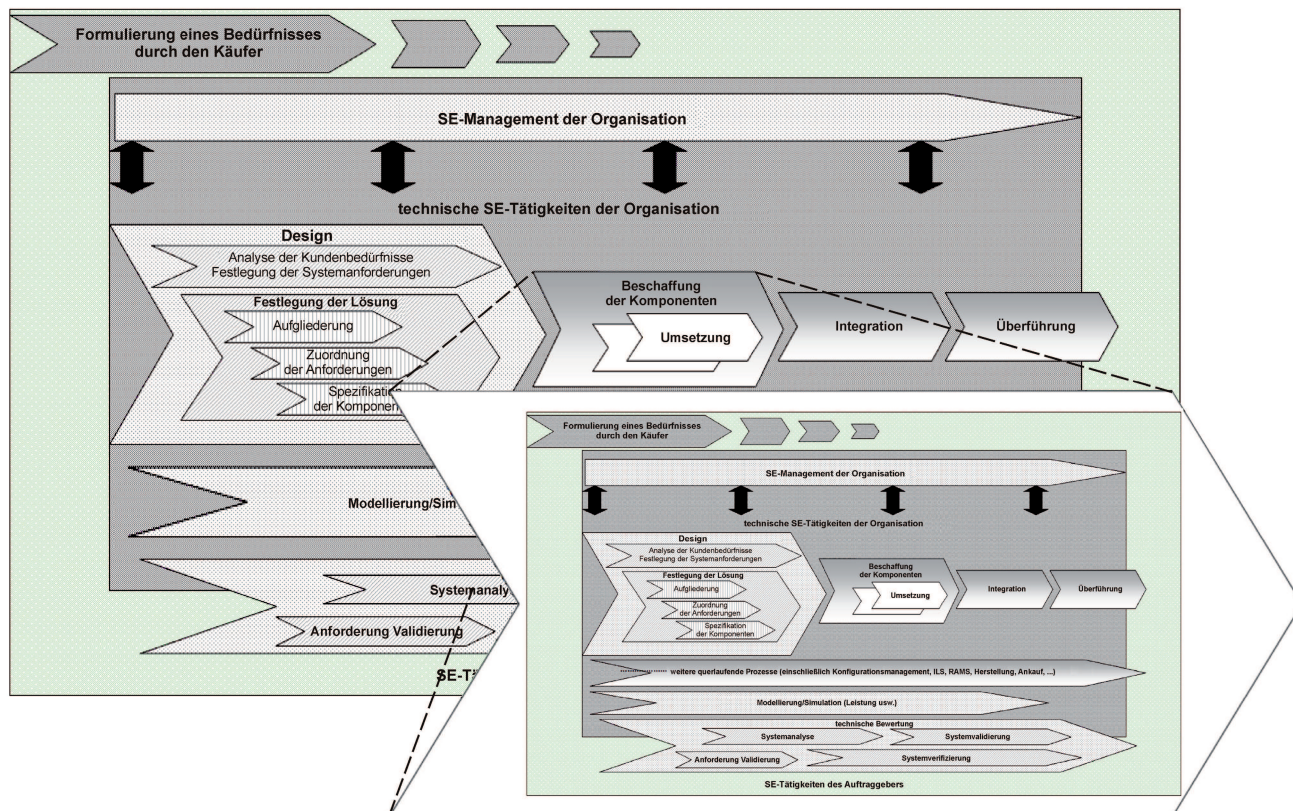


Bild 4 — Rekursivität bei SE-Management und technischen Tätigkeiten

7 Grundsätze für die Festlegung von Anforderungen und Elementen des Management-Plans

7.1 Ansatz

Der in dieser Norm gewählte Ansatz zur Festlegung von Anforderungen und Elementen des Management-Plans in Bezug auf die SE besteht:

- erstens, in der Festlegung der Funktion der Managementspezifikation (MS) und des Management-Plans (MP) und der auf Programmebene zwischen dem Käufer und der Organisation getauschten Dokumente zur Lenkung der SE auf Organisationsebene;
- zweitens, in der Identifizierung der Interaktionen zwischen einerseits den Managementtätigkeiten und andererseits den technischen Objekten und Tätigkeiten, die typischerweise während des Betriebs eines Programms zu beobachten sind; diese Interaktionen werden anschließend unter Verwendung von Tabellen, die auf dem PDCA-Management-Modell beruhen und die auf die typischen Aspekte einer SE ausgerichtet sind, analysiert und zurückverfolgt;
- zuletzt in der Verknüpfung der Elemente dieser Tabellen, nachdem diese auf das Verhältnis Käufer–Organisation angewendet wurden, wodurch es möglich wird, aus den MS- und MP-Dokumenten Elemente mit SE-Bezug zu erstellen.

