

«Systems Engineering»-Guidelines

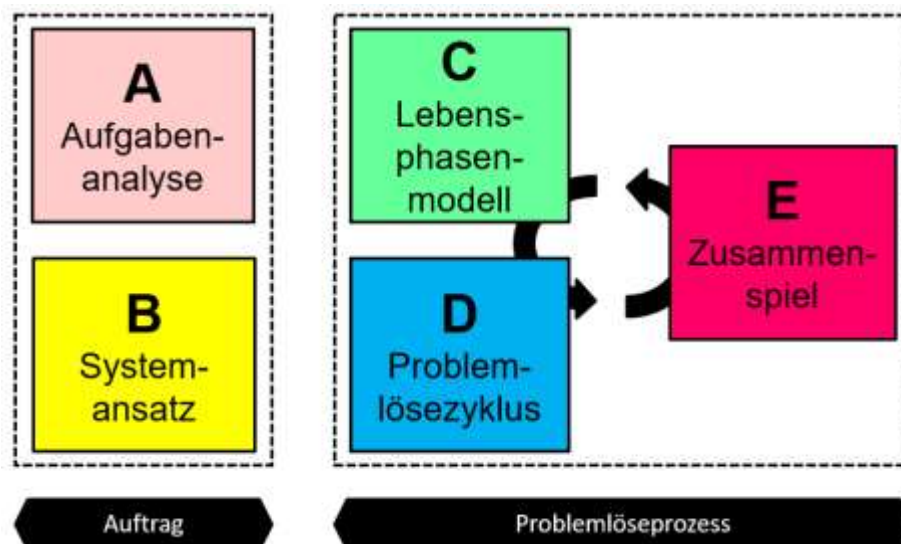
Arbeitshilfe für das systematische Problemlösen
im Bereich Engineering & Management
auf Basis der Methodik «Systems Engineering»¹

Die systematische Gestaltung komplexer sozio-technischer Systeme in interdisziplinär-arbeitenden Projektteams setzt einen zweckmässigen Problemlöseprozess voraus; die Methodik «Systems Engineering» vermittelt dazu das Grundlagenwissen.

Durch die zunehmende Komplexität in Engineering- und Management-Projekten stieg der Bedarf nach einer fachübergreifenden Methodik respektive nach wirkungsvollen Planungsgrundsätzen. In der Folge entstand in den 70er Jahren an der ETH Zürich die Methodik «Systems Engineering».

Die langjährigen praktischen Erfahrungen als Planer oder Projekt-Coach in unterschiedlichen Planungsvorhaben zeigen, dass die projektspezifische Umsetzung der Methodik «Systems Engineering» vielfach Schwierigkeiten bereitet. Projektbearbeitende oder Projektleitende, welche Projekte künftig mit «Systems Engineering» bearbeiten möchten, erhalten mit den vorliegenden Guidelines eine einfache Orientierungshilfe.

Die Arbeitshilfe umfasst fünf Arbeitsblätter:



¹ Rainer Züst: „Einstieg ins Systems Engineering - Optimale, nachhaltige Lösungen entwickeln und umsetzen“, 3. Auflage, Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 2004

A

Aufgabenanalyse: Die Beweggründe und Erwartungen des Auftraggebers...

		<i>bekannt</i>	<i>Antworten / Kommentare</i>
Informationen über das System	A1: Anstoss zur Aufgabe		
	A2: System verbal umschreiben		
	A3: Gestaltungsspielraum		
	A3: wichtige Aspekte benennen		
	A4: wichtige Einflussgrössen		
	A5: kritische Elemente		
	A6: Betroffene und Beteiligte		
Erwartungen	A11: bestehende Anforderungen		
	A12: erwarteter Nutzen		
	A14: Schnittstelle andere Projekte		
	A15: Bezug zu ähnlichen Vorhaben		
Überlegungen zum Vorgehen	A21: Projektleiter und Projektteam		
	A22: Meilensteine / Termine sowie Zwischen- / Abschlussentscheid		
	A23: Art und Form der Ergebnisse		
	A24: Aufwand (Geld, Arbeitstagen)		
	A25: Projektausschuss / Kontaktperson(en)		

B Systembeschreibung und Systemabgrenzung: Die Situation als System erfassen...