7.2 Lenkung technischer Objekte und Tätigkeiten des Systems Engineering

Die Abschnitte in der MS oder dem MP des Programms, die sich mit der SE befassen (oder die MS- und MP-Dokumente, falls diese unterschieden werden) bilden die Grundlage des Managements und gelten inner-

halb des gesamten Programms für das Verhältnis zwischen dem SE-Management des Käufers, der Organisation und dem Lieferanten.

Dieser Ausgangspunkt wird verwendet um sicherzustellen, dass die Organisation folgendes lenkt:

- den Durchlauf technischer Objekte, die direkt zwischen der Organisation und dem Käufer technischer SE-Tätigkeiten ausgetauscht werden können;
- die technischen SE-Tätigkeiten der Organisation;
- den Durchlauf technischer Objekte, die direkt zwischen der Organisation und dem Lieferanten technischer SE-Tätigkeiten ausgetauscht werden können.

Diese Vorgehensweise gelangt auf jeder Ebene des Käufer-/Organisations-/Lieferanten-Baums zur Anwendung.

Bild 5 stellt den Durchlauf von MS-Anforderungen und von MP-Elementen sowie den Durchlauf technischer Daten als Teil eines Käufer-/Organisations-/Lieferanten-Baums dar. Das Tabellen-Symbol steht für die Analysetabelle, die unter 7.1 erwähnt und unter 7.3 beschrieben wird.

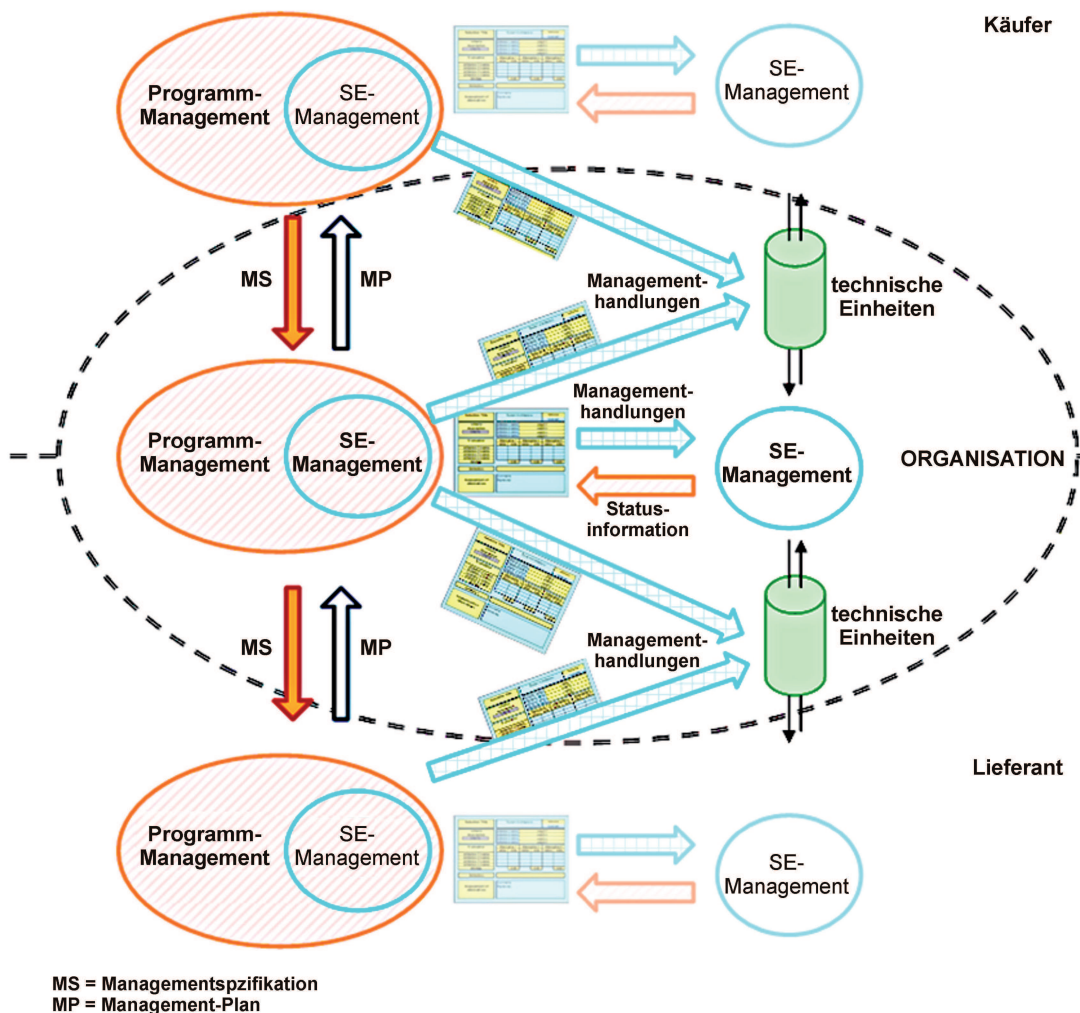


Bild 5 — Vorstellung einer „Phaseneinteilung und -planung des SE-Prozesses“

7.3 Interaktionen zwischen Managementtätigkeiten und technischen Objekten und Tätigkeiten

Die Tätigkeiten des SE-Managements sind am Modell des PDCA-Zyklus (Planen/Durchführen/Prüfen/Handeln) ausgerichtet. Die Anwendung dieses Modells zur Lenkung technischer SE-Objekte stellt ein Mittel bereit, dass die effektive Lenkung und dauerhaften Optimierung dieser Objekte und Tätigkeiten sicherstellt.

Zur besseren Identifizierung der Managementtätigkeiten wurde das Modell weiterentwickelt. So umfasst z. B. die allgemeine Handlung „Planen“ folgende grundlegende Handlungen: Ermitteln, Beschreiben, Auswählen usw.

Jede technische Tätigkeit ist durch eine Reihe von Objekten, die repräsentativ für sie sind, gekennzeichnet: Eingangs- und Ausgangsdaten und Produkte, Ressourcen und Gliederung.

Die Interaktionen zwischen den technischen und den auf das Management bezogenen Tätigkeiten werden in Bild 6 in Form von Managementmaßnahmen dargestellt, die auf die technischen Tätigkeiten gerichtet sind und die Objekte dieser Tätigkeit betreffen. Als Reaktion stellen die technischen Tätigkeiten Statusinformationen zu Eingangs-/Ausgangsdaten, Produkten, verwendeten Ressourcen und zur eingeführten Gliederung bereit.

Der PDCA-Zyklus arbeitet ohne Unterbrechung während des gesamten Programms. Dieser Zyklus bestimmt die zeitliche Abfolge der Interaktionen zwischen den technischen und den managementbezogenen Tätigkeiten, um den iterativen Aspekt der SE zu lenken und Konvergenz sicherzustellen.

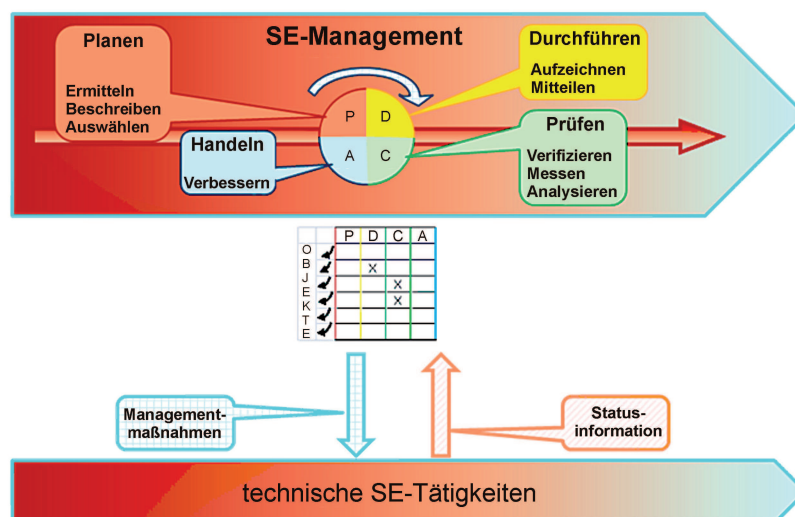


Bild 6 — Interaktionen zwischen den technischen Tätigkeiten und dem SE-Management

7.4 Erstellen von Anforderungen und Elementen des Management-Plans des Systems Engineering

Das vorstehend dargestellte Interaktionsmodell wurde verwendet, um ein strukturiertes Verfahren zur Ermittlung der Managementanforderungen und der Elemente des MP festzulegen. Dieses Verfahren wird in Anhang B beschrieben.