B1: Systeme sind mehr als die Summe einzelner Elemente...

Formuliere dein «Produkt» / deine neu zu entwickelnde «Lösung» als (lösungsneutrales) System!

Beispiel: Ein neuer, intelligenter Kühlschrank wird zu einem «Smart food storage and delivery system»; der Betrachtungshorizont wird erweitert; die Aufgabe ist lösungsneutral!

(siehe auch: A1, A2)

B2: Einflussgrössenanalyse - Welche Einflüsse wirken auf das System / Teilsysteme? Umsystem – Welches Umfeld ist relevant für die neue Lösung / Systemverhalten?

Eine neue Lösung / ein neues System muss in ein aktuelles und zukünftiges Umfeld passen – deshalb muss das Umfeld und deren Einflussgrössen näher untersucht werden.

Beispiel «neues Produktionssystem» - Einflussgrössen sind u.a.: Gesetze, Bearbeitungsaufgaben (Teil, Anzahl, ...), technologische Entwicklungen / Produktionstechnik, Konkurrent / Konkurrenzprodukte, örtliche Verhältnisse / bestehende Bauten, ...)

(siehe auch: A3, A4, A5, A14, A15)



B3: System und Teilsysteme - aus welchen (relevanten) Teilen besteht das System?

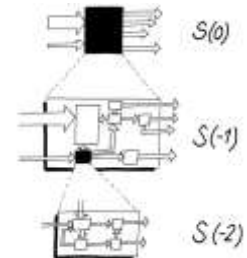
Beispiel «Stahlwerk» - Systemteile sind u.a.: Ofen, Stranggussanlage, Gebäude, Fundamente, Erschliessung (Ab- und Antransport), Kran und Transporteinrichtungen, Stromversorgung, ...

Wie hängen diese Teilsysteme zusammen? Stichwort: Prozessmodell(e), Input-Output-Modelle, Wertstromanalysen, ...

Zudem: Macht eine aspektweise Betrachtung Sinn? Zum Beispiel: Materialflüsse, Energie-flüsse, Informationsflüsse, ... (siehe auch: A3, A5)

Drei Tipps:

1. Vermeiden Sie offensichtliche, quasi «natürliche», augenfällige, konventionelle Systemgrenzen; dies taugen meistens nicht viel!
2. Hinterfragen Sie jede Grenze kritisch. Dies sollten Sie in jedem Planungsschritt erneut tun.
3. «Black-Box»-Bildung, «aspektweise Betrachtungen und «Hierarchisierung» können den Prozess der Systemabgrenzung wesentlich unterstützen.

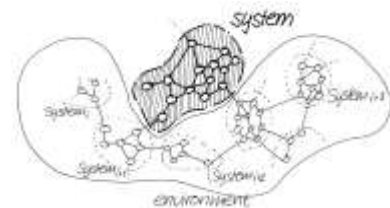


B4: **Systemabgrenzung** – was darf / was soll verändert respektive optimiert werden?
Wie gross ist der Gestaltungsspielraum?

Beispiel «neues Produktionssystem» - Kann bestehende Halle abgerissen und neu gebaut werden? Oder wird ein neues Produktionssystem in den bestehenden Hallen (mit geringfügigen Anpassungen) erwartet? Oder gibt es sogar einen neuen Standort (Planung auf der grünen Wiese?)

Das «System» umfasst nur diejenigen Systemteile, welche verändert werden können (=Gestaltungsspielraum); ausserhalb befindet sich das relevante Umfeld. Diese Abgrenzung sollte in Rücksprache mit dem Auftraggeber erfolgen.