Der Käufer könnte folgende Schritte anwenden, um die SE- Managementanforderungen zu erstellen:

- Auf Grundlage des unter 6.2 dargestellten, allgemeinen SE-Prozesses ist das in der Einleitung festgelegte Verfahren anzuwenden und an das vorgegebene Programm anzupassen.
- Die Anforderungen an die Organisation sind weiterzuentwickeln, um das Bedürfnis exakt zu bestimmen.

Beim Ausarbeiten der Bedürfnisse wird deren Formulierung hinsichtlich der Managementmaßnahmen sorgfältig erfolgen.

Durch die Ausarbeitung der Elemente des MP kann die Organisation, insbesondere als Reaktion auf diese Managementanforderungen, nach einem ähnlichen Verfahren vorgehen, wobei ihr eigener SE-Prozess und ihrer eigene Gliederung die Grundlage der Anwendung bilden.

ANMERKUNG Die Elemente des Management-Plans dürfen durch einen speziellen SE-Plan erfasst werden, der gegenüber dem allgemeinen Management-Plan eigenständig ist (siehe Darlegung in EN 9200).

Dieses Verfahren ist rekursiv und kann im Rahmen des Käufer-Lieferanten-Verhältnisses aufgeteilt werden.

8 Beispiele für Managementanforderungen und Elemente eines Management-Plans bezüglich des Systems Engineering

ANMERKUNG Dieser Abschnitt ist eine Anwendung des Projektprozesses der ISO/IEC 15288:2008.

8.1 Allgemeines

Für jede der SE-Tätigkeiten, die in Anhang D beschrieben werden, stellt dieser Abschnitt einerseits ein anschauliches Beispiel für eine SE-Managementspezifikation bereit, die die Form einer Auflistung von Managementanforderungen hat, die vom Käufer an die Organisation (welche der Lieferant ist) gerichtet wird; andererseits gibt er zur Erfüllung der Anforderungen Elemente des MP von der Organisation an dessen Käufer weiter.

Die Beispiele wurden aus der normalen, guten Praxis gewählt, wobei keine Vollständigkeit angestrebt wurde.

Die Bedeutung der technischen und der projektbezogenen Tätigkeiten des Prozesses hängt von der Lebenszyklus-Phase des Systems, dem betrachteten System und dessen Lebenszeit, der Stabilität von Anforderung und betrieblicher Umgebung sowie vom Reifegrad der technischen Lösung ab, wie in Bild 7 gezeigt.

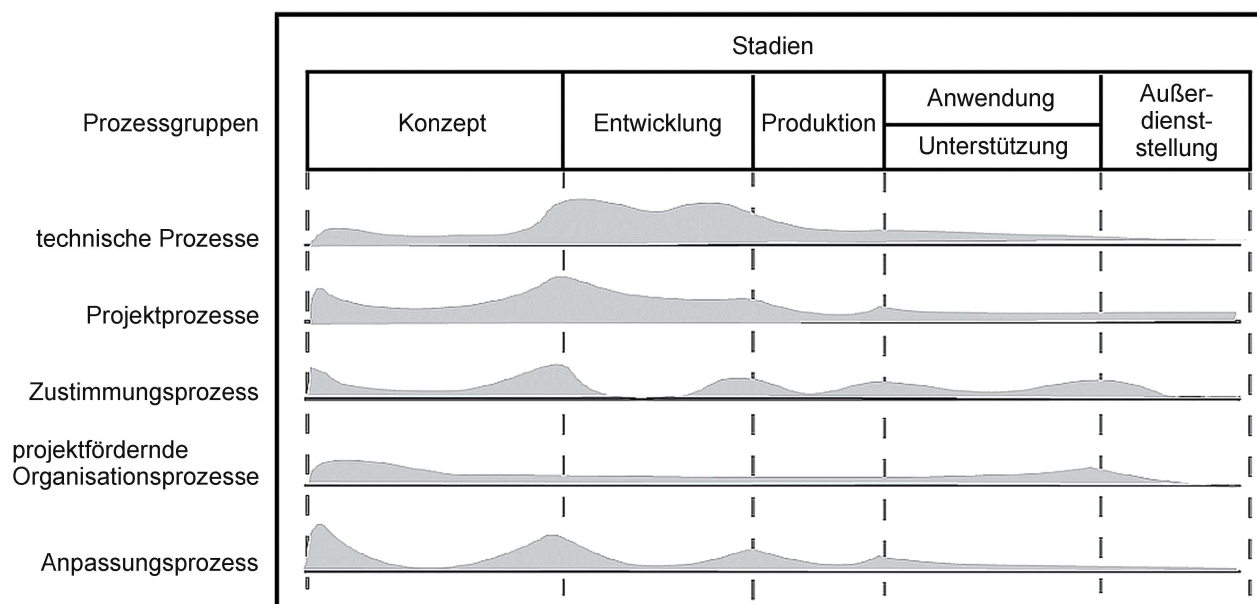


Bild 7 — Systems-Engineering-Aufwand während der einzelnen Stadien des Lebenszyklus
[Quelle: INCOSE Systems Engineering Handbook]