Hinweis: Überlegungen aus B2 und B3 übernehmen! (siehe insbesondere auch: A6, A14, A15)



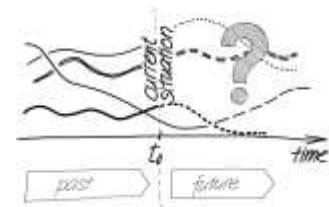
B5: **Zeitliche Veränderungen / Trends:** Was verändert sich im Laufe der Zeit? Wie ist das Systemverhalten? Was sind mögliche Wirkungen?

Beispiel «neues Produktionssystem»: Wie wirken sich veränderte Einflussgrößen (z.B. zu späte Materialanlieferungen) auf das Systemverhalten aus (z.B. auf Produktivität, Zwischenlager und Durchlaufzeit)

Hinweis: im Rahmen einer Situationsanalyse müssen auch zukünftige Trends erfasst und beurteilt werden; eine entsprechende FMEA könnte hier hilfreich sein.

Zeige mögliche Trends auf. Berücksichtige auch ein verändertes Benutzerverhalten. Zeige mögliche Veränderungen / Wirkungen auf und versuche diese nach Relevanz zu beurteilen.

Muss aufgrund dieser Überlegungen die Systemabgrenzung angepasst werden?



B6: Die **Entwicklung von einem Gesamtsystem sicherstellen** - Wie soll die Integration unterschiedlicher Sichtweisen / Systemaspekte im Projekt erfolgen?

Tipp: Im Projektplan einen regelmässigen Abgleich zwischen den einzelnen Systemteilen vorsehen – Stichwort: Haltpunkt & Synchronisation! (siehe auch: A14, A15, A22)

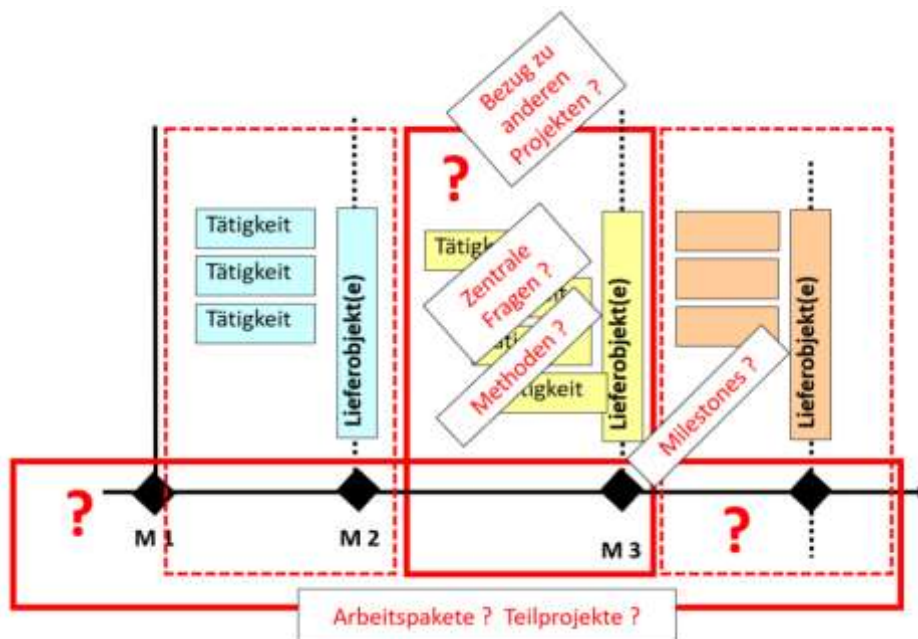
C Problemlösestrategie: Das Vorgehen richtig strukturieren...

Unterteile dein Vorhaben in zweckmässige Teilprojekte / Arbeitspakete; verwende dazu als Grobraster das so genannte «Lebensphasenmodell».

Dokumentiere für jedes Teilprojekt / Lebensphase,

- welches die zu beantwortenden zentralen Fragen sind,
- wie methodisch vorgegangen wird,
- welche Resultate (Deliverables) zu erwarten sind und wie die einzelnen Resultate überprüft werden, und
- wie der Bezug zu anderen Projekten ist.

Zeige zudem auf, wie die Entwicklung des «Gesamtsystems» sichergestellt wird (vgl. Bereich B6).