8.2 Allgemeine SE-Managementanforderungen

8.2.1 Managementanforderungen

8.2.1.1 Die Organisation, die für die Entwicklung eines Systems verantwortlich ist, wird in der Lage sein nachzuweisen, dass der SE-Prozess festgelegt und anschließend umgesetzt wurde und dass dieser zwei Teilprozesse umfasst, deren Interaktionen ermittelt wurden:

- ein Prozess zur Umsetzung der technischen SE-Tätigkeiten;
- ein Prozess für das Management dieser technischen Tätigkeiten.

8.2.1.2 Der Teilprozess für das Management der technischen SE-Tätigkeiten wird den Anforderungen, die durch den Käufer in der Managementspezifikation formuliert wurden, unter Verwendung des Verfahrens, das in dieser Norm festgelegt wurde, entsprechen.

8.2.1.3 Die SE-Managementanforderungen werden, z. B. im Rahmen der für den Lieferanten vorgesehenen MS, an den Lieferanten der Organisation weitergereicht, der für die Entwicklung der Teilsysteme verantwortlich ist.

8.2.2 Elemente des Management-Plans

8.2.2.1 Die technischen SE-Tätigkeiten und die Tätigkeiten des SE-Managements folgen dem in dieser Norm beschriebenen Prozess.

8.2.2.2 Für das Weiterreichen der SE-Managementanforderungen an die Lieferanten wird das in dieser Norm festgelegte Verfahren verwendet.

8.3 Formulierung des Bedürfnisses durch den Käufer

8.3.1 Managementanforderungen

Da dieser Prozess in der Hauptsache durch den Käufer ausgeführt wird, können die Managementanforderungen an dieser Stelle nicht als solche aufgeführt werden, da sie den Käufer hinsichtlich seiner eigenen SE-Management-Tätigkeiten betreffen. An dieser Stelle werden stattdessen einige Empfehlungen zur Anwendung durch den Käufer aufgeführt, um die Qualität bei der Formulierung seines Bedürfnisses sicherzustellen. Wegen der Rekursivität des Prozesses gelten diese Empfehlungen gleichfalls für die organisationseigene Tätigkeit des „Festlegens der Lösung“ als Bestandteil des Weiterreichens von Anforderungen an die Lieferanten (siehe 8.6).

8.3.2 Empfehlungen

8.3.2.1 Um eine deutliche Vorstellung vom eigenen Bedürfnis zu erlangen, wird empfohlen, dass der Käufer technische/ökonomische/betriebliche Studien durchführt, z. B. eine Funktionenanalyse zur Bestimmung der nutzerbezogenen Funktion, eine Wertanalyse zur Auswahl dieser Funktionen und zur Optimierung der erforderlichen Leistungsstufe, betriebsbezogene Simulationen usw.

8.3.2.2 Bei der für die Organisation vorgesehenen Formulierung des Bedürfnisses wird der Käufer auf die betrieblichen Szenarien, Bedingungen usw. hinweisen. Zu diesem Zweck wird er, wann immer möglich, zur Darstellung der Bedürfnisse eine Simulation nutzen, um sicherzustellen, dass es bezüglich der formulierten Bedürfnisse ein gegenseitiges Verständnis gibt.

ANMERKUNG Diese Mittel könnten gleichfalls zur Validierung der Lösungskonzepte genutzt werden.

8.4 Analyse der Käuferbedürfnisse und Festlegung der Systemanforderungen

8.4.1 Managementanforderungen

8.4.1.1 Die Organisation wird sämtliche Anspruchsträger ermitteln, die über den gesamten Lebenszyklus des Systems diesem gegenüber Bedürfnisse formulieren könnten.

8.4.1.2 Die Organisation wird sicherstellen, dass ihre Eingangsdokumente, die sämtliche Bedürfnisse des Käufers (z. B. funktionelle Spezifikationen, technische Spezifikationen des Systems (TS) usw.) enthalten, auf dem neuesten Stand sind.