In der Entwicklungsphase wird das System / die Lösung in der Regel schrittweise entwickelt; im Rahmen des «Systems Engineerings» werden deshalb vier Lebensphasen unterschieden:

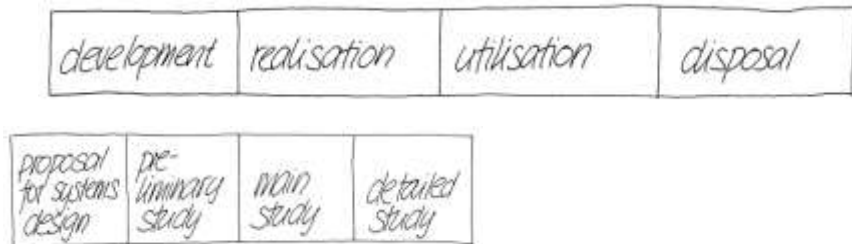
- Anstoss zur Systemgestaltung
- Vorstudie
- Hauptstudie
- Detailstudie

Bei jeder Fragestellung ist mit dem Auftraggeber zusammen zu prüfen, wo das Projekt startet (hängt im Wesentlichen von den bereits getätigten Vorarbeiten ab) und was erwartet wird (z.B. eine prinzipielle Lösung, ein Konzept, einen Umsetzungsplan, ...). Je nachdem ist es zweckmässig, das Vorgehen in mehrere Phasen / mehrere Teilprojekte zu unterteilen.

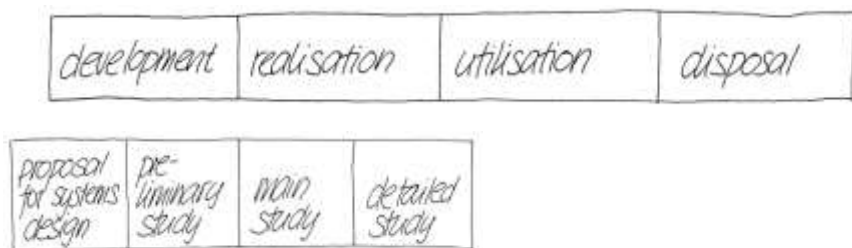
C1: Wo startet das Projekt? Was ist bereits vorhanden? Sind die Vorarbeiten dokumentiert?

Beispiel: Der Grundsatzentscheid für die Realisierung von einem neuen Produktionssystem ist gefallen; der Auftraggeber erwartet ein Gesamtkonzept mit detaillierten Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Hier ist weder das Lösungsprinzip (Resultat einer Vorstudie) noch das Konzept (Resultat einer Hauptstudie) bekannt. Eine Unterteilung in Vorstudie und Hauptstudie könnte deshalb zweckmässig sein.

Was ist der Ausgangspunkt für das Projekt / für die Studie? Warum diese Annahme?
Startpunkt der Studie eintragen!



Was wird (am Ende der Studie) als Resultat erwartet? Warum diese Annahme?
(Vorläufiger) Endpunkt der Studie eintragen!





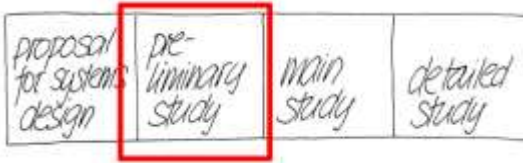
C2: Braucht es einen breiter abgestützten «Anstoss zur Systemgestaltung»? Was fehlt noch

Weitere Abklärungen sind angezeigt, falls noch kein Entscheid der Entscheidungsinstanz vorliegt, das Problem entweder im Rahmen einer Studie zu bearbeiten oder dann zurückzustellen. Im Folgenden einige Kontrollfragen dazu:

Kontrollfragen	Antworten	
	Ja / bekannt	Falls nein: geplante Massnahmen
Ist Entscheidungsträger sensibilisiert, ist Problembewusstsein vorhanden, besteht Handlungsbereitschaft?		
Ist Anstoss nachvollziehbar? Wurde bereits eine erste Problemfestlegung vorgenommen? Ist diese plausibel?		
Ist klare Vorentscheidung für einen formellen Problemlöseprozess gefallen? Gibt es einen „Besteller“? Was erwartet dieser? Welche Entscheidungskompetenzen hat dieser?		
Bestehen Vorstellungen über das Vorgehen? Gibt es Vorgaben / Standards zur Projektstrukturierung?		
Führungsentscheid für systematische «Problembearbeitung» liegt vor?		

Welches sind die «zentralen Fragen»? Welche Methoden / Tools sollen angewendet werden?

Zentrale Fragen	Gewähltes Vorgehen / vorgesehener Methodeneinsatz



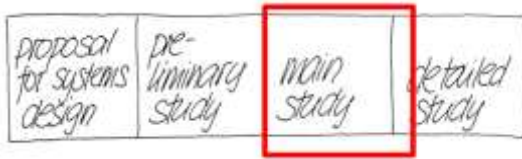
C3: Braucht es eine «Vorstudie» oder Teile davon? Was fehlt noch?

Eine Vorstudie durchzuführen ist angezeigt, falls noch kein Lösungsprinzip / kein Rahmenkonzept vorliegt, dass in einer Hauptstudie vertieft bearbeitet wird. Dazu einige Kontrollfragen:

Kontrollfragen	Antworten	
	Ja / bekannt	Falls nein: geplante Massnahmen
Besteht überhaupt ein Bedürfnis nach einer neuen oder modifizierten Lösung?		
Ist das Problem genügend klar definiert?		
Wurden Betroffene und Beteiligte sinnvoll einbezogen?		
Sind Gestaltungsmöglichkeiten bekannt? Besteht darüber Einigkeit mit Auftraggeber?		
Sind die Anforderungen an die Problemlösung (Ziele und Rahmenbedingungen) klar?		
Besteht eine ausreichende Übersicht über grundsätzlich denkbare Lösungsprinzipien?		
Können diese Lösungsprinzipien bewertet werden?		
Ist Entscheidung für ein bestimmtes Lösungsprinzip möglich und nachvollziehbar?		
Sind kritische Annahmen bzw. Komponenten bekannt?		
Ist der Bezug zu anderen Projekten klar?		

Welches sind die «zentralen Fragen»? Welche Methoden / Tools sollen angewendet werden?

Zentrale Fragen	Gewähltes Vorgehen / vorgesehener Methodeneinsatz



C4: Braucht es eine Hauptstudie oder Teile davon? Was fehlt noch?

Eine Hauptstudie durchzuführen ist angezeigt, falls noch kein Konzept / Bauplan vorliegt, welcher entweder in einer Detailstudie noch weiter verfeinert wird oder (direkt) umgesetzt werden soll.

Dazu einige Kontrollfrage:

Kontrollfragen	Antworten	
	Ja / bekannt	Falls nein: geplante Massnahmen
Wurde bereits das gewählte (abstrakte) Lösungsprinzips aus Vorstudie konkretisiert?		
Wurde eine vertiefte Informationsbeschaffung im Hinblick auf den notwendigen Konkretisierungsprozess durchgeführt?		
Sind bereits alternative Lösungskonzepte erarbeitet und umfassend beurteilt worden, damit Investitionsentscheide möglich wurden?		
Sind Investitionsentscheide aufgrund der bisherigen Arbeiten / Ergebnisse möglich?		
Sind die kritischen Komponenten bekannt?		
Sind die Betroffenen an der Lösungssuche hinreichend beteiligt bzw. informiert worden?		
Ist die Situation entscheidungsreif? Ist die Entscheidung zu befürworten?		
Sind die Prioritäten für die weitere Detaillierung bzw. Realisierung klar?		

Welches sind die «zentralen Fragen»? Welche Methoden / Tools sollen angewendet werden?

Zentrale Fragen	Gewähltes Vorgehen / vorgesehener Methodeneinsatz



C5: Braucht es eine Detailstudie? Was fehlt noch?