8.4.1.3 Während des iterativen Prozesses der Formulierung des Käuferbedürfnisses wird die Organisation das formulierte Bedürfnis analysieren, um den Reifegrad nach den Kriterien Klarheit, Widerspruchsfreiheit, Abwesenheit von Mehrdeutigkeiten und Vollständigkeit zu bestimmen, z. B. durch die Berücksichtigung des Anwendungsbereiches der zu erfüllenden Anforderungen (umweltbezogene, betriebliche Szenarien, verschiedene Vorgaben wie z. B. Gesetze und Bestimmungen usw.).

8.4.1.4 In ähnlicher Weise wird die Organisation die Konvergenz des Reifegrades dieser Bedürfnisformulierung prüfen, indem sie insbesondere die folgenden Aspekte analysiert:

- Erfassung und Formulierung indirekter Anforderungen,
- Erfassung von Über- und Unterspezifikationen im Verhältnis zum erkannten tatsächlichen Bedarf,
- Ermittlung der Anforderungen, für die ein Kompromiss notwendig oder nützlich sein darf:
 - Widerspruch zwischen technischen Anforderungen,
 - Optimierung des Ergebnis/Kosten/Zeitplan/Risiko-Ausgleichs (z. B.: relative Bedeutsamkeit der verschiedenen Anforderungen, Leistungsreserven und Toleranzen usw.);
- Ermittlung kritischer Anforderungen, die mit einem technischen Risiko auf der Systemebene einhergehen.

8.4.1.5 Die Organisation wird sicherstellen, dass die Auswirkungen der formulierten betrieblichen Anforderungen (betriebliche Umgebung, Lebenszyklus des Systems, Schnittstellen zum Nutzer und zum System der übergeordneten Ebene usw.) für sämtliche Funktionen des Systems analysiert wurden.

8.4.1.6 Die Organisation wird unter Einhaltung der in 8.4.1.3 erwähnten Reifegradkriterien mit dem Käufer Konvergenz hinsichtlich neu gefasster, systembezogener Ausgangsanforderungen (die z. B. die Form einer systembezogenen PTS annehmen könnten) anstreben.

8.4.1.7 Um die Komplexität lenken zu können, wird die Organisation überprüfen, ob die Formulierung der Systemanforderungen den Grad ihrer wechselseitigen Abhängigkeit begrenzt.

8.4.1.8 Falls der Käufer Änderungen benötigt, wird die Organisation die Auswirkung auf die Ausgangsanforderungen bezüglich der Aufrechterhaltung der Reifegrad- und Realisierbarkeitskriterien analysieren.

8.4.2 Elemente des Management-Plans

8.4.2.1 Verfahren, Instrumente und Ressourcen, die bei der Analyse der Käuferbedürfnisse verwendet werden, sind beschrieben.

8.4.2.2 Alle Unzulänglichkeiten, Mehrdeutigkeiten, Widersprüche usw. werden dem Käufer berichtet, so dass dieser seine Formulierung der Bedürfnisse vervollständigen kann.

8.4.2.3 Die Systemschnittstellen zur betrieblichen Umgebung und zum System der übergeordneten Ebene werden analysiert um sicherzustellen, dass sie richtig in die Spezifikationen des Systems und dessen Komponenten eingefügt wurden.

8.5 Validierung der Anforderungen

ANMERKUNG Einige der Anforderungen dieser Tätigkeit werden nur benötigt, falls die Organisation ein Dokument zu den Systemanforderungen zusammenstellt (z. B. eine systembezogene PTS), dass gegenüber dem Dokument, das die Bedürfnisse des Käufers (z. B. die systembezogene (N)TS) formuliert, eigenständig ist.

8.5.1 Managementanforderungen

8.5.1.1 Die Organisation wird nachweisen, dass die Systemanforderungen die durch den Käufer formulierten Bedürfnisse vollständig widergeben.

8.5.1.2 Die Organisation wird überprüfen, ob die Systemanforderungen, die nicht direkt aus der Formulierung des Käuferbedürfnisses abgeleitet wurden, entsprechend der Systemgestaltung notwendig und ausreichend sind.

8.5.1.3 Die Organisation wird die Tätigkeiten zur Validierung der Anforderungen mit den Lieferanten, an die Verantwortung für einige Systemanforderungen übertragen wurden, abstimmen.

8.5.2 Elemente des Management-Plans

8.5.2.1 Gemeinsam mit dem Käufer ist so früh wie möglich zu überprüfen und zu validieren, ob und dass die Bedürfnisse des Endnutzers eindeutig verstanden wurden, z. B. mittels Simulationen, Modellen und Nachbildungen.