Eine Detailstudie durchzuführen ist angezeigt, falls Teile der Lösung noch weiter spezifiziert werden müssen, um eine reibungslose Umsetzung zu ermöglichen.

Kontrollfragen	Antworten	
	Ja / bekannt	Falls nein: geplante Massnahmen
<i>Wurden bereits detaillierte und fundierte Informationen im Hinblick auf eine Realisierung erstellt?</i>		
<i>Sind die sich aus dem Gesamtkonzept ergebenden Anforderungen an die Detailkonzepte erfüllt?</i>		
<i>Können Detailkonzepte in den Rahmen des Gesamtkonzepts eingeordnet werden? Sind die Detailkonzepte integrierbar? Erfüllen sie die ihnen zugedachten Funktionen?</i>		
<i>Besitzen die Detailkonzepte Eigenschaften, die aus der Sicht des Gesamtkonzepts unerwünscht sind?</i>		
<i>Sind die Detailkonzepte genügend konkretisiert, so dass sie realisiert werden können?</i>		

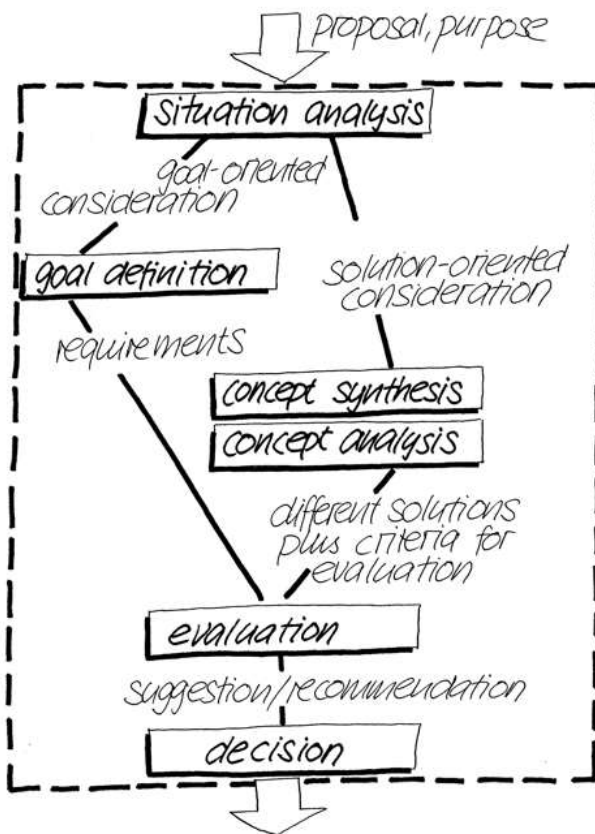
Welches sind die «zentralen Fragen»? Welche Methoden / Tools sollen angewendet werden?

Zentrale Fragen	Gewähltes Vorgehen / vorgesehener Methodeneinsatz

D Problemlösezyklus: Arbeitsschritte in einem Teilprojekt zweckmässig festlegen...

Der Problemlösungszyklus beinhaltet mehrere Arbeitsschritte, welche notwendig sind, um innerhalb eines Fragenkomplexes zielgerichtet zu einer Lösung zu gelangen.

Unterteile deshalb dein Vorhaben für jedes Teilprojekt / Projektphase in zweckmässige Arbeitsschritte, welche inhärent aufeinander aufbauen. Verwende dazu das Konzept vom «Problemlösezyklus»!



Situationsanalyse:

- Aufgabenanalyse
- IST-Zustands-Analyse (System / Umfeld)
- Zukunftsanalyse
- Festhaltend Handlungsbedarf / Problem

Zielformulierung:

- Systemziele, sowie
- Projekt- und Vorgehensziele

Lösungssuche:

- Lösungsvarianten (grobe Synthese / detaillierte Synthese), sowie
- Überprüfung auf Tauglichkeit (zwingende Ziele erfüllt)

Bewertung:

- Unterschiede in den Lösungen,
- Argumente dafür / dagegen,
- Kosten – Nutzen,
- ...

D1: Situationsanalyse...