8.5.2.2 Zum Zwecke der Rückverfolgbarkeit wird eine Matrix bereitgestellt, die die vollständige Erfassung der formulierten Bedürfnisse nachweist und mögliche Wechselwirkungen zwischen den Anforderungen hervorhebt.

8.5.2.3 Die Verfügbarkeit personeller Ressourcen, die über eine entsprechende Sachkenntnis zu technischen Anforderungen verfügen, ist unter Berücksichtigung der Zeit, die zur Anwerbung der notwendigen Erfahrung auf dem Gebiet erforderlich ist, zu planen.

8.6 Festlegung der Lösung

8.6.1 Managementanforderungen

8.6.1.1 Die Organisation wird das Verfahren, das zur Festlegung der die Anforderungen erfüllenden Systemlösung verwendet wurde, beschreiben und wird ihre Fähigkeit zur Umsetzung dieses Verfahrens zeigen.

8.6.1.2 Die Organisation wird nachweisen, dass dieses Verfahren dazu verwendet werden kann, Festlegungsstufen für die Systemlösung zu erhalten, die mit der programmbezogenen Phaseneinteilung und -planung vereinbar sind (z. B. die Verfügbarkeit der Entwicklungsproben zum vorgesehenen Datum sicherzustellen).

8.6.1.3 Die Organisation wird eine festgelegte Lösung bereitstellen, die folgendes umfasst:

- a) eine Systemarchitektur, die die Gliederung des Systems in Untersysteme zeigt;
- b) die Zuordnung der Systemanforderungen zu Formulierungen von Bedürfnissen auf der Ebene der Untersysteme (z. B. untersystembezogene (N)TS) entsprechend der vorgeschlagenen Architektur.

8.6.1.4 Die Organisation wird die Rückverfolgbarkeit der Systemanforderungen zu den Anforderungen der Untersysteme und deren konsistente Zuordnung zu den Untersystemen nachweisen.

8.6.1.5 Die Organisation wird die Realisierbarkeit von Untersystemen, die in den Lösungsvorschlägen ermittelt wurden, bewerten lassen.

8.6.1.6 Die Organisation wird nachweisen, dass die Systemfestlegung den Anforderungen des Käufers nach einer Schnittstelle zum System der übergeordneten Ebene entspricht.

8.6.1.7 Die Organisation wird nachweisen, dass die Festlegung der Untersysteme und deren Schnittstellen (ohne dass vorhandene oder veränderte Untersysteme, die wiederverwendet werden, vernachlässigt werden) sicherstellen:

- c) dass das System durch Lenkung der Kompatibilität der Schnittstellen integriert werden kann,
- d) dass nach der Integration des Systems die erwartete Systemleistung erreicht wird.

8.6.1.8 Falls notwendig, wird die Organisation den Lieferanten der untergeordneten Ebene die Elemente der Bedürfnisformulierung der übergeordneten Ebene weiterleiten, um sicherzustellen, dass die Bedürfnisse des Käufers so, wie sie formuliert wurden, eindeutig verstanden werden.

8.6.2 Elemente des Management-Plans

8.6.2.1 Der erste, zur Strukturierung der Lösung verwendete Ansatz ist die Funktionenanalyse. Das vom Käufer formulierte Bedürfnis ist daher in Funktionen, und nachfolgend in Teilfunktionen, bis auf eine funktionale Ebene aufgeteilt worden, die eine Reduzierung der Komplexität ermöglicht.

8.6.2.2 Die verwendete physische Architektur wird überprüft, um sicherzustellen, dass sie die Abbildung jedes Elements der funktionalen Architektur auf vorhandene oder speziell gestaltete physische Komponenten ermöglicht.

8.6.2.3 Die Ergebnisse der Zuordnung von Anforderungen der Systemebene auf die verschiedenen Komponenten der Systemarchitektur werden durch eine Rückverfolgbarkeits-Matrix aufgezeichnet, und diese Anforderungen werden in Erfordernisse der Untersysteme übersetzt.

8.6.2.4 Zur Optimierung des Prozesses der Systemfestlegung wird ein Simulationsmodell verwendet, das die Festlegung der Untersysteme und deren Schnittstellen enthält. Dieses Modell schließt die Teilmodelle ein, die die Lieferanten der Untersysteme erstellt haben.

8.6.2.5 Die zusätzlichen Anforderungen, die sich aus der Systemarchitektur ergeben, und die Analyse der zwischen Komponenten bestehenden Schnittstellen sind in den teilsystembezogenen Ausgangsanforderungen enthalten.

8.6.2.6 Für jedes Untersystem, aus dem das System besteht, ist daher ein Satz von Anforderungen ermittelt worden, der konsolidiert werden muss. Der erste Konsolidierungsschritt besteht in der Überprüfung ihrer Abstimmung mit den Anforderungen der anderen Komponenten und mit dem System. Der nächste Konsolidierungsschritt besteht im Erstellen einer Bedürfnisformulierung auf Komponentenebene, die mit dem festgelegten Lieferanten vereinbart wird (z. B. in Form einer konsolidierten, untersystembezogenen (N)TS). Im Falle einer seriell produzierten Komponente besteht die Formulierung des Bedürfnisses einfach im Erstellen einer Beschaffungsspezifikation.

8.6.2.7 Die bei jedem Untersystem auftretenden physischen Umgebungen sind über den gesamten Lebenszyklus so genau wie nötig zu beschreiben, was gleichfalls für die nicht-funktionalen Anforderungen wie z. B. RAMS-Anforderungen und, falls erforderlich, die Erwartungen hinsichtlich der Ergonomie und der Nutzer-schnittstellen gilt.

8.7 Modellierung/Simulation

8.7.1 Managementanforderungen

8.7.1.1 Die Organisation wird ihre Modellierungsstrategie beschreiben auf Grundlage:

- des letztendlichen Zwecks, der in der Unterstützung der anderen technischen SE-Tätigkeiten durch die Modelle liegt (Analyse der Käuferbedürfnisse, Festlegung der Lösung, Validierung der Anforderungen usw.);
- der iterativen Beschaffenheit dieser Tätigkeiten während der Entwicklung;
- der Fähigkeit, Modelle der Lieferanten der Organisation zu integrieren;
- der Fähigkeit, Modelle zu integrieren, die repräsentativ für die übergeordnete Systemebene sind (z. B. ist bei vorgegebenen Lösungen auf Genauigkeit, Wahl des Modells, Schnittstelle, Beschaffenheit und Anzahl der ausgetauschten Variablen zu achten);
- der Repräsentativität des Lebenszyklus des Systems (Lagerung, Anwendung, Transport usw.);
- der Berücksichtigung der Komplexität des Systems (physische und logische Architektur des Systems, Schnittstellen usw.).

8.7.1.2

- den Modellierungsannahmen (Bereich der Annahmen, Randbedingungen, Repräsentativität der Modelle usw.);
- der Verfahren zur Analyse der Simulationsergebnisse;
- der Simulationsergebnisse selbst und der Genauigkeit dieser Ergebnisse;
- des Managements der Eingabedaten und der Daten, die aus der Modellnutzung entstehen.

8.7.1.3 Die Organisation wird die Verfügbarkeit des zur Konstruktion und Anwendung des Modells angemessenen Fachkönnens sicherstellen.

8.7.1.4 Die Organisation wird sicherstellen, dass die Modelle robust und repräsentativ für das tatsächliche System und dessen Umgebung sind.

8.7.1.5 Die Organisation wird den Ursprung des Unterschieds zwischen den erwarteten Ergebnissen und den Ergebnissen der Simulationen und Prüfungen analysieren und konsequent die notwendigen Handlungen in Bezug auf die Modelle, das tatsächliche System oder dessen technische Produktspezifikationen festlegen.

8.7.2 Elemente des Management-Plans

8.7.2.1 Um die Kompatibilität der technischen Daten, die als Teil der Festlegungsdateien ausgetauscht werden, sicherzustellen, wird ein genormtes, neutrales Format für den Austausch der CAD-Nachbildungen verwendet.

8.7.2.2 Die auf den verschiedenen Entwicklungsstufen benötigten, unterschiedlichen Modelle zur Systemdarstellung (Verhalten, Maße usw.) werden im Modellierungsplan bestimmt.

8.7.2.3 Auf Grundlage der Integration der Leistungsmodelle für jedes Untersystem wurde ein Modell zur Leistungssimulation entwickelt, um die Konvergenz der Systemleistung während des gesamten Programms nachzuweisen.

8.7.2.4 Die Gliederung der Systemleistung in Bedarfsspezifikationen für Untersysteme wird durch ein Modell unterstützt, das in der Lage ist, die Anforderungen zu konsolidieren.

8.7.2.5 Die Modelle werden dadurch festgelegt oder verbessert, dass ihre Ergebnisse mit denjenigen der Validierungs- und Verifizierungsprüfungen bei einer Reihe von Kernpunkten im Arbeitsbereich in Bezug gesetzt werden. Die Modelle werden dadurch zuverlässig und können verwendet werden, um die System-