Eine systematische Situationsanalyse respektive Lagebeurteilung nach «Systems Engineering» umfasst vier Schritte; dies sind: Aufgabenanalyse, IST-Zustandsanalyse, Zukunftsanalyse, sowie Festhalten des Handlungsbedarfs. Dazu einige Kontrollfragen:

	Kontrollfragen	Antworten	
		Ja / vorhanden	Falls nein: geplante Massnahmen
	Aufgabenanalyse durchgeführt? (vgl. Blatt A)		
IST-Zustand	System vom Umsystem abgegrenzt (vgl. Blatt B: B3 und B4)		
	System und relevante Bereich des Umsystems analysiert?		
	Zusammenfassung der Resultate in einer Stärken-Schwächen-Analyse?		
	Ursachen-Wirkungs-Analyse durchgeführt?		
Zukunftsanalyse	Prognose über Verhalten relevanter Bereiche des Umsystems (Trends?)		
	Prognosen über das Verhalten des Systems ohne zusätzliche Eingriffe		
	Zusammenfassung der Resultate in einer Chancen-Gefahren-Analyse		
	Ursachen-Wirkungs-Analyse durchgeführt?		
	Problem / Handlungsbedarf dokumentiert		

Welches sind die geplanten Schritte im Rahmen der Situationsanalyse? Welche Methoden / Tools sollen angewendet werden?

Geplanten Schritte	Gewähltes Vorgehen / vorgesehener Methodeneinsatz

D2: Zielformulierung...

Im Rahmen des Zielbildungsprozesses ist festzuhalten, was mit der neuen Lösung selbst und was auf dem Weg dorthin erreicht bzw. vermieden werden soll. Die Resultate der Zielformulierung werden in der Lösungssuche wie auch im Rahmen der Auswahl verwendet. Dazu einige Kontrollfragen:

Kontrollfragen	Antworten	
	Ja / vorhanden	Falls nein: geplante Massnahmen
<i>Ist der Zielkatalog vollständig? Enthält der Zielkatalog sowohl funktionale wie auch wirtschaftliche Ziele?</i>		
<i>Sind die einzelnen Ziele messbar? Kann die Zielerreichung einfach bestimmt werden?</i>		
<i>Wird der Zielkatalog vom Auftraggeber akzeptiert? Sieht er dieselben Schwerpunkte und Prioritäten?</i>		

Welches sind die geplanten Schritte im Rahmen der Zielformulierung? Welche Methoden / Tools sollen angewendet werden?

Geplanten Schritte	Gewähltes Vorgehen / vorgesehener Methodeneinsatz

D3: Konzeptsynthese und Konzeptanalyse...

Im Rahmen der Lösungssuche werden Lösungsvarianten entwickelt und auf ihre grundsätzliche Tauglichkeit hin überprüft. Hinter dem Begriff «Konzept» versteckt sich im Rahmen des SE der Gedanke eines «Bauplans» für eine neue Lösung. Die «Konzeptsynthese», als erster Schritt in der Lösungssuche, beinhaltet die Erarbeitung von Lösungsvarianten in unterschiedlichen Detaillierungs- und Konkretisierungsstufen. Als «Konzeptanalyse» wird dann diejenige Planungstätigkeit bezeichnet, in der Lösungsvarianten aufgrund der vorhandenen Muss- und Soll-Ziele beurteilt und eventuell ausgeschieden bzw. einer weiteren Überarbeitung und Verbesserung zugewiesen werden. Das Resultat dieses zweistufigen Prozesses ist eine Liste von geprüften Lösungsvarianten. Dazu einige Kontrollfragen:

	Kontrollfragen	Antworten	
		Ja / vorhanden	Falls nein: geplante Massnahmen
Konzept-Synthese	<i>Besteht ein Variantenstudium, wurden verschiedene Grundideen betrachtet?</i>		
	<i>Wurden Kreativitätstechniken angewendet?</i>		
	<i>Wurden alle Ideen von den Beteiligten und Betroffenen berücksichtigt?</i>		
	<i>Sind die Argumente / Begründungen festgehalten, weshalb gewisse Lösungsvarianten nicht weiterverfolgt wurden?</i>		
Konzept-analyse	<i>Wurden die Ideen schrittweise verbessert?</i>		
	<i>Wurden die Ideen fortschreitend konkretisiert?</i>		
	<i>Sind mehrere (taugliche) Lösungsvarianten ermittelt worden?</i>		

Welches sind die geplanten Schritte im Rahmen der Konzeptsynthese und -analyse? Welche Methoden / Tools sollen angewendet werden?

Geplanten Schritte	Gewähltes Vorgehen / vorgesehener Methodeneinsatz

D4: Beurteilung und Entscheidung...

Die Bewertungs- und Entscheidungssituation wird im Rahmen der Auswahl transparent dargestellt. Die Lösungsvarianten werden deshalb systematisch und umfassend bewertet. Damit wird die Entscheidungsfassung des Entscheidungsträgers nachvollziehbar unterstützt. Dazu einige Kontrollfragen:

	Kontrollfragen	Antworten	
		Ja / vorhanden	Falls nein: geplante Massnahmen
Bewertung	<i>Wurden die Lösungsvarianten umfassend bewertet?</i>		
	<i>Ist die Bewertung nachvollziehbar?</i>		
	<i>Sind die Unterschiede bezüglich Funktionalität und wirtschaftlichen Auswirkungen klar ersichtlich?</i>		
Entscheidung	<i>Wurde der Auftraggeber in die Bewertung miteinbezogen? Ist er mit der Bewertung einverstanden? Wird er einen Entscheid fällen?</i>		
	<i>Sind die Konsequenzen aus dem Entscheid dokumentiert? Ist dies dem Auftraggeber bewusst?</i>		
	<i>Sind die weiteren Schritte zur Umsetzung / Weiterbearbeitung der erarbeiteten Lösungsvariante bekannt?</i>		

Welches sind die geplanten Schritte im Rahmen der Auswahl? Welche Methoden / Tools sollen angewendet werden?

Geplanten Schritte	Gewähltes Vorgehen / vorgesehener Methodeneinsatz

E

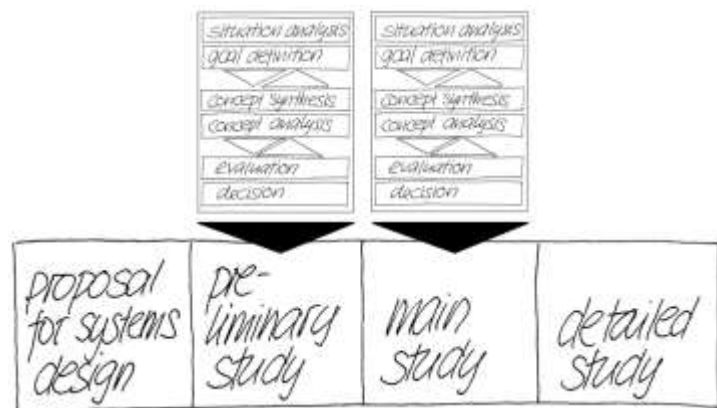
Zusammenspiel Problemlösezyklus & Lebensphasenmodell: Parallele Arbeiten bewusst einplanen und abgleichen...

Innerhalb jeder Lebensphase ist eine Menge von Teilaufgaben zu bearbeiten. Dies ruft nach einer Koordination der entsprechenden Problembearbeitungen bzw. Problemlösungszyklen, die parallel - allenfalls durch unterschiedliche Teams - bearbeitet werden müssen.

Welches Zusammenspiel ist für die vorliegende Fragestellung zweckmässig?

Ist dies pro Projektphase je ein «Problemlösezyklus»?

Kommentare:



Oder ist eine parallele Problembearbeitung notwendig, d.h. für jedes Teilproblem ein separater Problemlösezyklus (mit wahrscheinlich unterschiedlichen Projektteams)?

Wie wird der Abgleich innerhalb einer Phase sichergestellt?

Kommentare:

