

Einführung eines softwaregestützten Projektmanagementsystems im photovoltaischen Großanlagenbau

Diplomarbeit

im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen
der Fachhochschule Giessen-Friedberg

vorgelegt von: Martin Knüppel

35037 Marburg

martin_knueppel@gmx.de

Referent: Prof. Dr. Nino Grau

Koreferent: Prof. Dr.-Ing. Knut Thielen

Wintersemester 2008/2009

Sommersemester 2009

Abstract

The subject matter of this diploma thesis is the development of a software-supported project management system for the photovoltaic plant construction of a medium-sized company. Additionally the theoretical foundations of the project management are discussed, partially with regard to construction projects.

To adjust a practicable project management system, some parts for photovoltaic construction projects are standardized. Eminently during the planning of the work breakdown structure the planner can access on several versions of the subprojects. These are saved on a work space in a diagramming software. After a data export the work breakdown structure, which arises from the precast modules forms, builds the base for the scheduling and for the resource planning. Parts of the developed project management system have been tested on their efficiency on a real photovoltaic construction project on top of a hall roof.

Kurzfassung

Gegenstand der hier vorgestellten Arbeit ist die Erarbeitung eines softwaregestützten Projektmanagementsystems für den photovoltaischen Großanlagenbau eines mittelständischen Unternehmens. Zusätzlich wird auf die theoretischen Grundlagen des Projektmanagements, teilweise mit Bezug auf Anlagenbauprojekte, eingegangen.

Um das Projektmanagementsystem praxistauglich zu gestalten, sind bestimmte Elemente für photovoltaische Großanlagenbauprojekte standardisiert. Besonders während der Projektstrukturplanung kann auf verschiedene Teilprojektvarianten zugegriffen werden, die in einem Arbeitsblatt einer Visualisierungs-Software hinterlegt wurden. Der aus den einzelnen Bausteinen entstehende Projektstrukturplan bildet dann, nach einem Datenexport, die Grundlage für die Ablauf- und Ressourcenplanung. Teile des entwickelten Projektmanagementsystems werden anhand eines realen photovoltaischen Anlagenbauprojektes auf einem Hallendach auf ihre Funktionsfähigkeit hin geprüft.

Inhaltsverzeichnis

ABSTRACT.....	2
INHALTSVERZEICHNIS	3
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
EINLEITUNG.....	6
1.1 MOTIVATION UND PROBLEMSTELLUNG	6
1.2 ZIELSETZUNG DER ARBEIT	7
1.3 VORGEHENSWEISE.....	7
1.4 AUFBAU DER ARBEIT	8
2 DAS UNTERNEHMEN UND SEINE PROJEKTE	9
2.1 BESCHREIBUNG DES UNTERNEHMENS	9
2.2 PROJEKTMANAGEMENT IM UNTERNEHMEN.....	10
2.2.1 Organisatorische Projekte	10
2.2.2 Forschungs- und Entwicklungsprojekte	11
2.2.3 Interne Immobilienbauprojekte.....	11
2.2.4 Externe Anlagenbauprojekte.....	12
2.2.4.1 Thermische Großanlagen	12
2.2.4.2 Photovoltaische Großanlagen.....	12
3 GRUNDLAGEN DES PROJEKTMANAGEMENTS	14
3.1 ZIEL DES PROJEKTMANAGEMENTS	14
3.2 DEFINITIONEN DES PROJEKTBEGRIFFS	15
3.3 GESCHICHTE DES PROJEKTMANAGEMENTS	17
3.4 TECHNIK DES PROJEKTMANAGEMENTS	21
3.4.1 Projektlebenszyklus.....	21
3.4.1.1 Projektablauf.....	21
3.4.1.2 Allgemeingültige Projektphasen	22
3.4.1.3 Phasenentscheidungen	23
3.4.1.4 Phasenweiser Projektablauf bei Bauvorhaben.....	24
3.4.1.5 Anmerkungen zum phasenweisen Projektablauf.....	27
3.4.2 Definition und Formulierung der Projektziele.....	28
3.4.2.1 Gründe der Zieldefinition.....	28
3.4.2.2 Unterscheidungskriterien und Prioritätensetzungen von Projektzielen	28
3.4.2.3 Zielformulierungen und Zielfindungsprozess	30
3.4.3 Strukturierung der Projektaufgaben	32
3.4.3.1 Gliederung der Aktivitäten.....	32
3.4.3.2 Gliederungsprinzipien	32
3.4.3.3 Standardisierte Projektstrukturpläne	35
3.4.4 Strukturierung des Projektablaufes.....	36
3.4.4.1 Termin- und Ablaufplanung.....	36
3.4.4.2 Der Balkenplan	37
3.4.4.3 Der Netzplan	38
3.4.4.4 Vorgangsknotennetze.....	41
3.4.4.5 Vorgänge in Vorgangsknotennetzen	41
3.4.4.6 Anordnungsprinzipien in Vorgangsknotennetzplänen	43
3.4.4.7 Zeitverkürzung in Netzplänen.....	44

3.4.5 <i>Ressourcen- und Kapazitätsplanung</i>	45
3.4.5.1 Gründe für Ressourcen- und Kapazitätsplanung	45
3.4.5.2 Vorgehensweise bei der Kapazitätsplanung.....	45
4 ERARBEITUNG EINES SOLLKONZEPTES FÜR EIN SOFTWAREGESTÜTZTES PROJEKTMANAGEMENTSYSTEMS	47
4.1 DARSTELLUNG DER IST-SITUATION UND SCHWACHSTELLENANALYSE	47
4.1.1 <i>Darstellung der Ist-Situation</i>	47
4.1.2 <i>Schwachstellenanalyse des vorhandnen Systems</i>	48
4.2 ERSTELLUNG EINES SOLLKONZEPTS	50
4.2.1 <i>Inhalt des Konzeptes</i>	50
4.2.2 <i>Definition von allgemeingültigen Projektzielen</i>	50
4.2.3 <i>Erstellung eines standardisierten Projektstrukturplans</i>	53
4.2.3.1 Gründe für einen standardisierten Projektstrukturplan.....	53
4.2.3.2 Die Visualisierungssoftware <i>Ms Visio</i>	53
4.2.3.3 Darstellung des standardisierten Projektstrukturplans in <i>MS Visio</i>	54
4.2.3.4 Kostendarstellung aus der Projektstrukturplanung.....	58
4.2.3.5 Export in <i>Ms Projekt</i>	59
4.2.4 <i>Softwaregestützte Termin- und Ablaufplanung</i>	60
4.2.4.1 Das Programm MS Project.....	60
4.2.4.2 Festlegung der Abhängigkeitsbeziehungen.....	61
4.2.4.3 Einführung von Meilensteinen.....	63
4.2.4.4 Festlegen der Vorgangsdauern.....	64
4.2.5 <i>Softwaregestützte Ressourcen- und Kapazitätsplanung</i>	65
4.2.5.1 Ressourcen in <i>MS Project</i>	65
4.2.5.2 Erstellung eines Ressourcenpools	66
4.2.5.3 Zuordnen der Ressourcen.....	67
4.2.5.4 Kapazitätsabgleich	68
5 DURCHFÜHRUNG EINES PROJEKTES MIT DEM ERARBEITETEN SYSTEM	70
5.1 BESCHREIBUNG DER PROJEKTUMSTÄNDE.....	70
5.1.1 <i>Beschreibung des Gebäudes</i>	70
5.1.2 <i>Besonderheiten der Zieldefinition</i>	71
5.2 PLANUNG DES PROJEKTES	71
5.2.1 <i>Zusammenbau des Projektstrukturplans</i>	71
5.2.2 <i>Ablaufplanung des Projekts</i>	74
5.3 KRITIK AN DEN EINGESETZTEN INSTRUMENTEN	75
6 FAZIT	76
ANHANG A: BEISPIEL EINER KOSTENABFRAGE.....	77
ANHANG B: FLUSSDIAGRAMM DER ABHÄNGIGKEITEN	78
ANHANG C: LISTE DER ARBEITSPAKETE DES PROJEKTES WAKI 2	80
ANHANG D: GANTTDIAGRAMM DES PROJEKTES WAKI 2	81
ANHANG E: VORLÄUFIGE MODULBELEGUNG DER HALLE	82
LITERATURVERZEICHNIS	83
ERKLÄRUNG	86

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verminderung der Unsicherheit im Projektablauf.....	21
Abbildung 2: Allgemeingültige Projektphasen mit Meilensteinentscheidungen.....	23
Abbildung 3: Phasenüberlappung bei Bauvorhaben	26
Abbildung 4: Das Teufelsquadrat.....	29
Abbildung 5: Beispiel einer Zielhierarchie.....	31
Abbildung 6: Projektstrukturplan mit Gliederungsebenen.....	32
Abbildung 7: Gemischtorientierter Projektstrukturplan.....	33
Abbildung 8: Beispiel eines Balkenplans.....	38
Abbildung 9: Beispiel eines Vorgangspfeilnetzplans.....	39
Abbildung 10: Beispiel eines Vorgangsknotennetzplans	40
Abbildung 11:Vorgangsknoten eines Vorgangsknotennetplans sowie Beispiel eines Vorgangsknotens ...	41
Abbildung 12: Rechenbeispiel eines Vorgangsknotennetplans	42
Abbildung 13: Anordnungsprinzipien bei Vorgangsknotennetzplänen sowie Beispiel einer Anfangsfolge	43
Abbildung 14: Gegenüberstellung von geforderter und vorhandener Kapazität.....	46
Abbildung 15: Kapazitätsdarstellung nach Kapazitätsausgleich	46
Abbildung 16: Schwachstellendiagramm des photovoltaischen Anlagenbaus	49
Abbildung 18: Erster Versuch zum Aufbau eines Schubladenprojektstrukturplans	55
Abbildung 19: Schubladenprojektstrukturplan.....	56
Abbildung 20: Zusammengebauter Projektstrukturplan.....	57
Abbildung 21: Darstellung von Vorgangsbeziehungen in MS Project	61
Abbildung 22: Ausschnitt des Flussdiagramms der logischen Abhängigkeitsbeziehungen	62
Abbildung 23: Beispiel für Meilensteine in der Ablaufplanung.....	63
Abbildung 24: Vorläufiger Ressourcenpool	67
Abbildung 25: Geplante Versandhalle in Kirchhain	70
Abbildung 26: Projektstrukturplan des Anlagenprojekts Versandhalle Werk 1	73
Abbildung 27: Netzplandiagramm des Projektes.....	74

Einleitung

1.1 Motivation und Problemstellung

Während meiner Tätigkeit als Praktikant im Berufspraktischen Semester sowie als langjährige studentische Aushilfe unter anderem in der Montage von photovoltaischen Solaranlagen, lernte ich die wachsende Anzahl von Anlagebauprojekten sowie deren gestiegen Umfang kennen. Durch die Einblicke, die ich im Laufe meines Studiums auch im Projektmanagement erlangte, kam mir im Bezug auf meine anstehende Diplomarbeit der Gedanke, dass in diesem Arbeitsbereich des Unternehmens Wagner, ein Projektmanagementsystem zur Abwicklung derartiger Projekte sinnvoll wäre.

Die Notwendigkeit eines Projektmanagementsystems, welches die Projektarbeit rationalisieren würde, steigt, wenn man den sehr dynamischen Markt für photovoltaische Anlagen betrachtet. So erhöhte sich die Zahl der Unternehmen, die auf diesem Markt wirtschaften in den letzten Jahren enorm. Darüber hinaus sinken derzeit die Preise für photovoltaische Module stark. So konnte zum Jahreswechsel 2008/09 die Firma Wagner eine Preissenkung von über 10% der Modulpreise ihren Kunden weitergeben. Dieser Trend wird voraussichtlich in den nächsten Jahren anhalten, da Modulhersteller ihre Fertigungskapazitäten deutlich steigern werden.¹ Für die Anlagenbautätigkeit resultiert daraus, dass der Anteil der Modulkosten an den Gesamtkosten von ca. 75% im Jahre 2008 auf ca. 72% im Jahre 2009 sinkt, und so eine rationalere Projektabwicklung, die durch ein Projektmanagementsystem entstehen könnte, bedeutsamer macht. So könnte aus einem guten Projektmanagementsystem ein Wettbewerbsvorteil resultieren.

Des Weiteren sehe ich in der Energiebranche ein sinnvolles und interessantes Betätigungsfeld, welches besonders im regenerativen Energiesektor zukunftsträchtig ist. Mit einer Diplomarbeit in diesem Bereich kann ich mein branchenspezifisches Wissen erweitern.

¹[http://www.photovoltaik.eu/heftarchiv/artikel/kategorie/01-2009/beitrag/der-kunde-wird-knig-100001011/86/?tx_ttnews\[backCat\]=67&cHash=0155ce8a5c](http://www.photovoltaik.eu/heftarchiv/artikel/kategorie/01-2009/beitrag/der-kunde-wird-knig-100001011/86/?tx_ttnews[backCat]=67&cHash=0155ce8a5c)

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Ziel der Arbeit ist ein Projektmanagementsystem für photovoltaische Großanlagen zu erarbeiten. Dieses System sollte den Planern von photovoltaischen Anlagenbauprojekten durch unterstützende Software eine wirtschaftliche Projektplanung ermöglichen.

1.3 Vorgehensweise

Um mich nach meinen Tätigkeiten als Praktikant und Aushilfe auf die Materie der Großanlagen einzuarbeiten, analysierte ich die Kostensituation von vorangegangenen Projekten. Hierbei versuchte ich zu erkennen, welche Kostenarten bei photovoltaischen Anlagen besonders zu beachten sind, und untersuchte fünf abgeschlossene Projekte. Die dabei ermittelten Ergebnisse wollte ich zu diesem Zeitpunkt in einer Regressionsgrade zusammenfassen, um Kennzahlen für derartige Projekte zu erhalten. Da allerdings die Bauformen derartiger Anlagen sehr unterschiedlich sind, und beispielsweise einmal die Module dachparallel, auf dem Dach frei aufgestellt oder auf einer Freifläche installiert werden, stellt sich die Kostensituation sehr unterschiedlich dar. Hinzu kommt noch, dass in der Literatur zum Thema Projektvergleichstechnik, Vergleiche mit weniger als 30 gleichartigen Projekten, wegen der sprunghaften Veränderung der Ausgleichsfunktion beim Hinzutreten oder Wegfallen einzelner Projekte als bedenklich eingestuft werden². Deshalb verzichtete ich auf eine derartige Auswertung. Auf meine Erkenntnisse in diesem Bereich, konnte ich allerdings mehrfach im Rahmen der Arbeit zurückgreifen.

Nach dieser Einarbeitung in die praktische Umsetzung von Photovoltaikanlagen, beschäftigte ich mich mit der Theorie des Projektmanagements. Wobei ich bei der Frage des Projektdefinitionsbegriffs begann, und mich über die Geschichte zur Theorie der Projektplanung hinarbeitete.

Anschließend an die Arbeiten zum Thema Theorie des Projektmanagements suchte ich nach geeigneten Softwarelösungen die für die geforderte Umsetzung sinnvoll wären. Mit diesen Softwarelösungen erstellte ich beispielhaft Projektstruktur- und Ablaufpläne, um mich mit diesem Werkzeugen vertraut zu machen. Hierauf erarbeitete ich für photovoltaische Anlagen einen allgemeingültigen Projektstrukturplan, der als Basis für die Projektplanung dienen soll. Zum Ende der Arbeit bearbeitete ich mit dem System ein reales photovoltaisches Großprojekt.

² Vgl. Wasielewski, Erwin: Projektvergleichstechnik; Daten abgeschlossener Projekte für Trendermittlung, Benchmarks und Prognosen nutzen, Köln 2003, S. 137ff.

1.4 Aufbau der Arbeit

Nach der Einführung wird der Leser im Kapitel 2 mit dem Unternehmen Wagner vertraut gemacht. Hier wird zusätzlich neben den verschiedenen Projektarten, die in einem solchen mittelständischen Unternehmen durchgeführt werden, auf die Besonderheiten der photovoltaischen Projekte sowie deren Kostenbestandteile eingegangen.

Im Kapitel 3, den Theoretischen Grundlagen, wird das Gebiet des theoretischen Projektmanagements bearbeitet. Teilweise wird hier speziell auf die Theorie der Anlagenbau-, bzw. Bauprojekte eingegangen, da photovoltaischen Projekte dieser Projektart entsprechen.

Ein softwaregestütztes Projektmanagementsystem soll in Kapitel 4 erarbeitet werden. Hier wird nach einer Schwachstellenanalyse der vorhandenen Situation, ein standardisierter Projektstrukturplan erarbeitet, der für photovoltaische Projekte gültig ist. Zusätzlich wird hier auf die praktische Anwendung der Ablauf- sowie Ressourcenplanung eingegangen.

Dieses System, welches im vorangegangenen Kapitel entwickelt wurde, findet in Kapitel 5 in einem realen Projekt Anwendung. Hier soll es seine Praxistauglichkeit beweisen, sowie die Stärken und Schwächen unter realen Bedingungen aufgezeigt werden sollten. Leider konnte das Projekt im Rahmen dieser Arbeit nicht komplett begleitet werden, da es sich hierbei um einen Anlagenbau auf einer neu errichteten Lagerhalle handelte, deren Fertigstellung durch externe Störgrößen verschoben wurde.

2 Das Unternehmen und seine Projekte

2.1 Beschreibung des Unternehmens

Die Firma Wagner & Co Solartechnik GmbH wurde im Jahre 1979 in Marburg von neun Gesellschaftern gegründet, die sich noch alle im Unternehmen befinden. Sie war eine der ersten Firmen in Deutschland, die ausschließlich ihren Umsatz mit Solaranlagen erwirtschaftet haben. Heute vertreibt das Unternehmen mit seinen ca. 350 Mitarbeitern von denen derzeit 86 Gesellschafter sind, neben thermischen Solaranlagen zur Warmwassererzeugung und Heizungsunterstützung sowie photovoltaischen Solaranlagen zur Netzeinspeisung und netzunabhängige Solarstromanlagen noch Pelletheizungen. In den Sparten thermische und photovoltaische Solaranlagen tritt das Unternehmen als Lieferant für kleine und mittelgroße Anlagen am Markt auf. Große Anlagen werden zum Teil in Gemeinschaft mit anderen Unternehmen betriebsfertig geliefert. Zusätzlich werden auf verschiedenen Produktionslinien noch thermischen Kollektoren für Großabnehmer gefertigt, wobei die Bauart und das Typenschild von den Kunden vorgegeben werden.

Seit einem Umzug in das fünf Kilometer entfernte Cölbe hat die Firma *Wagner & Co* hier ihren zentralen Firmensitz. In Cölbe bei Marburg sind der Vertrieb, die Verwaltung und die Geschäftsführung sowie die Gestellproduktion und eine Produktionslinie für Großkollektoren angesiedelt. In diesem Standort arbeitet der Großteil der Mitarbeiter der Firma. Die Fertigungen für Standard- und Sonderkollektoren sowie die Montage von Regelstationen und Speichermodifizierung befinden sich neben dem Logistikzentrum im 14 Kilometer entfernten Kirchhain. Zusätzlich zu den zwei Standorten in Mittelhessen betreibt das Unternehmen noch drei Auslandsvertretungen. Einmal in der spanischen Hauptstadt Madrid, in Frankreich nördlich von Lyon in Tournus sowie die jüngste Tochter im norditalienischen Cremona. Andere europäische Märkte, wie der britische Markt, werden von der Firmenzentrale in Deutschland bearbeitet. Bis auf die spanische Niederlassung sind die Auslandsvertretungen reine Vertriebsniederlassungen. In Spanien entstand 2008 eine Fertigmontagelinie für thermische Großkollektoren. Dieser werden bevorzugt bei größeren Gebäuden wie Hotels oder Mehrfamilienhäusern eingesetzt.

Im Jahre 2008 erzielte die Firma Wagner & Co einen Jahresumsatz von ca. 200 Millionen €. Wobei Produkte der Sparte photovoltaische Sdaranlagen den Großteil des Umsatzes erwirtschaften und Pelletkessel nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die Fertigungstiefe ist bei den Produkten der thermischen Solaranlagen am höchsten, da hier die Kollektoren, Steuerungseinheiten sowie Montagegestelle selber produziert werden. Bei photovoltaischen Solaranlagen werden die Montagegestelle, Kabelbrücken sowie Überspannungsableiterboxen im Hause Wagner produziert.

2.2 Projektmanagement im Unternehmen

2.2.1 Organisatorische Projekte

Um Informationen über die Organisatorischen Projekte zu erhalten, sprach ich mit der Geschäftsleiterin die für den Bereich Prozesse zuständig ist. Hierbei erfuhr ich, dass auf der Ebene der Geschäftsleitung ca. 2-3 Projekte gleichzeitig laufen. Diese Projekte haben unterschiedliche Laufzeiten die zwischen mehreren Wochen und 1-2 Jahren liegen. Ein derartiges Projekt war die Organisation der Tochter in Italien. Dieses Projekt wurde im März 2009 mit der Eröffnung der Filiale abgeschlossen.

Bei solchen Projekten wird ein Projektleiter bestimmt, der sein Budget meist aus seinem Ressort stellt, und somit wenig Formalität im Bereich der Kostenüberwachung herrscht. Als Planungsinstrumente finden meist Exel- und Outlookbasierte Terminpläne Einzug. Eine unternehmensspezifische Definition des Projektbegriffes existiert nicht. Der Projektcharakter wird einmal von der Wichtigkeit des Vorhabens bestimmt, und ob mehrere Bereiche im Unternehmen von dem Vorhaben betroffen sind. Des Weiteren spielt hier die voraussichtliche Dauer eine Rolle. Zum Beispiel wird in der Informationstechnikabteilung (IT) von einem Projekt gesprochen, wenn die veranschlagte Arbeitsdauer drei Tage übersteigt. Dies mag ein Grund dafür sein, dass hier bis zu 30 Projekte gleichzeitig durchgeführt werden.

2.2.2 Forschungs- und Entwicklungsprojekte

Zu den Projekten die in der Entwicklungsabteilung durchgeführt werden gab mir der Bereichsleiter Forschung und Entwicklung Auskunft. Hier werden ca. 20 Projekte gleichzeitig abgewickelt, die in die Kategorien A und B untergliedert werden.

Projekte der Kategorie A laufen ca. 1-2 Jahre und haben meist das Ziel, ein neues Produkt auf den Markt zu bringen. Hier wird meist ein projektbezogener Lenkungsausschuss gebildet, in dem neben Personen der Forschungs- und Entwicklungsabteilung noch Personal aus anderen Unternehmensbereichen wie der Qualitätssicherung vertreten sind. Als ein abgeschlossenes Entwicklungsprojekt, ließe sich hier das Projekt nennen, welches die Entwicklung eines neuen Freiaufstellungsmontagesystems zum Ziel hatte, und die Freiaufstellungsproduktreihe *Tric F* im Januar 2009 auf den Markt brachte.

Ist es notwendig, bestehende Produkte zu überarbeiten, werden diese Projekte in die Kategorie B gegliedert. Diese Projekte haben meist eine deutlich geringere Laufzeit als die Projekte der Kategorie A.

Die Aufwendungen für Projekte der Kategorien A und B werden im Jahresbudget der Entwicklungsabteilung verbucht. Als Planungsinstrument wird hier von dem Bereichsleiter neben der gängigen Bürossoftware die Projektmanagementwerkzeug *MS Project* eingesetzt.

2.2.3 Interne Immobilienbauprojekte

Interne Investitionsprojekte werden im Unternehmen Wagner von der dafür gegründeten Immobilien GmbH durchgeführt. Der Geschäftsführer dieser Tochter informierte mich über derartige Bauprojekte. Hier werden ca. 10 Projekte parallel bearbeitet, deren Laufzeit zwischen mehreren Wochen und 2 Jahren liegen.

Das Projekt, welches das Errichten einer neuen energieautarke Kollektorfabrik zum Ziel hatte, konnte so nach 2 Jahren Laufzeit im Oktober 2008 und einem Investitionsvolumen von ca. 5,7 Millionen € abgeschlossen werden.

Klassische Projektplanungsinstrumente wie Netzpläne finden in die Planungsarbeit keinen Einzug, da der Geschäftsführer der Immobilien GmbH die Planung hauptsächlich alleine verrichtet, und so weder Kosten- und Termintransparenz erforderlich ist, noch

massiver Kommunikationsbedarf besteht. Im Bezug auf externe Unternehmen setzt der Planer auf das Vertrauensverhältnis, das in der langfristigen Zusammenarbeit mit den Baufirmen der Region entstanden ist.

2.2.4 Externe Anlagenbauprojekte

2.2.4.1 Thermische Großanlagen

In der Abteilung Großanlagen werden thermische sowie photovoltaische Solaranlagenbauprojekte durchgeführt. Der Abteilungsleiter, der mir über diese Projektart berichtete, führt mit drei weiteren Planern zeitlich parallel etwa 8-10 thermische Projekte durch. Diese Projekte haben eine durchschnittliche Laufzeit von einem halben Jahr, und einen Umsatz zwischen 25.000 und 100.000 Euro. Teilweise werden bei diesen Projekten das *Solarroofsyste*m, konfektionierte Sonderkollektoren, eingesetzt mit denen ganze Dach- bzw. Fassadenflächen als Solaranlagen ausgebracht werden können. Dies beinhaltet verständlicherweise einen höheren Planungs- und Fertigungsaufwand.

Als Planungsinstrumente kommen hier die übliche Bürossoftware sowie verschiedene Auslegungswerkzeuge für z.B. Kollektorflächen und Speicher, und das Zeichenprogramm *AutoCAD* zum Einsatz.

Neben diesen Projekten, die zur Ausführung kommen, wird hier noch eine Vielzahl von Anfragen zu größeren Anlagen bearbeitet. Aus diesen Anfragen entstehen, neben den Projekten, zusätzlich noch Aufträge, bei denen es sich zwar um größere Anlagen handelt, diese aber wenig Arbeitsleistung wie Montageunterstützung oder Regelereinstellungen benötigen, und so meist mit dem Versenden der Ware abgeschlossen werden können, und so keinen Projektcharakter aufweisen.

2.2.4.2 Photovoltaische Großanlagen

Da in Kapitel 4.1 auf die Planungsmethoden sowie die Laufzeit von photovoltaischen Großanlagen näher eingegangen wird, wird hier eher die Struktur und die Kostensituation der photovoltaischen Anlagen beschrieben.

Photovoltaische Anlagen zur Netzeinspeisung bestehen aus einem Modulfeld welches bei Sonneneinstrahlung durch den inneren photoelektrischen Effekt³ Gleichspannung erzeugt. Diese Gleichspannung wird über Wechselrichter in Wechselspannung umge richtet, die dann in das elektrische Verbundnetz eingespeist wird. Die jährliche Leistung einer Modulfläche mit der Nennleistung von einem kW beträgt in Deutschland zwischen 825 und 1050 kWh⁴. Um ein kW Nennleistung einer Anlage zu installieren, hätte man im Jahre 2008, bei Dachflächengroßanlagen ca. 4000 € aufbringen müssen. So ent stehen Stromgestehungskosten bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 5%, jährlichen Betriebskosten von 1% der Investitionskosten und einer Anlagenlaufzeit von 25 Jahren zwischen 0,364 und 0,285 €/kWh.

Der Erntefaktor, der das Verhältnis aus der Energie, welche ein Kraftwerk in seiner Lebensdauer erzeugt, zu der kumulierten Energie, die nötig war es zu erstellen beschreibt; liegt bei photovoltaischen Anlagen in Deutschland zwischen 5,5 bei Modulen aus monokristallinem Silizium und 11 bei amorphen Modulen⁵. Der Grund für diese Abweichung liegt in der energieintensiveren Herstellung von monokristallinen Siliziummodulen⁶.

Hauptbestandteil der Investitionskosten von Großanlagen sind die Kosten für die Module, die ca. 75% der Gesamtkosten ausmachen. Die Wechselrichter schlagen mit ca. 6-7% und die anderen Materialkosten mit ca. 9-10% zu Buche. Der Anteil der Arbeitskosten beträgt auch zwischen 9-10% der Gesamtkosten, welche sich noch in Montage- und Planungskosten aufgliedern.

³ Durch eine Trennung eines Halbleiterkristalls in ein n-Schicht (negativ) und eine p-Schicht (positiv), kommt es bei Lichteinwirkung zu einer Ladungstrennung woraus ein Spannungsgefälle entsteht. Diese Ladungstrennung wird durch die einfallenden Photonen, die Elektronen-Loch-Paare erzeugen (Herausschlagen von Elektronen aus ihrem Verbund) verursacht.

⁴ Vgl. http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_opt/pvgis_solar_optimum_DE.png

⁵ Vgl. <http://www.volker-quaschning.de/datserv/kev/index.html>

⁶ Ebenda

3 Grundlagen des Projektmanagements

3.1 Ziel des Projektmanagements

Schon bei relativ leicht überschaubaren Vorhaben, wie z. B. beim Bau eines Einfamilienhauses, kommt laut Zielasek es auf die zügige Zusammenarbeit verschiedener Handwerkerberufe an, wenn das Haus kostengünstig und in möglichst kurzer Zeit dem geplanten Leistungsumfang entsprechend fertig gestellt sein soll. Trotzdem kann es kostenverursachende oder zeitraubende Probleme geben, wenn die Kooperation der Beteiligten nicht funktioniert, z. B. nachträgliche Mauerdurchbrüche für den Installateur, zu späte Anlieferung von einzubetonierenden Elementen und vieles mehr. Eine gut funktionierende Organisation und Methoden zur Kooperation und Koordination sind also notwendig.⁷ Madauss sieht den in den letzten Jahrzehnten eingetretene Strukturwandel unserer Gesellschaft als Grund dafür, dass sowohl die Industrieproduktion als auch öffentliche Bauvorhaben immer komplexer wurden. Die Abwicklung neuzeitlicher Vorhaben verlangt deshalb in immer stärkerem Maße Ganzheitsentwürfe, die allein zu optimalen Lösungen führen könnten. Deshalb müsste bereits bei der Grundsteinlegung eines neuen Projektes die gleichrangige Einschaltung sämtlicher Fachbereiche gewährleistet sein.⁸

Laut Heintel sind die Linienorganisationen hierfür mit ihrem hierarchisch-bürokratischen Apparat strukturbedingt zu schwerfällig, um auf Schwierigkeiten und Neuentwicklungen des Marktes, der Konkurrenz, der Rohstoffsituation, der Währungsverschiebungen schnell und flexibel zu reagieren.⁹ Während die Fachbereiche eines Unternehmens den jeweiligen Spezialistenstandpunkt vertreten, besteht die Aufgabe des Projektmanagements im Wesentlichen in der Integration der Einzellösungen zu einem systemoptimalen Gesamtentwurf.¹⁰ So hat laut Heinte und Krainz die Arbeitsteilung die Menschen auseinandergeführt, Projektmanagement muss sie problembezogen wieder integrieren.¹¹

⁷ Vgl. Zielasek, Gotthold: Projektmanagement; erfolgreich durch die Aktivierung aller Unternehmensbereiche, Berlin Heidelberg 1995, S. 13

⁸ Vgl. Madauss, Bernd: Handbuch Projektmanagement; mit Handlungsanleitungen für Industriebetriebe, Unternehmensberater und Behörden, Stuttgart 1994, S. 10

⁹ Vgl. Heintel, Peter; Krainz Ewald: Projektmanagement; eine Antwort auf die Hierarchiekriese? Wiesbaden 1994, S. 14

¹⁰ Vgl. Madauss 1994 S. 10

¹¹ Vgl. Heintel, Krainz 1994 S. 2

3.2 Definitionen des Projektbegriffs

Eine recht allgemeine Definition des Projektbegriffs stellt die DIN 69901-5 bereit:
„[Ein Projekt ist ein] Vorhaben, das im Wesentlichen durch Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist [wie beispielsweise]

- Zielvorgabe
- zeitlich, finanzielle und personelle oder andere Begrenzung
- projektspezifische Organisation“¹²

Laut Hansel beobachtet man in manchen Unternehmen allerdings eine wahre Projektinflation. Viel zu viel wird mittlerweile als Projekt bezeichnet. Projekte sind „in“, wer keine Projekte hat, der gehört nicht zu dem Kreis der Innovativen. Um eine Inflation von Projekten zu vermeiden, wäre es sinnvoll, dann von einem Projekt zu sprechen, wenn die Größe und die Komplexität der Aufgabenstellung Projektarbeit wirklich erfordert.¹³ Weiterhin führt Hansel auf, dass es sich bei der Projektdefinition nicht um eine akademische Frage handelt, sondern das Eingrenzen des Projektbegriffs im Unternehmen einen sehr praktischen Grund hat. Da durch eine klare Definition überflüssige Diskussionen und Missverständnisse vermieden werden.¹⁴

Beispielsweise definierte die NASA ihren Begriff von Projekten in dem NASA Management Manual aus dem Jahre 1963 wie folgt: “[A project is] within a program, an undertaking with a scheduled beginning and ending, which normally involves one of the following primary purposes:

1. The design, development and demonstration of major advanced hardware items; e.g., F-1 Engine
2. The design, construction and operating of a new launch vehicle (and associated ground support) during its research and development phase; e.g., Saturn C-1
3. The construction and operating of one or more aeronautical or space vehicles and necessary ground support in order to accomplish a scientific or technical objective; e.g., Ranger”¹⁵

¹² DIN: DIN 69901-5 Projektmanagement - Projektmanagementsysteme - Teil 5: Begriffe, Berlin 2009, S. 11

¹³ Vgl. Hansel, Jürgen; Lomnitz Gero: Projektleiter-Praxis; erfolgreiche Projektabwicklung durch verbesserte Kommunikation und Kooperation, Berlin Heidelberg 2000, S.2

¹⁴ Ebenda S. 3

¹⁵ Vgl. NASA Management Manual, Planning and Implementation of NASA Projects, 1963, Chapter 4 - I

Diese Definition übersetzte ich folgendermaßen. Ein Projekt findet innerhalb eines Programms mit einem planmäßigen verpflichtenden Beginn und Ende statt, und erfüllt normalerweise eines der folgenden primären Zwecke:

1. Die Entwicklung, Konstruktion und Erprobung eines bedeutendem hoch entwickelten Maschinenelementes; z.B., F-1 Motor
2. Die Entwicklung, die Konstruktion und der Betrieb einer neuen Trägerrakete (und die dazugehörige Bodenunterstützung) während ihrer Erforschungs- und Erbauungsphase; z.B., Saturn C-1
3. Die Konstruktion und der Betrieb von einem oder mehreren Luft- oder Raumfahrtvehikeln und die dazugehörige Bodenunterstützung um ein gewünschtes wissenschaftliches oder technisches Ziel zu erreichen.

Eine weitere in der Literatur oft zitierte Definition aus dieser Anfangszeit des Projektmanagements stammt von R. L. Martino: "A project is any task which has a definable beginning and a definable end and requires the expenditure of one or more resources in each of the separate but interdependent activities which must be completed to achieve the objectives for which the task was instituted."¹⁶

Diese Definition wurde von Schröder folgendermaßen übersetzt: „Als Projekt kann jede Aufgabe bezeichnet werden, die einen definierbaren Anfang und definierbares Ende besitzt, die den Einsatz mehrere Produktionsfaktoren für jeden einzelnen, miteinander verbundenen und wechselseitigen voneinander abhängigen Teiltätigkeiten erfordert, die ausgeführt werden müssen, um das dieser Aufgabe vorgegebene Ziel zu erreichen.“¹⁷

¹⁶ Vgl. Martino, Rocco: Project Management and Control: Volume I; Finding the Critical Path, New York 1964, S. 17

¹⁷ Vgl. Schröder, Harald Jürgen: Projekt-Management; Eine Führungskonzeption für außergewöhnliche Vorhaben, Wiesbaden 1973, S. 15 ff.

3.3 Geschichte des Projektmanagements

Als Beispiel einer frühen Art von Projektplanung stellt Pfeiffer in einem Artikel die Errichtung der ägyptischen Pyramiden dar. So bewegten die Baumeister des Altertums Zehntausende von Arbeitern dazu, tonnenschwere Steinquader aufeinander zu schichten. Sie koordinierten den Einsatz der Arbeiter, organisierten Baumaterial und sorgten für dessen Transport zur Baustelle. Weiterhin berichtet Pfeiffer, dass die Baumeister bereits Buch über Arbeitszeiten, Personaleinsatz und Löhne geführt haben sollen, sowie Berichte über Baumaßnahmen, Logistik und Zeitpläne erstellt hätten. Starb ein Pharao, bevor der Pyramidenbau abgeschlossen war, wurde Krisenmanagement notwendig. Priester, Architekten und Bauleiter mussten innerhalb kürzester Zeit eine Ersatzlösung realisieren, da die Mumie des verstorbenen Pharaos 70 Tage nach dessen Tod beigesetzt werden musste. Des Weiteren wird hier beschrieben, wie im römischen Reich militärische Projekte, wie der Bau von Straßen, Brücken und Häfen von römischen Legionen realisiert wurden. Andere geschichtliche Projekte mit militärischem Hintergrund waren der Aufbau großer Kriegsflotten, der Bau der Chinesischen Mauer oder der mittelalterliche Festungsbau.¹⁸ Als historischen Fehler im Projektmanagement wird in diesem Artikel der Bau des Kölner Doms aufgeführt.¹⁹ Da durch fehlende Ressourcen und Desinteresse am gotischen Baustil die Baumaßnahmen nach 280 Jahren abgebrochen werden mussten, die Baumaßnahmen über 300 Jahre ruhten, und erst 1880, nach weiteren 40 Jahren Bauzeit konnte das Bauwerk vollendet werden.²⁰ Im Zeitalter der Industrialisierung wurden dann große Infrastrukturprojekte verwirklicht, berichtet Pfeiffer weiter, wie der Bau von Eisenbahntrassen, Strom- und Telekommunikationsnetzen oder der Bau des Suez- oder Panamakanals.²¹ Ein heutzutage weit verbreitetes Ablaufdiagramm entwickelte H. L. Gantt in der zweiten Dekade des 20. Jahrhunderts, welches 1931 bei dem amerikanischen Hooverdammprojekt angewendet wurde.²² Dieses Dammbauprojekt konnte mit Hilfe der Balkendiagramme in nur fünf Jahren; also zwei Jahre früher als in den geplanten sieben Jahren, abgeschlossen werden.²³

¹⁸ Vgl. Pfeiffer Astrid: Vom Pyramidenbau zum Manhattan Project; 25 Jahre GPM: Projektmanagement im Spiegel der Zeit, in Projektmanagement aktuell 1/2004 S. 3

¹⁹ Ebenda S. 4

²⁰ Vgl. <http://www.koelner-dom.de/index.php?id=baugeschichte>

²¹ Vgl. Pfeiffer 2004 S. 4

²² Vgl. <http://www.ganttchart.com/History.html>

²³ Vgl. <http://www.usbr.gov/lc/hooverdam/faqs/damfaqs.html>

Laut Pfeiffer übertrug Speer die in Amerika entwickelten Planungstechniken auf die deutsche Industrie. Die Geschichte der Bau- und Rüstungsprojekte im Dritten Reich ist, nach Pfeiffer, allerdings eine Geschichte der Fehlschläge. So hätten viele von Hitlers Vorhaben ein Vielfaches des geplanten Budgets verschlungen oder seien nie fertig gestellt worden. Der Staat hätte aus ideologischen Gründen unbegrenzte Mittel bereitgestellt, und Millionen von Zwangsarbeitern und Häftlingen aus Konzentrationslagern unter unmenschlichen Bedingungen zur Arbeit gezwungen. Fehlerhafte Projektplanung hätten die Verantwortlichen seit jeher in der Geschichte dadurch ausgeglichen, dass sie ihren Arbeitern mehr abverlangt hätten.²⁴

Hierzu schrieb Speer, auf Hitlers Befehl seien ab Ende Juli 1943 gewaltige Industriekatastrophen für die V2 genannte Fernrakete reserviert worden, von der er monatlich 900 Stück produziert haben wollte. Speer: „Es wurde ein Riesenaufwand in die Entwicklung und Fertigung von Fernraketen gesteckt, die sich ... als ein nahezu gänzlicher Fehlschlag erwiesen. Unser aufwendigstes Projekt war zugleich unser sinnlosestes.“²⁵

Als einer der Anfänge des modernen Projektmanagement gilt laut Litke das Manhattan Engineering District Project von 1941, dessen Zielsetzung die Entwicklung der ersten Atombombe war. Hier hätten erstmals unter enormen Zeitdruck Aktivitäten koordiniert werden müssen, die mit bisherigen Organisationsmethoden als undurchführbar galten. Neben Anforderungen an die Logistik sollen dabei erstmals Probleme der Forschung und Entwicklung hinsichtlich der enorm gestiegenen Komplexität und der Interdisziplinarität der Aufgabenstellung zu bewältigen worden sein, die in Grenzbereiche der Wissenschaft vorstießen. Dies hätte aufgrund der enormen Verflechtung von Wissenschaftlern, Ingenieuren und unterschiedlichen Institutionen völlig neue Organisationsstrukturen erfordert.²⁶

Zur Durchführung besonders komplexer Vorhaben dieser Art, entstand laut Schröder daher eine neue Führungskonzeption: die Konzeption des Projekt-Managements. Diese wurde durch die Einrichtung der Position eines Projekt-Managers gekennzeichnet, der unabhängig von bestehenden Organisationsstrukturen die Führung und Verantwortung für das Projekt während seiner gesamten Dauer übernimmt. Maßgeblichen Anteil an der Entwicklung und Präzisierung dieser Konzeption hatten regierungsamtliche Institu-

²⁴ Vgl. Pfeiffer 2004 S.5

²⁵ Vgl. Speer, Albert: Erinnerungen, Berlin 1969, S. 374 ff.

nen der USA, wie das Department of Defense mit den Leitungen der Navy, Army und Air Force und bezogen auf die Luft- und Raumfahrttechnologie, die National Aeronautic and Space Administration (NASA). Diese Institutionen bildeten die Auftraggeber für Projekte wie die Entwicklung neuer Flugzeugtypen, das Erstellen von Raketensystemen wie Atlas oder Polaris oder die Realisierung des Apollo-Programms. Für die Leitung solcher Vorhaben, an denen als Auftragnehmer jeweils eine große Zahl verschiedener Unternehmen beteiligt war, haben die genannten Behörden zentrale Projekt-Manager ernannt, die die Arbeiten aller am Projekt Mitarbeitenden integrierten und kontrollierten. Die Auftragnehmer hatten, laut Schröder, ihrerseits für ihren Anteil am Gesamtsystem verantwortliche Projekt-Manager einzusetzen, die über alle internen Abteilungsgrenzen hinweg und bei etwaigen Unterlieferanten die Interessen des Projekts und damit des Auftraggebers wahrnahmen.

Weiterhin führt Schröder aus, dass insbesondere der Erfolg der neuen Führungskonzeption bei der Durchführung der Projekte Atlas und Polaris ihre Anwendung in der amerikanischen Luft- und Raumfahrtindustrie und in anderen Industriezweigen, die im hohen Maße Regierungsaufträge ausführten, verbreitet haben soll.²⁷

In den Jahren 1957/1958 wurden laut Schelle praktisch zeitgleich drei neuartige Methoden zur Planung und Überwachung von Projekten entwickelt, die den Grundstein der heutigen Netzplantechniken bilden.²⁸ In der USA wurden einmal vom Chemiekonzerns DuPont das CPM-Verfahren (Critical Path Method) bei der Entwicklung künstlicher Seide, sowie durch die US Navy das Planungsverfahren PERT (Program Evaluation and Review Technique), welches im Rahmen des Polaris-Missile-Projekts zum Einsatz kam, entwickelt²⁹. Die in Frankreich von der Beratungsfirma SEMA entwickelte MPM (Meta-Potential-Methode) wurde erstmal beim Bau des Passagierschiffes Le France und danach im Kernkraftwerksbau eingesetzt.³⁰

Die Entwicklung dieser Techniken führte, nach Meinung Schröders, zu einer entscheidenden Verbesserung der Planungs- und Kontrollmethoden für Projekte und verlieh

²⁶ Vgl. Litke Hans: Projektmanagement; Methoden, Techniken, Verhaltensweisen Evolutionäres Projektmanagement, München 2007, S. 23 ff.

²⁷ Vgl. Schröder, 1973 S. 12

²⁸ Vgl. Schelle, Heinz: Projekte zum Erfolg führen; Projektmanagement systematisch und kompakt, München 2007, S. 131

²⁹ Vgl. Madauss, Bernd im Interview in Projektmanagement aktuell 1/2004 S. 9

³⁰ Vgl. Meyer, Manfred: Operations Research Systemforschung; Eine Einführung in die praktische Bedeutung, Stuttgart 1996, S. 80

dem Projektmanagement weiter Auftrieb.³¹ Ein weiterer Meilenstein in der Entwicklung des Projektmanagements war laut Madauss das 1966 von der US Air Force herausgegebene AFSCM 375. Darin wurde erstmals systematisch dargestellt, wie Projekte nach Phasen strukturiert abzuwickeln sind. Madauss erwähnt weiterhin in diesem Interview, dass die oben genannten Planungsverfahren anfangs oftmals mit Projektmanagement gleichgesetzt wurden. Erst langsam hätte sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass die Planungs- und Überwachungstechniken nur ein Teilbereich des Projektmanagements sind.³²

Auf Basis der Erfahrungen, die die amerikanischen Regierungsorganisationen machten, entstanden in den sechziger und siebziger Jahren in den USA eine Fülle von Publikationen zum Thema Projektmanagement, was dazu beitrug, dass der Projektmanagement-Grundgedanke sich auf viele Industriezweige ausbreitete.³³ Immer mehr Unternehmen richteten in den 70er und 80er Jahren ein formelles Projektmanagement ein. Nicht mehr Linienmanager bestreiten Projekte, sondern Projektleiter mit entsprechenden Kompetenzen. Denn die Vorhaben wurden größer und komplexer, Technologien schnelllebiger. Das erforderte eine unabhängige Projektorganisation.³⁴

³¹ Vgl. Schröder, 1973 S. 13

³² Vgl. Madauss, Bernd im Interview in Projektmanagement aktuell 1/2004 S. 8

³³ Vgl. Madauss, 1994 S. 13

³⁴ Vgl. Kerzner Harold: Project Management; a System Approach to planning, scheduling and controlling, Bonn 2003, S. 32

3.4 Technik des Projektmanagements

3.4.1 Projektlebenszyklus

3.4.1.1 Projektablauf

Der Projektablauf mit seinen Lebensphasen wird von Saynisch als ein auf „Lernen“ ausgerichteter sequentieller Entscheidungsprozess aufgefasst. Er ist demnach ein langfristiger, jedoch zeitlich begrenzter Problemlösungsprozess mit einmaliger Zielsetzung, der durch strategische Gesamtentscheidungen wie Weiterführung, Abbruch oder Wiederholung, in seine Lebensphasen gegliedert ist.³⁵

Der Projektablauf kann daher als Lernprozess betrachtet werden, da die Unsicherheiten im Projekt mit einer charakteristischen Geschwindigkeit kleiner werden. Dies resultiert daraus, dass während des vorher definierten stufenweisen Planungsprozess ständig neue Informationen erarbeitet oder von außen übernommen werden,³⁶ Abbildung 1 veranschaulicht diesen Lernprozess.

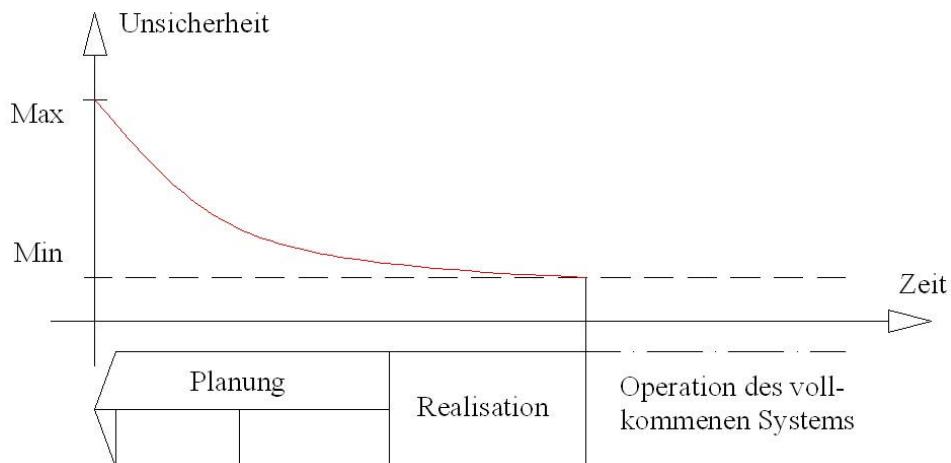


Abbildung 1: Verminderung der Unsicherheit im Projektablauf³⁷

Gemäß den unterschiedlichen Lebensphasen eines Projektes ist es laut Litke von Vorteil, sich an die Regel „vom Groben zum Detail“ zu halten, um schnell eine hohe Transparenz zu erzielen und diese zu verbessern. Damit würde sich auch das anfangs bei allen Projekten vorhandene Risiko der technischen Realisierbarkeit, der Verwertbarkeit sowie

³⁵ Vgl. Saynisch, Manfred in Saynisch, Schelle, Schub: Projektmanagement; Konzepte, Verfahren, Anwendungen, München 1979, S. 33

³⁶ Vgl. Saynisch 1979 S. 38

³⁷ In Anlehnung an: Saynisch 1979 S. 39

der Zeit und Kosten mit geringerem Aufwand rasch abgebaut werden.³⁸ Der phasenweise Projektablauf ist so eine wesentliche Voraussetzung zur wirtschaftlichen Durchführung von Projekten.³⁹

Unter der Aussage: „vom Groben zum Detail“ versteht Litke, dass sich Systemgestaltung und auch Projektplanung in einem Prozess der zunehmenden Konkretisierung und Detaillierung vollziehen. Bei einem solchen phasenweisen Projektablauf werden demnach einzelne Phasen definiert, die durch Entscheidungssituationen miteinander verbunden sind. Weiterhin führt er aus, dass die Unterteilung eines Projektes in verschiedenen Phasen den Zweck hat, ganz bewusst Zäsuren in diesen Ablauf einzubauen. Diese sollen einerseits Anlass geben, um über die Weiterführung eines Projektes und weitere Entwicklungsrichtlinien zu entscheiden, andererseits soll sichergestellt werden, dass die Arbeiten einer Folgephase auf bereinigten und genehmigten Zwischendokumenten aufbauen können.⁴⁰

3.4.1.2 Allgemeingültige Projektphasen

Als allgemeingültige Lebensphasen eines Projektes definiert Saynisch: „Phase der Problemanalyse“, „Phase der konzeptionellen Grundlegung“, „Phase der detaillierten Gestaltung“, „Phase der Realisierung“, „Phase der Nutzung“, „Phase der Außerdienststellung“. Ein Projekt muss nicht alle Lebensphasen umfassen.⁴¹

Nach Saynisch wird in der „Problemanalysephase“ die Zielsetzung des Projektes entwickelt und präzisiert, während in der „konzeptionellen Grundlegung“ die von der detaillierten Zielsetzung abgeleitete Entwurfsforderung analysiert, konzeptionell alternative Lösungswege aufgezeigt und deren Realisierbarkeit überprüft wird. Die Phase der „detaillierten Gestaltung“ überzieht die genaue Ausarbeitung des ausgewählten Konzeptes, die Konkretisierung der einzelnen Teilsysteme und die Fixierung der Ergebnisse in Form von Spezifikationen, z. B. Zeichnungen etc. In der „Realisierungsphase“ geschieht dann die Umsetzung in die Wirklichkeit. Die detaillierte Gestaltung wird fertig entwi-

³⁸ Vgl. Litke 2007 S.26

³⁹ Vgl. Saynisch 1979. S. 33

⁴⁰ Vgl. Litke 2007 S. 28 ff.

ckelt und die Bauausführung bzw. Fertigung einschließlich Erprobung durchgeführt. Die „Nutzung“ beinhaltet die Einführung bzw. den Betriebsanlauf, die eigentliche Nutzung sowie die Kontrolle, ob das Produkt bzw. System den Anforderungen in der Wirklichkeit entspricht, d.h. Feststellen von auftretenden Fehlern und Schwierigkeiten, um dieses Wissen bei Folgeprojekten nutzen zu können. Um die Tätigkeit der „Außerdienststellung“ (insbesondere bei Produkten und Systemen mit Gefahrenpotenzial) reibungslos durchzuführen zu können, ist auch hier ein formaler Ablauf notwendig.⁴²

3.4.1.3 Phasenentscheidungen

Der Übergang von einer Phase zur anderen geschieht durch einen Entscheidungsvorgang, der aus der Bewertung der Ergebnisse der Vorgangsphase und einer Freigabe der meist kostenintensiveren Folgephase besteht. Dieser Übergang kann auch zu einem Abbruch des Projekts führen oder zu einem meist kürzeren wiederholten Durchlauf der Vorgangsphase bzw. Vorgangsphasen (siehe Abbildung 2). Die Bewertung der Ergebnisse der Vorgängerphase setzt eine Zusammenstellung aller wichtigen Unterlagen dieser Phase voraus, die dann das Ergebnis wiedergeben.⁴³

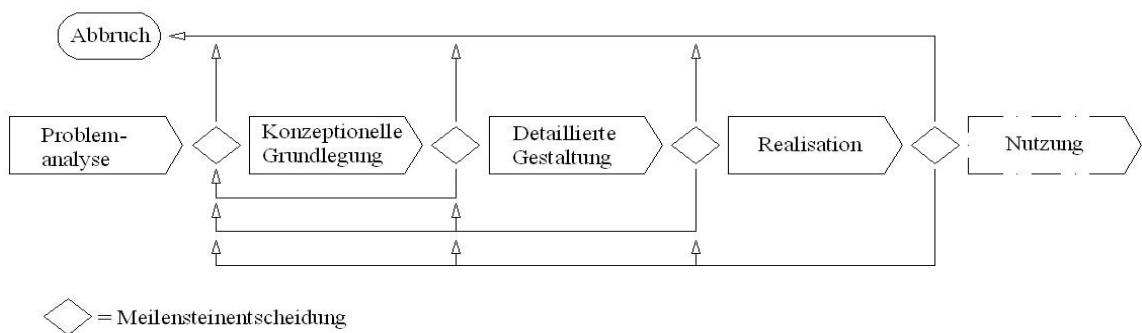


Abbildung 2: Allgemeingültige Projektphasen mit Meilensteinentscheidungen⁴⁴

⁴¹ Vgl. Saynisch 1979 S. 33

⁴² Vgl. Saynisch 1979 S. 33.

⁴³ Ebenda S. 47 ff

⁴⁴ In Anlehnung an: Saynisch 1979 S. 45

Bei größeren Projekten sollte die Phasendokumentation auch durch eine Präsentation vor allen Projektbeteiligten ergänzt werden, um Identifikation der Mitarbeiter mit dem Projektziel und deren Motivation zu fördern, sowie Informationslücken zu schließen. Auch wird eine Überprüfung der Ergebnisse aus den unterschiedlichen Perspektiven sichergestellt.⁴⁵

In anderer Literatur wird diese Ergebnisbetrachtung auch Meilenstein genannt, so sieht etwa Litke den Abschlusspunkt einer Phase als Meilenstein. Ein solcher Meilenstein würde erst dann als erreicht gelten, wenn das geforderte Sachergebnis vollständig und durch die Qualitätssicherung abgesegnet vorliegt. Damit solche Meilenstein-Entscheide optimal gefällt werden könnten, müssen dem Projektleiter bzw. Auftraggeber die minimal notwendigen bzw. gewünschten Entscheidungsunterlagen vorgelegt werden. In vielen Fällen könnte jedoch für ähnliche Projekte ein standardisierter Projektablauf mit Phasen und Entscheidungspunkten im Unternehmen institutionalisiert und dem Projektleiter vorgegeben werden.⁴⁶

3.4.1.4 Phasenweiser Projektablauf bei Bauvorhaben

Laut Schub lässt sich wie bei allen Projekten der Einzelfertigung auch die Bauproduktion in einzelne Projektphasen aufteilen. Als Phasenunterteilung wird hier die „Konzeptionsphase“, „Konstruktionsphase“, „Vorbereitungsphase“ und „Ausführungsphase“ genannt. Auch hier schließt jede Phase mit einer Meilensteinentscheidung ab. Deshalb sei es nach Schub erforderlich, die Geschehnisse in den Teilphasen so hinreichend zu erfassen, dass eine Entscheidungshilfe gegeben ist. Dabei spielen nicht nur rein objektive Messgrößen eine Rolle, sondern auch subjektive Werte, deren Darstellung nur über Kriterien und deren Bewertung möglich ist. Die Begriffe und Inhalte der erwähnten vier Phasen decken sich nur teilweise mit denjenigen anderer Projekte, wie etwa Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Dies begründet Schub dadurch, dass das Bauwerk schon meist vor der Konzeptionsphase in den wesentlichen Bestandteilen definiert ist. Es zeigt sich auch, dass der Informationsbedarf unterschiedlich ist.⁴⁷

⁴⁵ Ebenda S. 48

⁴⁶ Vgl. Litke 2007 S. 30 ff.

⁴⁷ Vgl. Schub, Adolf in Saynisch, Schelle, Schub: Projektmanagement; Konzepte, Verfahren, Anwendungen, München 1979, S. 59

Die „Konzeptionsphase“ umfasst die Bedarfsermittlung und die Analyse und Beurteilung der möglichen Grundsysteme wie z.B. Hängebrücke, Balkenbrücke usw. im Bezug auf die vorherrschenden Restriktionen und exogenen Sachverhalte. Daraufhin erfolgt eine endgültige Wahl der Grundsysteme. Eine anschließende Ermittlung des globalen Zeitbedarfs sowie eine Kosten- und Aufwandsschätzung gibt Einblicke in die wirtschaftlichen Zusammenhänge.⁴⁸ Die „Konstruktionsphase“ beinhaltet die Feststellung der Sachverhalte, Restriktionen und Grundgrößen. Als Weiterführung des Grundsystems sind nunmehr die baulichen Maßnahmen konstruktiv zu gestalten. Dabei spielen die Realisierungsmöglichkeiten wie z.B. Massivbau, Stahlbau usw. bereits eine wichtige Rolle. Des Weiteren wird eine Nutzenberechnung durchgeführt und eine Entscheidung über die endgültige Wahl der Konstruktion gefällt, sowie die ausführungsreifen Pläne erstellt. In der „Vorbereitungsphase“ sind alle Geschehnisse im Bereich öffentlicher Belange, in der Vertragsgestaltung zwischen Bauherr und Unternehmer, und in der Betriebsplanung des Unternehmers so zu koordinieren, dass alle Voraussetzungen für einen reibungslose Bauabwicklung gegeben ist. Die Realisierung einer baulichen Anlage erfolgt in der „Ausführungsphase“. Da jede Produktion aber einer Reihe von Störgrößen, die die Zielgrößen beeinflussen unterliegt, muss die Einhaltung der Zielgrößen durch entsprechende Kontrolle und Regelung gewährleistet sein. Schub unterscheidet hier zwischen exogenen Störgrößen wie Witterungseinflüsse oder mangelhafte Zulieferung von Stoffen, Plänen usw., und endogenen Störgrößen wie Produktivität des Personals und der Betriebsmittel, Effizienz der Organisation und Disposition etc.⁴⁹

Schub führt weiter aus, dass die Reihenfolge der vier Projektphasen unumstößlich dadurch vorgegeben ist, dass jede nachfolgende Projektphase auf Entscheidungen der vorangegangenen Phase aufbaut. Daraus wäre zunächst zu schließen, dass diese vier Phasen zeitlich so aufeinander zu folgen haben, dass der Abschluss einer Phase den Beginn der nachfolgenden bestimmt. Diese zeitliche Abfolge sei zweifelsohne dann richtig, wenn das Werk aus einem einzigen Produkt besteht. Praktisch setzt sich jedoch eine bauliche Anlage nahezu immer aus einer Vielzahl von Bestandteilen zusammen. Obwohl die Gesamtheit der einzelnen Werkselemente technisch koordiniert werden muss, kann sich zumindest die bestandteilspezifische Ausführungsplanung z.B. elektrische Versorgungsplanung, insbesondere die mögliche Vergabe von derartigen Bauleistungen

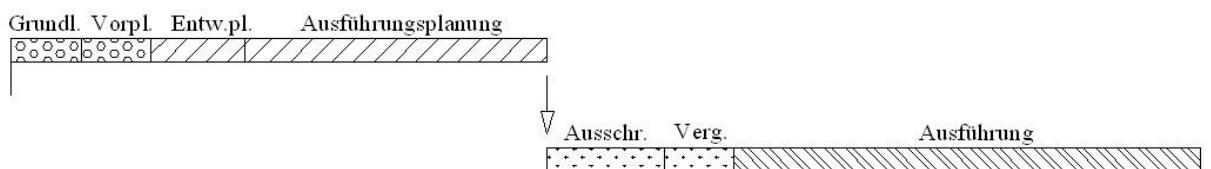
⁴⁸ Vgl. Schub 1979 S. 60

⁴⁹ Vgl. Schub 1979 S. 61 ff.

unter Umständen über einen längeren Zeitraum erstrecken, ohne den Beginn der Bauausführung zu verzögern.⁵⁰

Auch eine zeitliche Überlappung einzelner Phasen wäre möglich wie in Abbildung 3 dargestellt. In welchem Maße sich die einzelnen Phasen überlappen könnten, hängt weitgehend davon ab, mit welcher Genauigkeit die einzelnen Leistungen aus den Planungsunterlagen ermittelt werden könnten und welche technische Koordination für die Erbringung der Leistungen zwingend erforderlich ist.⁵¹

Version 1 (ohne Überlappung)



Version 2 (mit starker Überlappung)

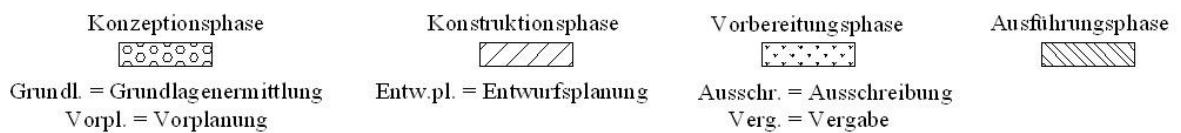
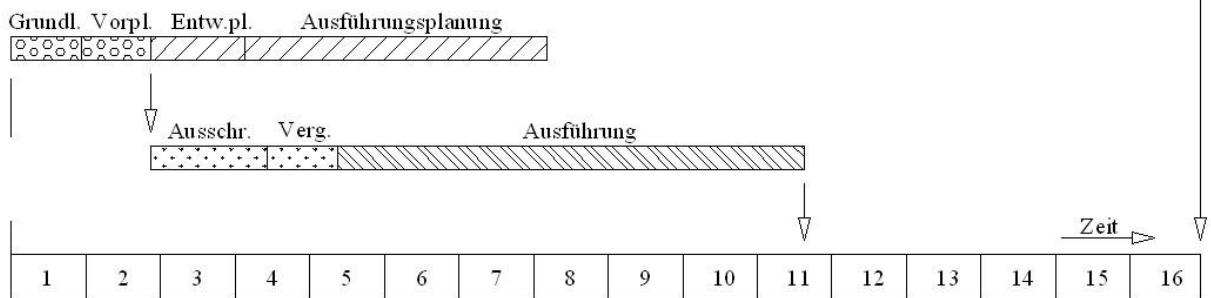


Abbildung 3: Phasenüberlappung bei Bauvorhaben⁵²

Es bedarf, laut Schub, allerdings einer ausreichender projektspezifischer Erfahrung, die Phasen zeitlich und leistungsmäßig so zu koordinieren, dass einerseits der Gesamtzeitbedarf möglichst gering wird, andererseits aber keine zusätzlichen Störquellen geschaffen werden, die dann den Ablauf so erheblich behindern können, dass alle Vorteile zunichte gemacht werden und das Gegenteil eintritt, nämlich unnötig lange Bauzeit, unproduktiver Mitteleinsatz und erhebliche Mehrkosten.⁵³

⁵⁰ Ebenda S. 70

⁵¹ Vgl. Schub 1979 S. 70

⁵² In Anlehnung an: Schub 1979 S. 71

⁵³ Ebenda S. 73

3.4.1.5 Anmerkungen zum phasenweisen Projektablauf

Nach Schelle sind Phasenmodelle in den letzten Jahren insbesondere von Vertretern der Informatik in die Kritik gekommen. Einmal führt er auf, dass bei dem Bewältigen verschieden großer Teilaufgaben in einem Projekt nicht immer ein zeitlich paralleles Fortschreiten gegeben ist. So wäre es denkbar, dass ein Instrument schon erprobt wird, wobei dessen Software noch spezifiziert werden muss. Also keine eindeutige Phasenzuordnung möglich ist. Es müsste dann aber laut Schelle rechtzeitig dafür gesorgt werden, dass später Hardware und Software integriert werden könnten. Weiterhin beschreibt er, dass in der Praxis viele Aktivitäten überlappend und parallel ausgeführt werden, wie etwa das frühzeitige Bestellen eines Bauteils mit langer Lieferzeit, obwohl die Stücklisten noch nicht endgültig festgelegt sind. Diese Fakten würden aber nicht gegen das Verwenden von Phasenmodellen sprechen, ganz im Gegenteil: Das Setzen von Meilensteinentscheidungen sei gerade in solchen Fällen dringend erforderlich.⁵⁴

Zusätzlich ermahnt Schelle, dass Phasenmodelle nicht bürokratisch gehandhabt werden dürften, da dies dem Projekt schaden würde. Wenn z. B. auf den Eintritt in die nächste Phase immer solange gewartet würde, bis auch das letzte Dokument vollständig vorliegt, könnte das den Projektfortschritt erheblich verzögern. Hier sollte geprüft werden, ob die Zwischenergebnisse wirklich vollständig verfügbar seien müssten, oder ob man trotzdem in die darauf folgende Phase übergehen könnte.

Als einen weiteren Einwand gegen Phasenmodelle führt Schelle die möglicherweise erschwerte Annahme von Verbesserungsvorschlägen für bereits angenommene Teilprojekte auf. Häufig sei dies allerdings gewollt, um ein Ausufern von Änderungen zu vermeiden. Als Alternative würde insbesondere bei Softwareentwicklungsprojekten inkrementelles Vorgehen propagiert⁵⁵. Dies bedeutet, dass „ein Produkt in mehreren Durchläufen einer Entwicklungsspirale⁵⁶“ vervollständigt würde. Da hier allerdings auch mehrere iterative Zyklen vorliegen, müsste man auch hier mit überprüfbarer Meilensteinergebnissen arbeiten, so würde dann auch hier ein Vorgehensmodell vorliegen.⁵⁷

⁵⁴ Vgl. Schelle 2007 S. 217

⁵⁵ Ebenda S. 218 ff.

⁵⁶ Vgl. Heinemann, Heidi in Heilmann, Etzel, Richter: IT-Projektmanagement; Fallstricke und Erfolgsfaktoren, Erfahrungsberichte aus der Praxis, Heidelberg 2003, S. 7

⁵⁷ Vgl. Schelle 2007 S. 221

3.4.2 Definition und Formulierung der Projektziele

3.4.2.1 Gründe der Zieldefinition

Als Voraussetzung für einen erfolgreichen Projektablauf sieht Landau, die klare Zielfindung zu Beginn des Projektes.⁵⁸ Laut Groth wird dieser Schritt häufig vernachlässigt, und auch unterbewertet. Dabei würden bei der Fixierung von Projektzielen gleich am Anfang die entscheidenden Weichen gestellt. Hier begangene Fehler könnten kaum korrigiert werden und könnten katastrophale Auswirkungen haben.⁵⁹

Als Ursache für die Missachtung der Wichtigkeit von einer klaren Zieldefinition bezeichnet Litke, den oft unklaren Weg zur Zielerreichung bzw. der Unsicherheit, bestimmte Ziele jemals zu verwirklichen. Dies würde dann dazu verleiten, Projektziele nur unvollständig zu ermitteln und festzulegen.⁶⁰ Schelle nennt zusätzlich noch das Scheuen des Aufwandes, der damit verbunden ist, eine klare Projektdefinition zu ermitteln. So möchte man möglichst bald mit der Realisierung beginnen und rasch Ergebnisse sehen, und schließt die Definitionsphase deshalb zu schnell ab.⁶¹ Des Weiteren fordert Litke die Festlegung von klaren eindeutigen Zielen, da dies einer Förderung der Kreativität und der Motivation zu gute kommen würde⁶². Zudem ist eine von allen Beteiligten akzeptierte Projektvereinbarung die optimale Basis einer guten Zusammenarbeit.⁶³

3.4.2.2 Unterscheidungskriterien und Prioritätssetzungen von Projektzielen

In Projekten kann man laut Schelle zwischen Ergebnis- und Prozesszielen sowie quantitativen und qualitativen Zielen unterscheiden. Als Beispiele führt er folgende Ziele auf:

- Quantitatives Ergebnisziel: Entwicklung einer Maschine, deren Ausstoß pro Stunde um x% höher liegt als der Ausstoß des Vorgängermodells
- Qualitatives Ergebnisziel: Verbesserung der Arbeitsbedingungen des Bedienungspersonals der Maschine
- Quantitatives Prozessziel: Entwicklung der Maschine innerhalb von 12 Monaten zu Entwicklungskosten von maximal 1 Mio. Euro
- Qualitatives Prozessziel: Besserer Qualifizierung der Entwicklungsmannschaft während des Projektes

⁵⁸ Vgl. Landau, Kurt; Hellwig, Reimar: Einführung in das Projektmanagement; für Ingenieure, Stuttgart 2005, S. 7

⁵⁹ Vgl. Groth, Rainer: Projektmanagement in Mittelbetrieben; Planung und Durchführung von einmalig großer Vorhaben, Köln 1983, S. 89

⁶⁰ Vgl. Litke 2007 S. 33

⁶¹ Vgl. Schelle 2007 S. 83

⁶² Vgl. Litke 2007 S. 33

⁶³ Vgl. Hansel, Lomnitz 2000 S. 27

Ein weiteres Unterscheidungskriterium ist die Priorität der Ziele. So können MUSS-Ziele, die unbedingt erreicht werden müssen, auch wenn dies z.B. mit höheren Kosten oder längerer Projektdauer erkauft wird und andererseits KANN-Ziele, die nicht notwendig im vollen Umfang zu verwirklichen sind und bei denen man z.B. unter Zeitdruck Abstriche machen kann, formuliert werden.⁶⁴

Ungeachtet der MUSS- und KANN-Ziele werden, wenn einzelne Ziele in Konkurrenz zueinander stehen weitere Prioritätensetzungen notwendig. Sneed versucht dies anhand der Theorie des Teufelquadrats zu verdeutlichen. Dieses Gedankenmodell geht davon aus, dass ein Projekt mit vier Parametern einer quadratischen Gleichung beschrieben werden kann. Siehe Abbildung 4. Diese vier Parameter benennt Sneed als Qualität, Umfang, Dauer und Kosten. Die Parameter bilden ein Viereck welches als Produktivität des Projektes bezeichnet wird. Diese Produktivität (schraffierte Fläche) ist zu einem Zeitpunkt stets eine Konstante. Vergrößern kann man sie nur allmählich durch eine Verbesserung der Produktionsfaktoren⁶⁵ wie zum Beispiel durch Mitarbeiter Schulungen.

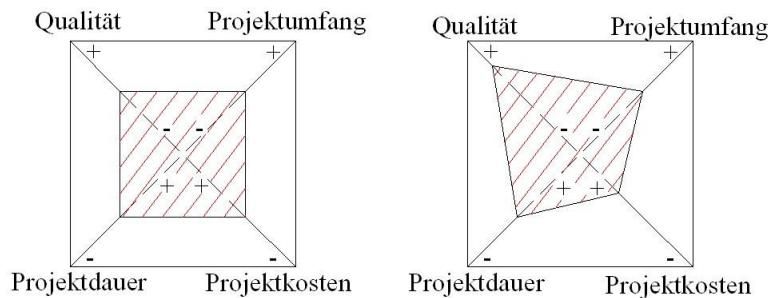


Abbildung 4: Das Teufelsquadrat⁶⁶

Muss ein Projekt zu einem fixen Zeitpunkt fertig gestellt sein, und der Projektumfang ist vorgegeben, kann man ein Projektziel welches höhere Qualität betrifft nur umsetzen, wenn man dadurch höhere Projektkosten in Kauf nimmt. Die Abhängigkeit zwischen den einzelnen Parametern betrifft allerdings nur einen bestimmten projektspezifischen Bereich. Besonderes die Abhängigkeit der Parameter Zeit und Kosten, verhalten sich nicht immer nach diesem Modell, da hier teilweise *kongruente* Abhängigkeiten bestehen können. Veranschaulicht wird dies zum Beispiel bei der Miete für einen Baukran.

⁶⁴ Vgl. Schelle 2007 S. 84 ff.

⁶⁵ Vgl. Sneed, Harry: Software Management, Köln 1987, S. 41 ff.

⁶⁶ In Anlehnung an: Sneed 1987 S. 42

3.4.2.3 Zielformulierungen und Zielfindungsprozess

Die Zielformulierung soll nach Litke Zielvorstellungen bereinigen, systematisch strukturieren, auf Vollständigkeit prüfen, ergänzen und in einer verbindlichen Form festlegen.⁶⁷ Dabei sollten folgende Regeln beachtet werden.

1. Die Zielformulierung sollte keine möglichen Lösungen beinhalten. Dadurch wächst die Chance, dass bei der Lösungserarbeitung auch andere Ideen auftauchen, die sonst durch die Restriktion ausgeschlossen wären. Als negatives Beispiel wird folgende Zielvereinbarung von Schelle aufgeführt: Gewichtersparnis einer Apparatur um 10% durch die Verwendung von Leichtmetall und die Reduzierung der Wandstärken.⁶⁸
2. Die Zielerreichung muss eindeutig feststellbar bzw. messbar sein.
3. Ziele sollten nicht zu komplex sein.⁶⁹
4. Eine Zielformulierung muss nicht ausschließlich erwünschte Wirkungen beinhalten. Sie kann auch ebenso unerwünschte Wirkungen vermeiden⁷⁰ wie z.B. das Ziel einer arbeitsunfallfreien Baustelle.
5. Ziele sollten realistisch sein, sodass sie zwar fordern, aber nicht demotivieren
6. Einmal gesetzte Ziele sollten auch während des Projektes immer wieder daraufhin überprüft werden, ob sie weiterverfolgt oder verändert werden sollten. Dies sollte besonders zu bestimmten Meilensteinen im Projekt geschehen. So müssen z. B. einmal gesetzte Ergebnisziele eines Entwicklungsprojektes revidiert werden, wenn die Konkurrenz in der Zwischenzeit ein Produkt auf den Markt gebracht hat, welches dem eigenen erheblich überlegen ist.⁷¹
7. Ziele müssen mit den Plänen, Richtlinien und Verfahrensweisen des Unternehmens übereinstimmen⁷²

⁶⁷ Vgl. Litke 2007 S. 34

⁶⁸ Vgl. Schelle 2007 S. 87

⁶⁹ Vgl. Kerzner 2003 S. 251

⁷⁰ Vgl. Litke 2007 S. 34

⁷¹ Vgl. Schelle 2007 S. 83

⁷² Vgl. Kerzner 2003, S. 252

Bei dem Zielfindungsprozess können einmal mehr oder weniger intuitive Zielvorstellungen gesammelt werden z. B. durch Brainstorming oder es können aus einem globalen Oberziel systematisch weitere Unterziele abgeleitet werden.⁷³ In diesen Zielbaum können dann unsystematisch gesammelte Ziele eingefügt werden. Die so entstehende Zielhierarchie ermöglicht einen besseren Überblick, und erreicht das Doppelspurigkeiten und Widersprüche leichter zu bereinigen sind. Zudem wird gleichzeitig Vorarbeit im Hinblick auf eine spätere Bewertung geleistet.⁷⁴ Eine derartige Zielhierarchie ist in Abbildung 5 dargestellt.

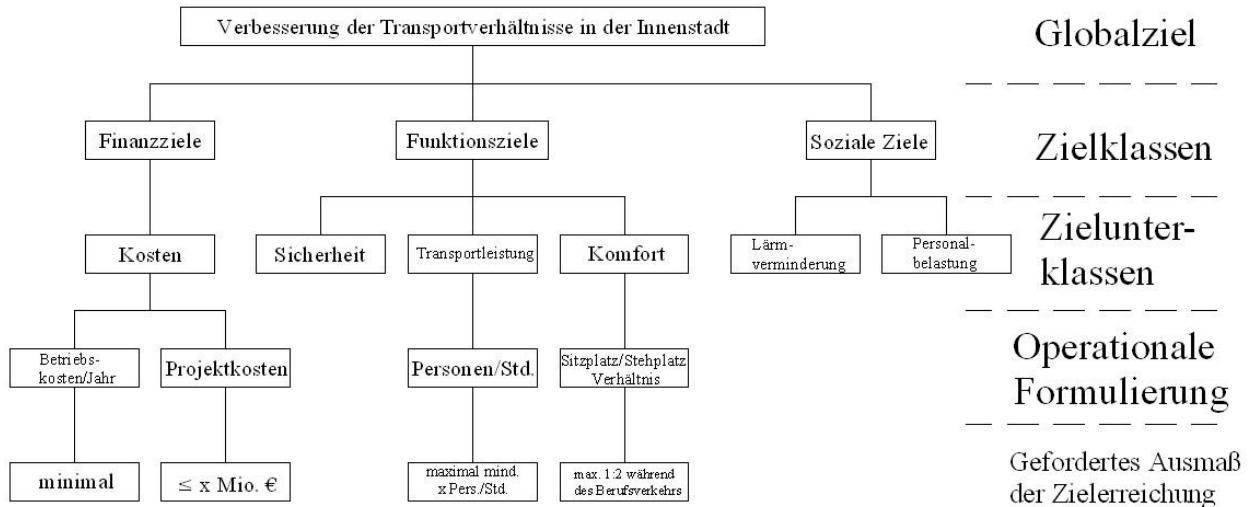


Abbildung 5: Beispiel einer Zielhierarchie⁷⁵

⁷³ Vgl. Schelle 2007 S. 87

⁷⁴ Vgl. Litke 2007 S. 35

⁷⁵ In Anlehnung an: Schelle 2007 S. 89

3.4.3 Strukturierung der Projektaufgaben

3.4.3.1 Gliederung der Aktivitäten

Die Planung beginnt mit der Ermittlung sämtlicher zukünftiger Aktivitäten, die zur Erreichung der Projektziele dienen. Hierbei ist es wesentlich die richtigen und wichtigen Aktivitäten zu erkennen, nicht die Aufgaben richtig anzugehen.⁷⁶

Um festzulegen, was in einem Projekt zu tun ist, bietet sich ein Projektstrukturplan (PSP) als einfaches Instrument an. Hier wird eine hierarchische Zerlegung des Projektes in Teilprojekte (Teilaufgaben) sowie Arbeitspakete vorgenommen. Arbeitspakete bilden in jedem Zweig eines Projektstrukturplans die niedrigste hierarchische Position. Sie sind Aufgaben, in einem Projekt, die an eine Organisationseinheit delegiert werden, und von dieser zu erfüllen sind.⁷⁷ Arbeitspakete werden laut DIN 69901-5 im Projektstrukturplan nicht weiter aufgegliedert, und können auf einer beliebigen Gliederungsebene liegen.⁷⁸

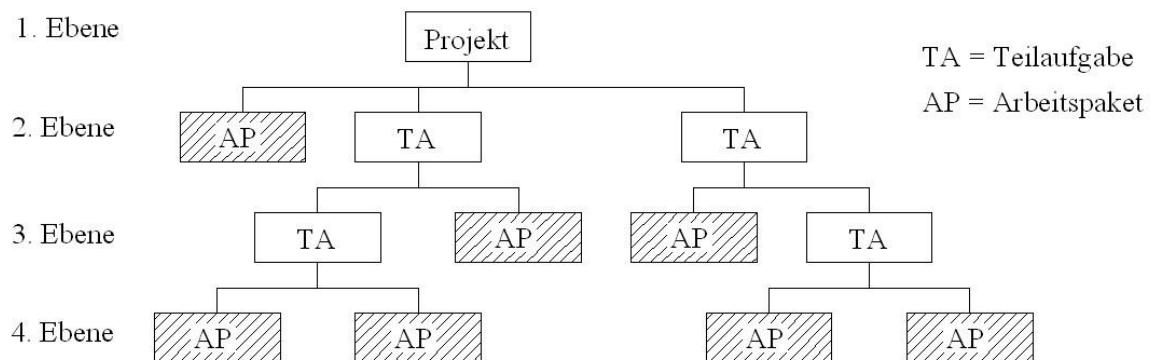


Abbildung 6: Projektstrukturplan mit Gliederungsebenen⁷⁹

3.4.3.2 Gliederungsprinzipien

Die Gliederung eines PSP sollte soweit wie möglich der natürlichen Gliederung eines Systems entsprechen.⁸⁰ Als Gliederungsprinzipien werden nach Schelle im Allgemeinen die objekt- oder die funktionsorientierte Gliederung angewendet.⁸¹

⁷⁶ Vgl. Platz, Jochen; Schmelzer, Hermann: Projektmanagement in der industriellen Forschung und Entwicklung; Einführung anhand von Beispielen aus der Informationstechnik, Berlin Heidelberg 1986, S.131

⁷⁷ Vgl. Litke 2007 S. 91

⁷⁸ Vgl. DIN: DIN 69901-5 2009 S. 7

⁷⁹ In Anlehnung an: DIN:DIN 69901 Projektwirtschaft – Projektmanagement – Begriffe, Berlin 1987, S. 2
 (Wurde 2009 ersetzt durch DIN 69901-5:2009-1)

⁸⁰ Vgl. Madauss 1994 S. 191

Der objektorientierte PSP zerlegt das Projekt in einzelne Gegenstände, die es zu erstellen gilt. Er ist vorteilhaft, wenn das Projekt mit dem zu erstellenden Gegenstand weitgehend identisch ist, z.B. Hausbau, Anlagenbau oder Softwareprogrammierung.⁸²

Der funktionsorientierte PSP zerlegt das Projekt in einzelne Verrichtungen, die durchgeführt werden müssen. Er bringt Vorteile, wenn das Projekt weitgehend immaterielle Aspekte aufweist, z. B. Erschließung von Beschaffungsmärkten oder die Markteinführung eines Produktes.⁸³

In der Praxis gibt es laut Schelle, in der Regel nur Projektstrukturpläne in denen beide Gliederungsprinzipien angewendet werden. So würden auf gleicher Ebene sowohl Objektgliederung als auch Funktionsgliederung vorkommen, und das Gliederungsprinzip würde von Ebene zu Ebene wechseln.⁸⁴ (Beispiel in Abbildung 7 ersichtlich)

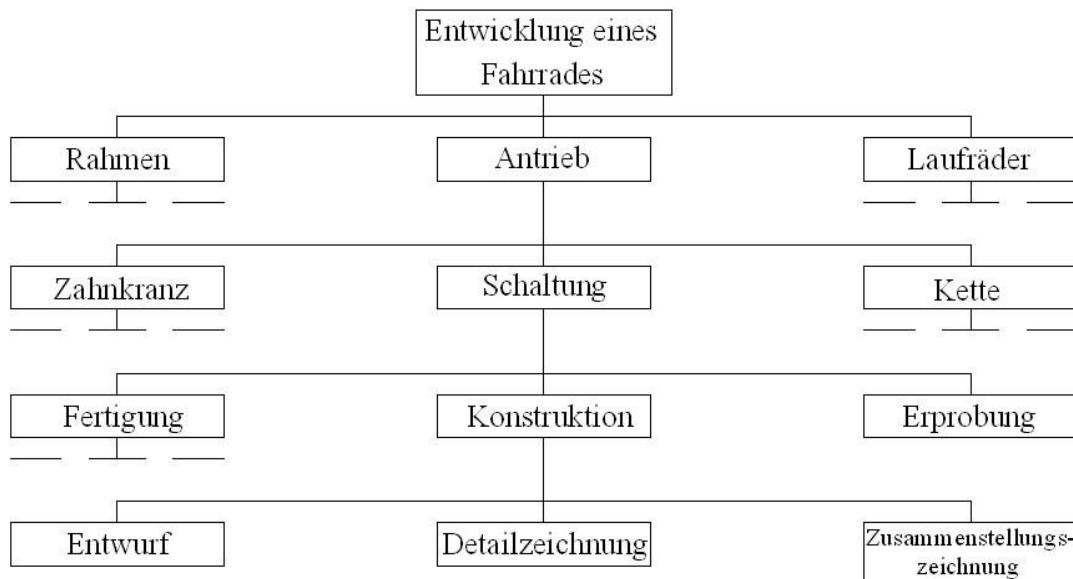


Abbildung 7: Gemischtorientierter Projektstrukturplan⁸⁵

Um die Gliederung durchzuführen, gibt es nach Schelle zwei Möglichkeiten. Einmal sollte man bei Vorhaben die für die durchzuführende Institution neuartig sind mit Hilfe einer Art Brainstorming Aufgaben sammeln, sie zu Arbeitspaketen bündeln diese wiederum weiter bis hin zur Projektebene verdichten (Bottom-up-Ansatz).

Bei der anderen Variante beginnt man auf der Ebene unter dem Projekt mit der Aufgliederung und verfeinert die Aufgabenstruktur immer weiter nach unten, bis man in jedem

⁸¹ Vgl. Schelle 2007 S. 118

⁸² Vgl. Litke 2007 S. 92

⁸³ Vgl. Litke 2007 S. 92

⁸⁴ Vgl. Schelle 2007 S. 120

Zweig des Projektstrukturplans bei den Arbeitspaketen angelangt ist (Top-down-Ansatz). Ein solches Vorgehen wird gewählt, wenn die Institution schon in der Vergangenheit ähnliche Projekte durchgeführt hat.⁸⁶

Schelle weist zudem darauf hin, dass bei der Erstellung eines praktikablen Projektstrukturplans gewisse Regeln einzuhalten sind.

„- Für jedes Arbeitspaket sollte es einen und nur einen Verantwortlichen geben.

- Ein Arbeitspaket sollte eindeutig einer Projektphase zugeordnet sein. Arbeitspakte, wie z.B. die Terminplanung und -kontrolle, die sich über die gesamte Projekt-dauer hinziehen, sind dabei eine Ausnahme.*
- Aufgaben, die nach außen vergeben werden, sind als eigene Teilaufgaben bzw. Arbeitspakte auszuweisen.*
- Für jedes Element des Projektstrukturplans sollte die Formulierung einer klaren Spezifikation möglich sein. Die Leistung, die durch ein Arbeitspaket erbracht wird, muss von der anderer Arbeitspakte eindeutig abgrenzbar sein. Nur so sind zuverlässige Aussagen über den Projektfortschritt möglich.*
- Die für das Arbeitspaket geplante Zeit sollte verglichen mit der Projektdauer nicht zu groß sein, da sonst die Gefahr besteht, dass Terminverzug zu spät erkannt wird und keine wirksamen Maßnahmen der Gegensteuerung mehr möglich sind.(...)*
- Der Kostenplanwert für ein Arbeitspaket darf nicht zu klein sein, weil sonst die projektbegleitende Kostenkontrolle sehr schwerfällig wird. Andererseits vermindert eine zu geringe Detaillierung den Aussagewert der Abweichungsanalyse und erschwert die Kostensteuerung. Reschke und Svoboda⁸⁷ nennen als Richtwert für die Größe eines Arbeitspaketes einen Kostenanteil von 1% bis 5% der Gesamtkosten eines Vorhabens.“⁸⁸*

⁸⁵ In Anlehnung an: Litke 2007 S. 93

⁸⁶ Vgl. Schelle 2007 S. 121 ff.

⁸⁷ Vgl. Reschke, Hasso; Svoboda, Michael: Projektmanagement; Konzeptionelle Grundlagen, München 1984, S.17

⁸⁸ Schelle 2007 S. 125 ff.

3.4.3.3 Standardisierte Projektstrukturpläne

Da die Erstellung von Projektstrukturplänen eine mühselige und komplexe Angelegenheit ist, sollte eine Institution, in der oft ähnlich Projekte durchgeführt werden, es in Betracht ziehen, einen Standardprojektstrukturplan für bestimmte Klassen von Projekten zu erarbeiten. Im Einzelfall muss dieser dann nur noch modifiziert werden. Hier ist es nach Litke möglich, dass der standardisierte PSP auf ein komplexes Projekt ausgelegt ist, der durch Wegstreichen nicht in Frage kommender Teilaufgaben und Arbeitspakete jeweils auf die Belange des konkreten Projektes reduziert wird (Schubladenplan).⁸⁹ So ist es möglich, die Projektplanung erheblich zu rationalisieren.

Derartige Standartpläne bieten eine Reihe von Vorteilen: So gewähren sie eine gewisse Einheitlichkeit, welche Projektvergleiche einfacher macht und sie dienen als Checkliste, und stellen so sicher, dass keine wesentlichen Aufgaben vergessen werden.⁹⁰

⁸⁹ Vgl. Litke 2007 S. 97

⁹⁰ Vgl. Schelle 2007 S. 123 ff.

3.4.4 Strukturierung des Projektablaufes

3.4.4.1 Termin- und Ablaufplanung

Die Verwirklichung umfangreicher Projekte erfordert ein hohes Maß an präziser Planung und Koordination. So ist es laut Groh und Gutsch notwendig, termingerecht Kapazitäten verfügbar zu machen, Geldmittel bereitzustellen sowie Termine festzulegen. Hierzu muss das für komplexe Projekte typische Neben- und Nacheinander vieler Einzelvorgänge, die auf vielfacher Art voneinander abhängig sind, beherrscht werden.⁹¹

Die Erstellung der Termin- und Ablaufpläne ist nach Madauss in Anlehnung an den Projektstrukturplan auf Basis der Arbeitspaketsbeschreibung vorzunehmen.⁹² Um die Ablaufstruktur zu erstellen, müssen laut Litke die Arbeitspakete in Tätigkeitsfolgen und -abhängigkeiten aufgegliedert werden. Hierzu sollte die Analyse der Tätigkeitsverknüpfungen in Zusammenhang mit den Fachabteilungen erfolgen, zumal diese später für die Einhaltung des festgelegten Ablaufes verantwortlich sind.⁹³

Als Instrumente für die Termin- und Ablaufplanung bieten sich die Netzplantechnik sowie Balkenpläne (Gantt-Diagramme) an. Madauss erwähnt, dass die Planung von Großprojekten in der Regel nicht auf einer einzigen Planungsmethode basiert, sondern für unterschiedliche Empfänger, sowie in den verschiedenen Planungsstadien unterschiedliche Planungsmethoden zum Einsatz kommen könnten. So würde der Geschäftsleitung oder dem Auftraggeber meist ein grobes Balkendiagramm mit Meilensteininformationen ausreichen, um grob über das Projekt Bescheid zu wissen. Für die beteiligten Projekt- und Fachbereiche sollten dagegen sehr detaillierte Balkendiagramme und/oder Netzpläne erstellt werden, aus denen sich der Zusammenhang der Projektablaufe im Einzelnen ableiten lässt. Allgemein ließe sich hierzu sagen, dass die Auswahl der Planungsmethoden sowohl von der Größe und Komplexität des Projektes, als auch von der Erfahrung des Planers abhängen würde.⁹⁴

⁹¹ Vgl. Groh, Helmut; Gutsch, Roland: Netzplantechnik; Eine Anleitung zum Projektmanagement für Studium und Praxis, Düsseldorf 1982, S. 3

⁹² Vgl. Madauss 1994 S. 202

⁹³ Vgl. Litke 2007 S. 98

⁹⁴ Vgl. Madauss 1994 S. 203 ff.

3.4.4.2 Der Balkenplan

Das am meist eingesetzte Planungsinstrument, um Projektabläufe in ihrem zeitlichen Ablauf darzustellen, ist das nach Henry Laurence Gantt benannte Balken- oder Gantt-Diagramm. Mit Balkenplänen lassen sich laut Kerzner Abläufe oder Ereignisse auf einer Zeit- oder Kostenskala abbilden.⁹⁵

Um eine Ablaufplanung mit einem Balkendiagramm darzustellen werden über eine Zeitachse die einzelnen Vorgänge aufgetragen, wobei die Zeitdauer der Vorgänge in dieser Zeitachse als Balken eingetragen wird.

In der Darstellung gibt es laut Litke eine Vielzahl von Variationen, es kann beispielsweise der Bearbeitungsgrad am Balken vermerkt werden, und/oder das Ablaufdiagramm kann mit wichtigen Meilensteinen kombiniert werden. Des Weiteren ist es im geringen Maße möglich, die Verknüpfungen der einzelnen Vorgänge untereinander kenntlich zu machen.⁹⁶

Madauss erwähnt als Vorteil, dass der Balkenplan von ungeschulten Mitarbeitern ohne große Vorkenntnisse sofort verstanden wird und deshalb eine große Akzeptanz erfährt; jeder Mitarbeiter ist selbst in der Lage, einen einfachen Balkenplan ohne große Einweisung anzufertigen. Sollte allerdings der Balkenplan von Projektmitarbeitern, die nicht über große Planungserfahrung verfügen, erstellt werden, kann dies leicht zu Planungsnachlässigkeiten führen. In diesem Falle wäre es äußerst wichtig, den Balkenplan durch detaillierte Pläne zu untermauern. Durch schnell und nicht im Detail erstellte Balkenpläne könnten wichtige Einzelheiten übergangen werden, was zur Folge hat, dass illusionäre Termin und Ablaufpläne entstehen. Als weiteres Manko sieht Madauss im Fehlen einer präzisen Ablauflogik.⁹⁷

Das Fehlen der präzisen Ablauflogik versuchen Groh und Gutsch an Hand von dem Projekt 'Bau eines kleinen Wohnhauses' zu verdeutlichen. Hier werfen sie die Frage auf, welche Folgen eintreten würden, wenn sich Dachdeckerarbeiten wesentlich verzögert werden würden?

⁹⁵ Vgl. Kerzner 2003 S. 442

⁹⁶ Vgl. Litke 2007 S. 102

⁹⁷ Vgl. Madauss 1994 S. 204 ff.

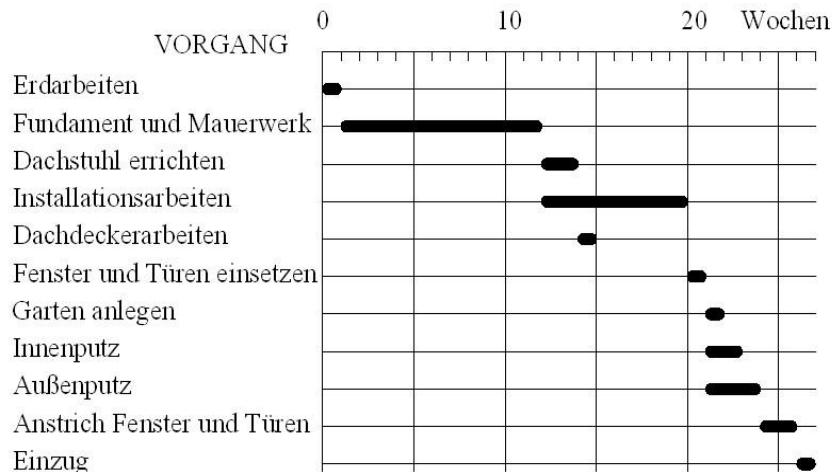


Abbildung 8: Beispiel eines Balkenplans⁹⁸

Da man Türen nur ungern der Nässe aussetzt, wird man folgern, dass sich die Verzögerung der Dacharbeiten nicht über fünf Wochen hinausgehen darf, wenn nicht auch das Einsetzen der Türen verzögert werden soll. Allerdings weist der Balkenplan diese Abhängigkeit nicht aus. Es bleibt unklar, welche Vorgänge Voraussetzung eines anderen Vorganges sind.⁹⁹

3.4.4.3 Der Netzplan

Da in Projekten vorrangig Tätigkeiten voneinander abhängen und mit Zeitaufwand verbunden sind, sieht Litke den Netzplan als zweckmäßigste Art zur Darstellungen solcher Verknüpfungen und zur Bestimmung von Terminen.¹⁰⁰

Der Netzplan wird aus dem Projektstrukturplan entwickelt, indem die einzelnen Arbeitspakete die Vorgänge im Netzplan bilden. Gegebenenfalls kann man die Arbeitspakete noch in einzelne Vorgänge zerlegen¹⁰¹. Bei der Ermittlung der Vorgänge ist es nach Groh und Gutsch sinnvoll, sich einer Vorgangstabelle zu bedienen, in der auch die Arbeitspakete aus denen die Vorgänge resultieren aufgeführt werden. Zusätzlich kann eine derartige Liste auch Abhängigkeiten der einzelnen Vorgänge untereinander, sowie die einzelnen, gegebenenfalls geschätzten Dauern der Vorgänge enthalten.¹⁰² Zur Dauer-

⁹⁸ In Anlehnung an: Groh, Gutsch 1982 S. 6

⁹⁹ Vgl. Groh, Gutsch 1982 S. 6

¹⁰⁰ Vgl. Litke 2007 S. 104

¹⁰¹ Vgl. Schelle 2007 S. 128

¹⁰² Vgl. Groh, Gutsch 1982 S. 13 ff.

schätzung sollten die für die Ausführung der Vorgänge Verantwortlichen zumindest in Form einer Stellungnahme gehört werden, da die Genauigkeit der Schätzung die gesamte Zeitplanung bestimmt.¹⁰³ Anschließend werden die Vorgänge, die zeitlich nacheinander oder parallel verlaufen, in ihre Beziehungen zueinander so dargestellt, dass sich aus den einzelnen Aufgabenbündeln so genannte Teilnetze ergeben. Nach diesem analytischen Vorgehen, werden die einzelnen Teilnetze zu einem Gesamt Netzplan zusammengeführt.¹⁰⁴ Dieser hohe Planungsaufwand, den die Netzplantechnik erfordert, ist vor allem bei kleinen Vorhaben häufig nicht erforderlich.¹⁰⁵

Als Vorteile werden von Schelle aufgeführt, dass mit der Netzplantechnik realistische End- und Zwischentermine ermittelt werden, sowie rechtzeitig drohende Terminverschiebungen erkannt werden können. Zusätzlich lässt diese Planungstechnik zu, dass man zeitkritische Vorgänge auch innerhalb von komplizierten Abhängigkeiten erkennt. Des Weiteren zwingt die Netzplantechnik in der Planungsphase zum genauen Durchdenken des Projektablaufes, und ist somit ein hervorragendes Koordinations- und Kommunikationsinstrument.¹⁰⁶

Es existieren verschiedene Netzplantechnik-Verfahren, die sich vor allem in der Darstellungsart unterscheiden. Einmal die Vorgangspfeilnetzplantechnik, die Vorgangsknotennetzplantechnik sowie die Ereignisknotennetzplantechnik.

In Vorgangspfeilnetzplänen (Abbildung 9) wird jedem Vorgang eines Projektes einen Pfeil zugewiesen (Critical Path Method). Den Ereignissen entsprechen bei einem Vorgangspfeilnetzwerk die Knoten des Netzplans.¹⁰⁷

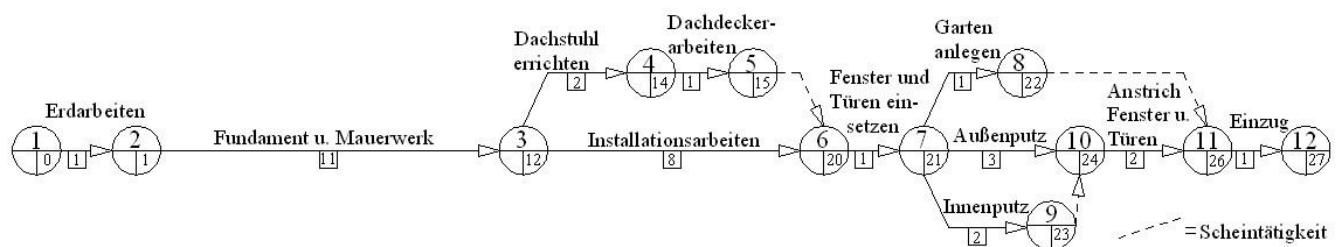


Abbildung 9: Beispiel eines Vorgangspfeilnetzplans¹⁰⁸

¹⁰³ Vgl. Groh, Gutsch 1982 S. 20

¹⁰⁴ Vgl. Litke 2007 S. 105

¹⁰⁵ Vgl. Schelle 2007 S. 131

¹⁰⁶ Vgl. Schelle 2007 S. 131

¹⁰⁷ Vgl. Neumann, Klaus, Morlock Martin: Operations Research, München 2002, S. 230

¹⁰⁸ In Anlehnung an: Martino 1964 S. 80

In Abbildung 10 ist die Vorgangsknotennetzplantechnik (Metra Potential Methode) dargestellt, hier wird jedem Vorgang des Projektes ein Knoten zugeordnet, während die Anordnungsbeziehungen durch Pfeile wiedergegeben werden. Den Ereignissen entsprechen bei einem Vorgangsknotennetz keine Elemente des Netzplans.¹⁰⁹

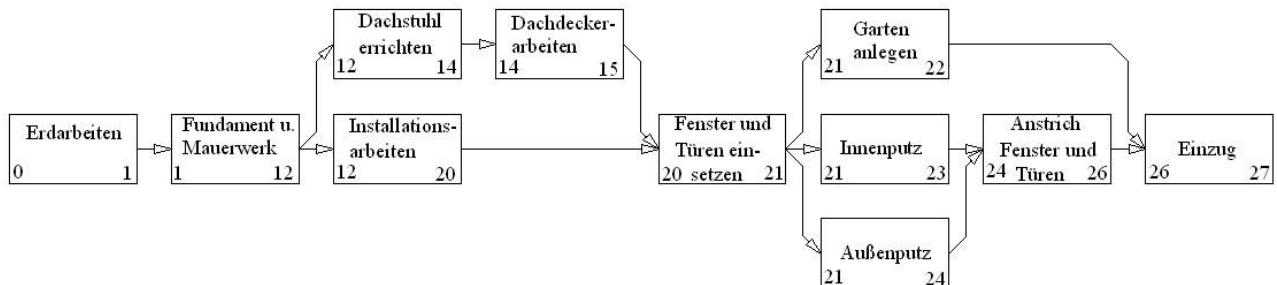


Abbildung 10: Beispiel eines Vorgangsknotennetzplans¹¹⁰

Eine weitere Netzplanmethode wird bei den Ereignisknotennetzen angewendet. Hier werden die Vorgänge ähnlich wie in Vorgangspfeilnetzwerken von Pfeilen symbolisiert.¹¹¹ Die Ereignisknotennetzplantechnik entstand aus der PERT-Methode (Program Evaluation and Review Technique) und wurde ursprünglich mit Wahrscheinlichkeitssvorgaben über den Zeitabstand zwischen Vor- und Nachergebnis kombiniert. Die stochastische Netzplanung hat laut Groh und Gutsch in der Praxis wenig Bedeutung erlangt; allenfalls sei sie bei Projekten sehr hoher Innovation und auch nur da in der Konzeptionsphase sinnvoll.¹¹²

¹⁰⁹ Vgl. Neumann, Morlock 2002, S. 230

¹¹⁰ In Anlehnung an: Groh und Gutsch 1982 S. 7

¹¹¹ Vgl. Neumann, Morlock 2002 S. 366

¹¹² Vgl. Groh, Gutsch 1982 S. 39

3.4.4.4 Vorgangsknotennetze

In der Bundesrepublik wird laut Schelle, fast ausschließlich die Vorgangsknotennetztechnik verwendet¹¹³, während international wohl die Vorgangspfeilnetztechnik weiter verbreitet ist.¹¹⁴ Die Vorgangsknotennetze (VKN) bieten nach Schmitz gegenüber den anderen Methoden die Vorteile, dass alle Informationen über einen Vorgang in einem Knoten enthalten sind, sowie die Netzplanänderung einfacher ist, da bei Änderungen der Logik nur die Pfeile korrigiert werden müssen. Zusätzlich ermöglichen VKN mehrere Anordnungsprinzipien der einzelnen Vorgänge, so lassen sich z.B. Überlappungen darstellen.¹¹⁵ Weiterhin sind nicht, wie bei den Vorgangspfeilnetzen Scheintätigkeiten notwendig, die bei Vorgangspfeilnetzwerken eingebaut werden müssen, da hier zwei Vorgänge nicht denselben Anfangs- und Endknoten haben dürfen.¹¹⁶

Als Nachteile führt Schmitz auf, dass im Vorgangsknotennetz keine Ereignisse mehr erkennbar sind, und der Netzplan nicht mehr mit einer Zeitachse kombiniert werden kann.¹¹⁷

3.4.4.5 Vorgänge in Vorgangsknotennetzen

Ein Vorgang ist nach DIN 69900 definiert als ein Ablaulement zur Beschreibung eines bestimmten Geschehens mit definiertem Anfang und Ende.¹¹⁸

Vorgangs-Nummer			143		
Vorgangsbennnung bzw. beschreibung			Verlegung der DC-Kabel		
frühester/ spätester Anfangszeitpunkt	Dauer gesamte Pufferzeit	frühester/ spätester Endzeitpunkt	30	5 Tage	35
			34	4 Tage	39

Abbildung 11: Vorgangsknoten eines Vorgangsknotennetplans¹¹⁹ sowie Beispiel eines Vorgangsknotens

¹¹³ Vgl. Schelle 2007 S. 131

¹¹⁴ Vgl. Madauss 1994 S. 209

¹¹⁵ Vgl. Schmitz, Heiner: Projektplanung und Projektcontrolling; Planung und Überwachung von besonderen Vorhaben, Düsseldorf 1986, S. 66.

¹¹⁶ Vgl. Groh, Gutsch 1982 S. 17

¹¹⁷ Vgl. Schmitz 1986 S. 67.

¹¹⁸ Vgl. DIN: DIN 69900 Projektmanagement – Netzplantechnik; Beschreibung und Begriffe, Berlin 2009, S. 15

Der frühestmögliche Anfangszeitpunkt (FAZ) und der frühestmögliche Endzeitpunkt (FEZ) der Vorgänge werden über die Vorwärtsrechnung ermittelt. So kann mit dem Vorgang 1 frühestens zum Zeitpunkt 0 begonnen werden. Aus einer geplanten Dauer von 12 Zeiteinheiten, addiert sich ein FEZ von 12 (Siehe Abbildung 12). Dies ist gleichzeitig der FAZ seines bzw. seiner unmittelbaren Nachfolger (Vorgang 2 und Vorgang 3). Bei Vorgängen deren Beginn von dem Abschluss mehrerer Vorgänge abhängig ist (im Beispiel Vorgang 4), bestimmt der größte FEZ der Vorgängervorgänge (hier der des Vorgangs 3) den FAZ des Folgevorgangs. In der Rückwärtsrechnung, wird davon ausgegangen, dass ein spätester Endzeitpunkt (SEZ) des projektabschließenden Vorgangs vorgegeben ist. Diese Vorgabe könnte aus dem FEZ des Zielvorgangs, der über die Vorwärtsrechnung ermittelt worden ist, resultieren. Aus dieser Vorgabe wird nun die Dauer des Vorganges subtrahiert, und man erhält den spätmöglichsten Anfangszeitpunkt (SAZ) des Vorganges. Dieser Zeitpunkt ist gleichzeitig auch der spätmöglichste Endzeitpunkt der unmittelbaren Vorgängervorgänge.¹²⁰

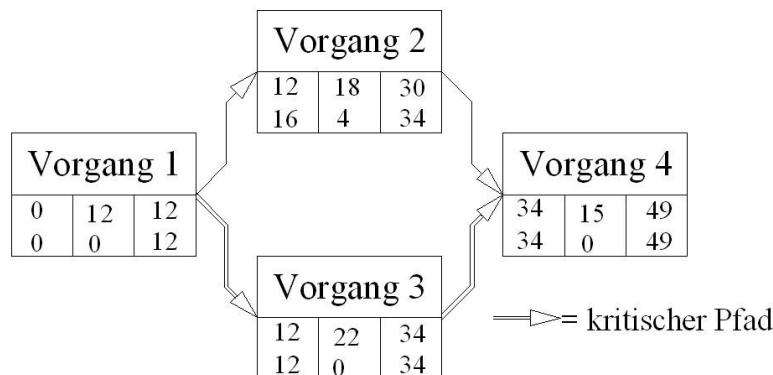


Abbildung 12: Rechenbeispiel eines Vorgangsknotennetzplans¹²¹

Die Differenz zwischen dem frühest möglichen und spätest möglichen Beginn einer Tätigkeit wird als Pufferzeit bezeichnet. Sollte die Differenz zwischen FAZ und SAZ gleich Null sein, sprechen Groh und Gutsch von einem kritischen Vorgang.¹²² Der Weg im Netzplan, auf dem alle Pufferzeiten gleich Null sind, wird als kritischer Pfad bezeichnet.¹²³ Jede Verzögerung auf diesem Pfad hat eine Verschiebung des ursprünglich geplanten Projektendtermin zur Folge. Die Projektleitung muss auf die Vorgänge des kritischen Pfades besonders achten. Selbstverständlich können, wenn sich z.B. die geschätzte Zeitdauer ändert, auch andere Wege im Netzplan kritisch werden.¹²⁴

¹¹⁹ In Anlehnung an: DIN: DIN 69900 2009 S. 26

¹²⁰ Vgl. Groh, Gutsch 1982 S. 20 ff.

¹²¹ In Anlehnung an: Groh, Gutsch 1982 S. 22

¹²² Vgl. Groh, Gutsch 1982 S. 22

¹²³ Vgl. Schmitz 1986 S. 74.

¹²⁴ Vgl. Schelle 2007 S. 139

3.4.4.6 Anordnungsprinzipien in Vorgangsknotennetzplänen

Weiterhin werden in der DIN 69 900 die Anordnungsprinzipien definiert, mit dem man die Abhängigkeit eines Vorganges von einem anderen bestimmen kann. Dies ist einmal die Ende-Anfang-Beziehung (Normalfolge). Hier muss der Vorgängervorgang abgeschlossen sein, um mit dem nächsten Vorgang beginnen zu können. Beispielsweise muss der Vorgang „Gehäuse konstruieren“ abgeschlossen seien, dass mit dem Nachfolger „Gehäuse bauen“ angefangen werden kann. Die Normalfolge ist laut Groh und Gutsch die weitaus häufigste Abhängigkeit.¹²⁵

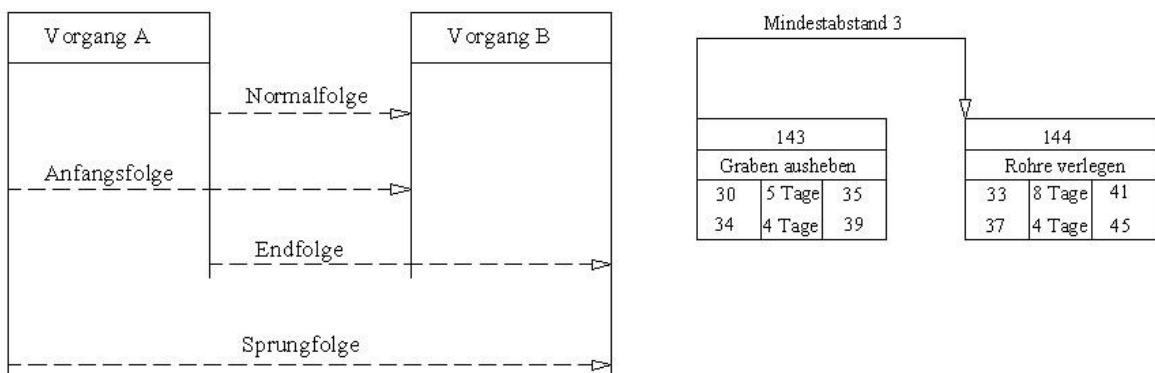


Abbildung 13: Anordnungsprinzipien bei Vorgangsknotennetzplänen sowie Beispiel einer Anfangsfolge¹²⁶

Neben der Normalfolge existieren noch die „Anfangsfolge“ (Anfang-Anfangs-Beziehung), die „Endfolge“ (Ende-Ende-Beziehung) sowie die „Sprungfolge“ (Anfang-Ende-Beziehung), diese sind in Abbildung 13 visualisiert.

In der Praxis spielt neben der Normalfolge vor allem noch die Anfangsfolge eine Rolle, da sich mit ihr Überlappungen von Vorgängen darstellen lassen.¹²⁷ Als Veranschaulichung für derartige Überlappungen bedient sich Schelle dem Beispiel vom Verlegen von Rohren in einen Graben. Hier muss nicht der komplette Graben vollständig ausgehoben sein, um mit dem verlegen der Rohre beginnen zu können, vielmehr kann damit begonnen werden, wenn nur ein Teil der Arbeiten erledigt ist.¹²⁸ Siehe Beispiel in Abbildung 13.

¹²⁵ Vgl. Groh, Gutsch 1982 S. 34

¹²⁶ In Anlehnung an: Schelle 2007 S. 133

¹²⁷ Vgl. Schelle 2007 S. 133 ff.

¹²⁸ Ebenda S. 134

3.4.4.7 Zeitverkürzung in Netzplänen

Nachdem die Terminsituation des Projektes dargelegt worden ist, lässt sich aus dem kritischen Pfad des Netzplans erkennen, ob möglicherweise Zeitdauerverkürzungen der kritischen Vorgänge zu realisieren sind.

Der eigentliche kritische Pfad sollte hierbei laut Schmitz immer zusammen mit den Pfaden betrachtet werden, die die geringste Pufferzeit aufweisen und daher als subkritisch bezeichnet werden. Nur wenn die Pufferzeiten der subkritischen Pfade möglichst gering sind, ist der Terminverlauf eines Projektes optimal. Um dies zu erreichen, kann man den Ablauf des Netzplans ändern z.B. mit Hilfe einer Überlappung oder den Zeitbedarf einzelner Vorgänge kürzen.¹²⁹

Da der Zeitbedarf eines Vorganges immer von der zur Verfügung stehenden Kapazität abhängig ist, lässt sich so durch das Bereitstellen von höheren Kapazitäten, die die kritischen Vorgänge bearbeiten, eine Zeitverkürzung realisieren. Allerdings wird die Verkürzung laut Schmitz immer durch technologische, verfahrenstechnischer oder anderer Gründe begrenzt, die eine weitere Verkürzung nicht mehr vertretbar bzw. durchführbar machen.¹³⁰

¹²⁹ Vgl. Schmitz 1986 S. 77

¹³⁰ Ebenda

3.4.5 Ressourcen- und Kapazitätsplanung

3.4.5.1 Gründe für Ressourcen- und Kapazitätsplanung

Die Ressourcen- und Kapazitätsplanung ist laut Groh und Gutsch notwendig, um die zur Durchführung eines Projektes erforderlichen Arbeitskräfte, Maschinen und Materialien bereitzustellen. Dabei sind qualitative, quantitative, zeitliche, örtliche und organisatorische Gesichtspunkte so zu beachten, so dass personelle, maschinelle und materielle Engpässe erkannt und vermieden werden.¹³¹

Des Weiteren ermöglicht eine gute Kapazitätsplanung eine nahezu optimale Auslastung der Einsatzmittel, wodurch Spitzen- und Unterbelastungen abgeschwächt werden und so unnötige Kosten vermieden werden.¹³²

Da ein enger Zusammenhang zwischen Kapazität und Kosten besteht, lässt sich als Nebenprodukt der Kapazitätsplanung auch eine relativ detaillierte Kostenaufschlüsselung durchführen. Da in Projekten Kosten wesentlich durch die Inanspruchnahme von Produktionsfaktoren entstehen und den in Geld bewerteten Verbrauch an Gütern und Diensten widerspiegeln. Kostenangaben wie Versicherungsprämien, Beratungshonorare, Reisekosten usw. finden in der Kapazitätsplanung allerdings keine Berücksichtigung, da sie die betriebliche Kapazität nicht berühren.¹³³

3.4.5.2 Vorgehensweise bei der Kapazitätsplanung

Als erster Schritt muss laut Litke definiert werden, welche Vorgänge des Ablaufplans welche Kapazitätsarten verlangen.¹³⁴ Schmitz unterscheidet hier zwischen der Kapazitätsart „Personal“ (wie Konstrukteure oder Fertigungspersonal) und der Kapazitätsart „Betriebsmittel“ (wie Maschinen oder Montagekräne).¹³⁵

Im zweiten Schritt ist für jeden Vorgang festzustellen, wie hoch der jeweilige zur Erledigung des Vorganges notwendige Kapazitätsbedarf ist. Alle einzelnen Kapazitätsanforderungen werden anschließend hochgerechnet, so dass der Gesamtkapazitätsbedarf mit der vorhandenen Kapazität verglichen werden kann.¹³⁶ Ein Beispiel dieser Gegenüberstellung findet sich in Abbildung 14. Nach Schmitz führt dieser Soll-Ist-Vergleich in der Regel zu dem Ergebnis, dass die geforderte Kapazität höher ist als die vorhandene.

¹³¹ Vgl. Groh, Gutsch 1982 97ff.

¹³² Vgl. Litke 2007 S. 107

¹³³ Vgl. Groh, Gutsch 1982 S. 99

¹³⁴ Vgl. Litke 2007 S. 108

¹³⁵ Vgl. Schmitz 1986 S. 78

¹³⁶ Vgl. Litke 2007 S. 108

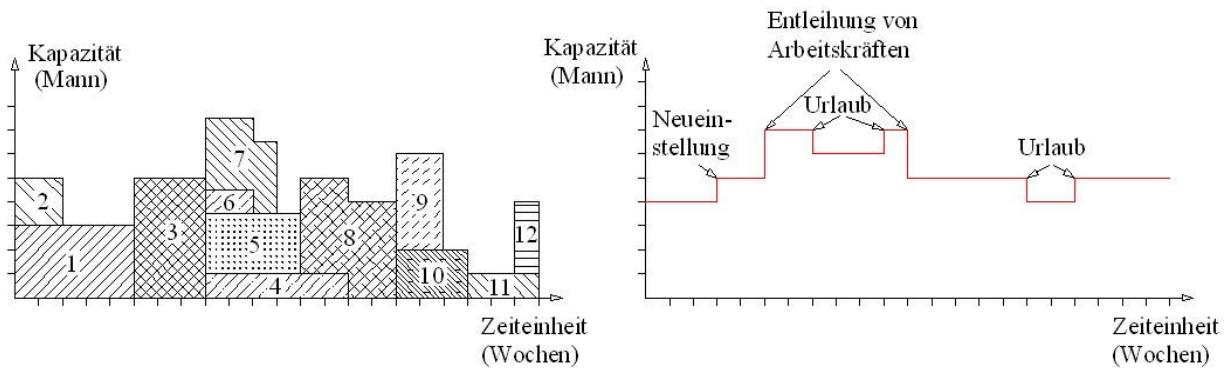


Abbildung 14: Gegenüberstellung von geforderter und vorhandener Kapazität.¹³⁷

Weiterhin führt Schmitz aus, dass verschiedene Maßnahmen einen Kapazitätsausgleich ermöglichen. Einmal sieht er Personalverschiebungen innerhalb des Unternehmens oder Neueinstellungen von Personal als sinnvolle Maßnahme an. Eine andere Möglichkeit wäre das Verschieben und/oder die Dehnung von nicht kritischen Aktivitäten innerhalb ihrer Pufferzeiten.

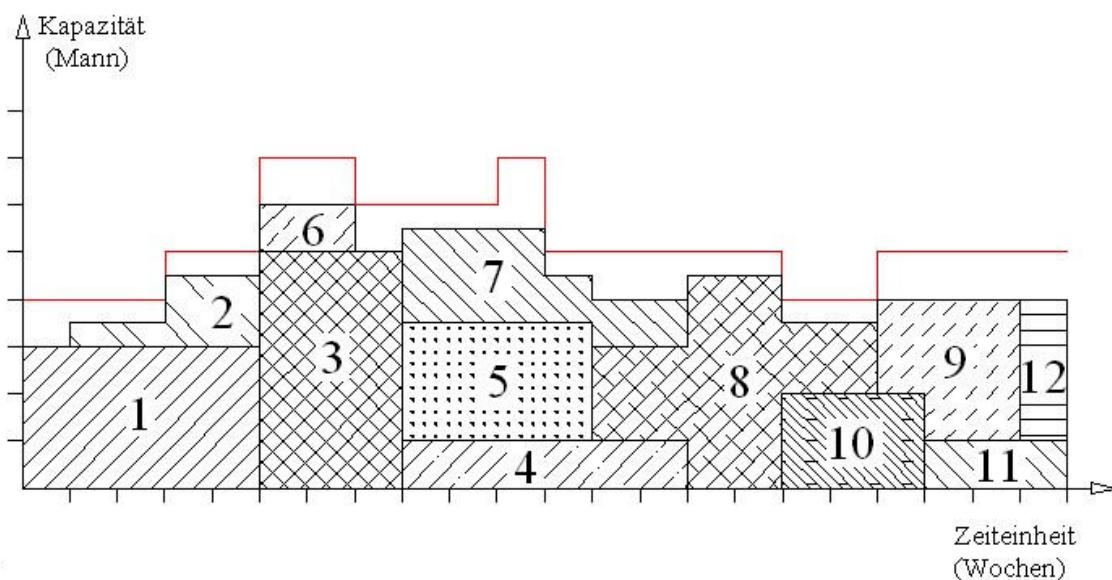


Abbildung 15: Kapazitätsdarstellung nach Kapazitätsausgleich

¹³⁷ In Anlehnung an: Groh, Gutsch 1982 S. 100

4 Erarbeitung eines Sollkonzeptes für ein softwaregestütztes Projektmanagementsystems

4.1 Darstellung der Ist-Situation und Schwachstellenanalyse

4.1.1 Darstellung der Ist-Situation

Im Jahre 2008 wurden in der photovoltaischen Großanlagenabteilung der Firma Wagner 16 Anlagenbauprojekte mit einer Gesamtleistung von ca. 2 MWp¹³⁸ geplant und betreut. Zur Angebotserstellung und den planerischen Tätigkeiten kommt die Überwachung von bereits netzeinspeisenden Anlagen. Diese Fernüberwachung stellt sicher, dass fehlerhafte Anlagen schnell erkannt werden, und so langfristige Stillstände vermieden werden. So konnten die ca. 40 Anlagen, die hier überwacht werden, 2008 ca. 1,6 GWh in das öffentliche Netz einspeisen. Typische Fehler, die durch die Überwachung erkannt werden, sind beispielsweise gelöste Steckverbindungen oder ausgefallene Wechselrichter.

Diese Aufgaben werden von einer Ingenieurin und drei Ingenieuren erledigt. Durchschnittlich betrug das Investitionsvolumen einer Anlage im Jahre 2008 500.000 €, die Projektdauer von der ersten Anfrage bis zur Inbetriebnahmemessung beträgt ca. 5-6 Monate, wobei ca. 5-10 Projekte zeitlich parallel durchgeführt werden. Projekte die im Rahmen der SolarDachInvest abgewickelt werden, können aber auch deutlich länger Projektlaufzeiten aufweisen. Der Grund hierfür ist die teilweise langwierigen Auseinandersetzungen mit Investoren und Dacheignern.

Als Planungswerkzeuge für die Projektplanung wird die gängige Bürossoftware *Ms Office*, das Zeichenprogramm *AutoCAD* sowie ein Warenwirtschaftsprogramm der Firma Infor eingesetzt. Um Kabel, Wechselrichter und Gestelle auszulegen, existieren verschiedene Softwarewerkzeuge die größtenteils auf *MS Excel* basieren, wie das im Hause Wagner entwickelte *Kadimo*, welches zur Auslegung von AC und DC Kabeln verwendet wird. Ein Instrument zur Planung und Visualisierung von Projektstrukturplänen und Projektabläufen existiert derzeit nicht. Üblicherweise betreut ein Planer ein Projekt von der Angebotserstellung bis hin zum Netzanschluss. Wer die Planung übernimmt,

¹³⁸ unter Mega Watt peak [MWp] bzw. Kilo Watt peak [kWp] wird die maximale Leistung der Energiegeneratoren verstanden, die unter optimalen Bedingungen erreicht werden kann.

bestimmen gewisse Kriterien des Projektes, wie zum Beispiel statische Komplexität (z.B. ältere Gebäude) oder öffentlichkeitswirksame Anlage (z.B. Universität).

Bei der Projektplanung wird vor der Erstellung eines Angebotes teilweise unter Zuhilfenahme eines Statikers geprüft, ob das Dach die statischen Eigenschaften zum Tragen einer Solaranlage aufweist, sowie wie viele Module ungefähr in die Anlage integriert werden können. Weiterhin werden die Zahl und die Leistung der Wechselrichter, sowie die Querschnitte der Kabel ermittelt. Dann werden die ermittelten Produkte in einen Auftrag im Warenwirtschaftsprogramm übertragen und die Termine für die Lieferungen bestimmt.

Je nach Projekt findet die Montage und somit auch die Terminplanung in Regie des Planers der Firma Wagner, oder sollte das Projekt von einer Fremdfirma montiert werden, von einem Planer dieser Firma statt. Diese Tätigkeiten werden vom Planer ohne konkrete Zielvereinbarungen, Projektstrukturplanung, einer Phasen- bzw. Meilensteinplanung oder Ablaufplanung erledigt.

4.1.2 Schwachstellenanalyse des vorhandnen Systems

Zur Durchführung der Schwachstellenanalyse setzte ich nach einem Brainstorming, bei dem verschiedene Probleme im Großanlagenbau ermittelt wurden, das fehlerorientierte Fischgräten-Diagramm (Ursache-Wirkungs- oder auch Tannenbaum-Diagramm) ein, welches in den frühen 50er Jahren des letzten Jahrhunderts von dem japanischen Qualitätsmanagementpionier Kaoru Ishikawa entwickelt wurde. Bei diesem Diagramm, welches ursprünglich die Beziehungen zwischen einem Qualitätsmerkmal und seinen Ursachen aufzeigt, werden gewöhnlich Mensch, Material, Methode und Maschine als Problemursachen angesehen.¹³⁹

Zur Ermittlung der einzelnen Problemursachen, die dann im Fischgräten-Diagramm dargestellt wurden, stützte ich mich einmal auf Erfahrungen, die ich während meiner langjährigen Tätigkeiten als Monteur, in der Vormontage, im Versand und Produktion gesammelt hatte, sowie auf Gespräche, mit Ingenieuren der photovoltaischen Großanlagenplanungsabteilung.

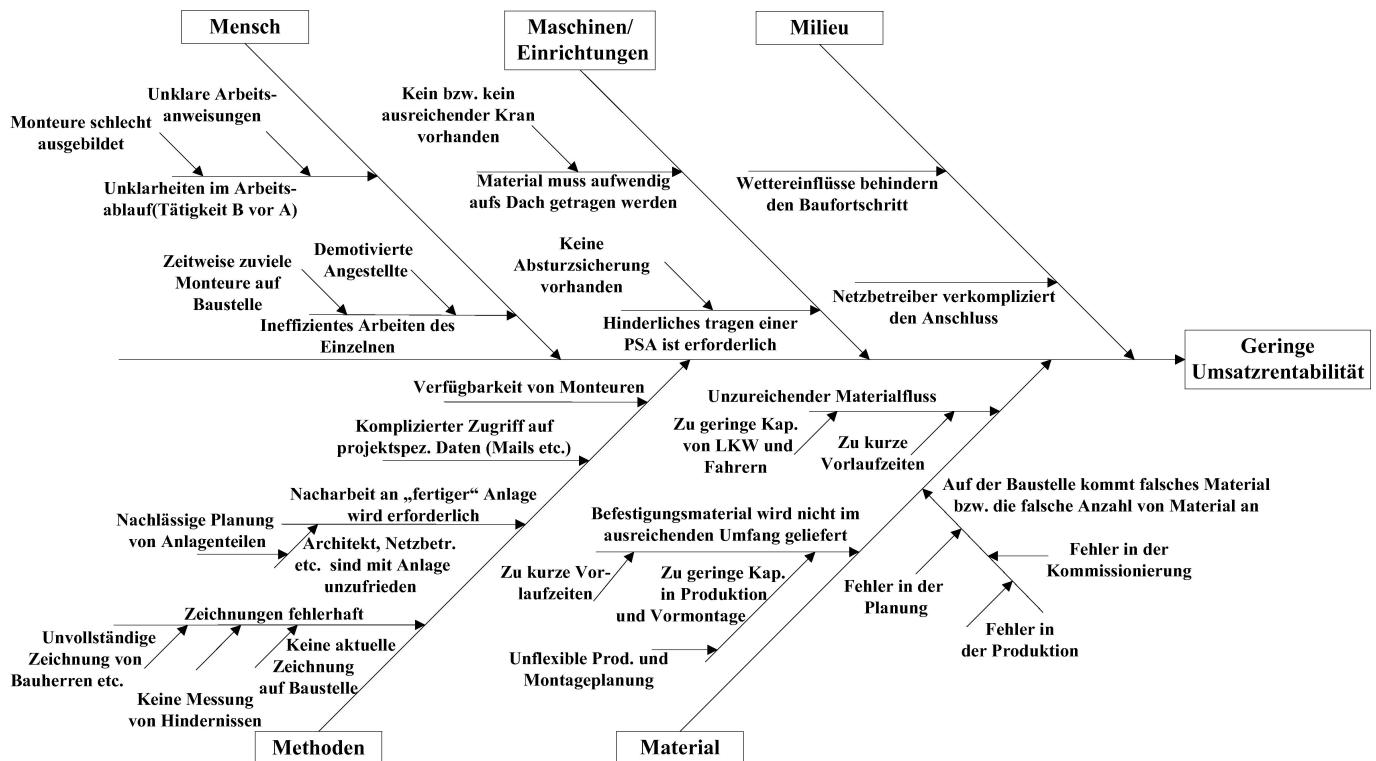


Abbildung 16: Schwachstellendiagramm des photovoltaischen Anlagenbaus

Die so ermittelten Problemursachen die in Abbildung 16 dargestellt sind, wurden dann auf ihre Relevanz und ihre Häufigkeit in vergangenen Projekten geprüft. Die Prüfung erfolgte in einem Gespräch mit dem Abteilungsleiter der photovoltaischen Großanlagenabteilung und einer planenden Ingenieurin.

Das Ergebnis dieser Besprechung war, dass die Problemursachen „Befestigungsmaterial wird nicht im ausreichenden Umfang geliefert“ und „Zeichnungen fehlerhaft“ massiv den Baufortschritt beeinträchtigen können und auch in der Vergangenheit relativ häufig vorgekommen sind.

Um die Häufigkeit der Problemursache „Befestigungsmaterial wird nicht im ausreichenden Umfang geliefert“ zu belegen versuchte ich einen Signifikanztest durchzuführen. Hierzu wollte ich bei ca. 20 vergangenen Projekten prüfen, ob es eine Nachlieferung von Befestigungsmaterial gab. Allerdings scheiterte ich aber an dem Umstand, das ich zwar im Warenwirtschaftssystem die Lieferungen zu den vergangenen Projekten einsehen konnte, aber darin nicht ersichtlich wird, ob es sich um eine Nachlieferung handelt, oder ob die Ware planmäßig später geliefert worden ist.

¹³⁹ Vgl. Oess, Attila; Total Quality Management; Die ganzheitliche Qualitätsstrategie, Wiesbaden 1993, S. 307

4.2 Erstellung eines Sollkonzeptes

4.2.1 Inhalt des Konzeptes

Das zu erarbeitende Sollkonzept weist einmal eine Zieldefinition, die für alle photovoltaischen Großanlagenbauprojekte gültig ist auf. Aus dieser Zieldefinition soll ersichtlich werden, auf welche Ziele bei der Projektplanung hingearbeitet werden soll, sowie wie die Ziele bei Zielkonflikten zu behandeln sind.

Weiterhin soll im Zuge dieser Arbeit ein standardisierter Projektstrukturplan entstehen. Dieser soll das Arbeiten mit dem Projektmanagementsystem vereinfachen, und so eine rationalisierte Projektplanung ermöglichen, da er den Projektbeteiligten aufzeigt, welche Arbeitspakete bei der ausgewählten Projektbauart anfallen.

Aus diesem standardisierten Projektstrukturplan soll dann eine Ablaufplanung resultieren, aus der unter anderem Termine für Materiallieferungen, Einsatzplanungen für Monteure und Elektriker etc. ermittelt werden können. Des Weiteren soll aus den Informationen die die Ablaufplanung bereitstellt eine Ressourcenplanung folgen. Diese Ressourcenplanung soll zusätzlich mit einem standardisierten Ressourcenpool vereinfacht werden.

4.2.2 Definition von allgemeingültigen Projektzielen

Im ersten Schritt der Erstellung eines Sollkonzeptes, werden von mir die allgemeingültigen Projektziele erörtert. Diese so ermittelten Projektziele, sollen für alle photovoltaischen Großanlagenbauprojekte gelten. Ein derartiger Zielkatalog existierte derzeit in der Projektabteilung nicht.

Um die Zielvorstellungen zu ermitteln nutzte ich erneut die Technik des Brainstormings und ermittelte so einen großen Teil der Ziele die ich in einer Liste zusammenfasste. Nach einem Interview mit Mitarbeitern der Projektabteilung passte ich dann die Liste an, und übertrug sie in ein Zielhierarchiediagramm.

Da diese Zielhierarchie ihre Allgemeingültigkeit nicht verlieren sollte, und in der Projektabteilung einmal Projekte für externe Auftraggeber sowie für interne Auftraggeber

geplant werden, und hier verschiedene Ziele existieren, sind in der Darstellung der Ziele, beide Varianten aufgeführt. Als interne Auftraggeber versteht man hier einmal Anlagen, die auf Dächern des Unternehmens Wagner & Co montiert werden sowie Projekte im Rahmen der Solardach Invest, da hier die Solardach Invest GmbH als Betreiber der Anlage auftritt und für ihre Investoren möglichst gute Renditen erzielen will.

So wäre das Ziel termingerechter Netzanschluss im Zielhierarchiearm Prestige mit dem Zielarm Termin des Netzanschlusses austauschbar, je nachdem ob die Renditen der Anlage der Firma Wagner bzw. der Solardach Invest zulaufen oder ob ein Externer davon profitiert.

Nachdem die Zielhierarchie entstanden war, wurden die einzelnen Ziele von mir in drei Prioritätenkategorien aufgeteilt, um eine grobe Prioritätensetzung zu erhalten. In dem Hierarchiediagramm in Abbildung 17 versuchte ich diese Prioritätensetzung mit Hilfe von Farben zu visualisieren. Dunkle Ziele haben hier die höchste Priorität, dement sprechend sinkt ihre Priorität je heller die Ziele werden.

Die Einteilung der Prioritäten hat den Zweck, dass bei Zielkonflikten das Ziel mit der höheren Priorität bevorzugt behandelt wird. So wäre es möglicherweise sinnvoll, kostengünstigeres Kabel mit einem geringeren Querschnitt zu verwenden. Sodass das Kostenziel, welches marktübliche Angebotspreise verlangt, bedient wird. Allerdings würde diese Kostensenkung zu Lasten der Anlagenleistung gehen, da durch die gestiegenen Verluste im Kabel, die jährliche Anlagenleistung minimal sinken würde. Diesen Zielkonflikt müsste dann im Einzelfall vom Planer entschieden werden. Als Lösung würde sich hier der Einsatz von Kabeln mit geringeren Querschnitten bei so genannten Kabelbrücken zwischen den Modulreihen anbieten, Kabeln mit größeren Querschnitten könnten bei den Leitungen von den Modulfeldern zu den Wechselrichter verlegt werden, da durch Parallelschaltungen der Modulfelder hier meist höhere Ströme vorhanden sind, und so auch die Verluste steigen.

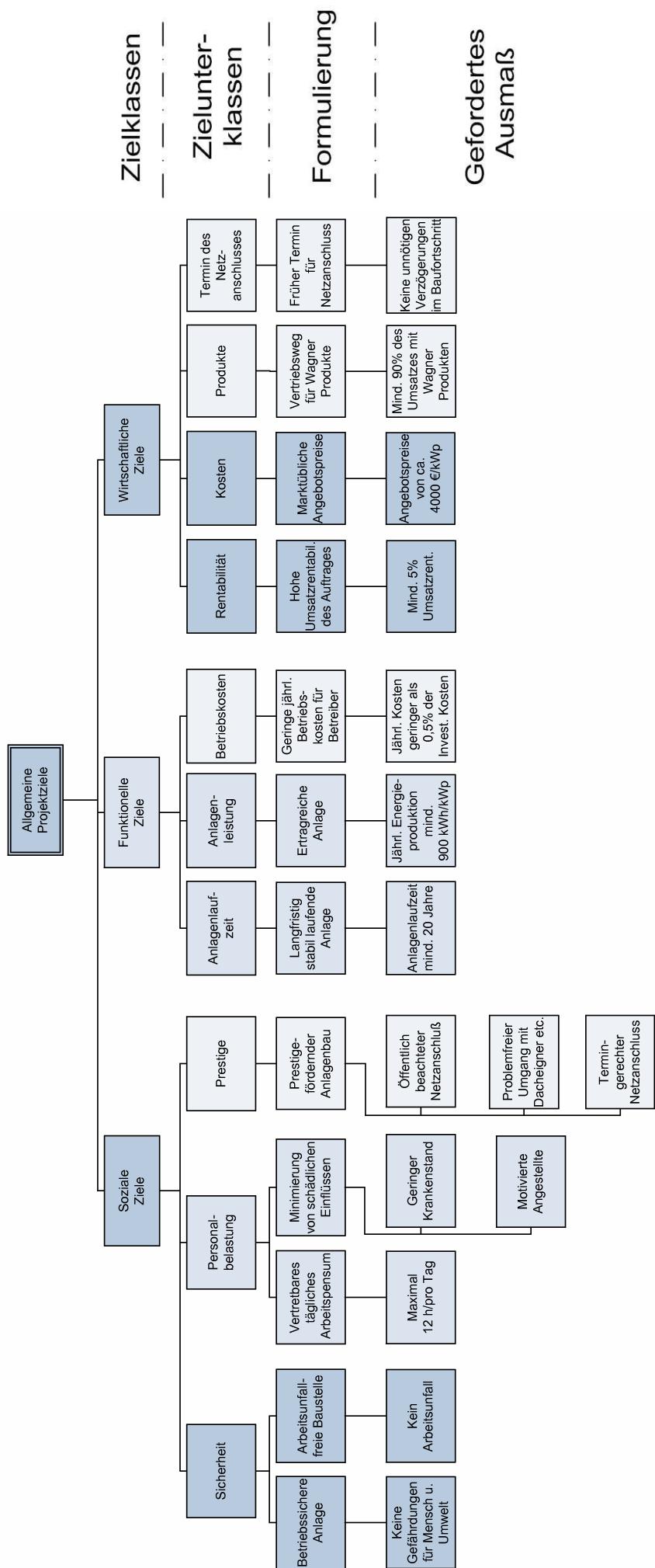


Abbildung 17: Allgemeingültige Projektzielhierarchie

4.2.3 Erstellung eines standardisierten Projektstrukturplans

4.2.3.1 Gründe für einen standardisierten Projektstrukturplan

Um zu erkennen, welche einzelnen Arbeitspakete in einem Projekt zu erledigen sind, bietet sich der Projektstrukturplan an (siehe Kap. 3.4.3.1). Da das Erstellen dieses Planes eine komplexe Aufgabe darstellt, ist es möglich die Arbeit, die beim Planen des Projektes anfällt, durch einen Standardprojektstrukturplan, der auf das jeweils zu planende Projekt zugeschnitten wird, zu rationalisieren (siehe Kap. 3.4.3.1.3).

Litke schlägt vor, einen Projektstrukturplan zu verwenden, der auf ein komplexes Projekt ausgelegt ist, und der an das jeweilige Projekt durch Wegstreichen von nicht in Frage kommender Teilaufgaben angepasst wird.¹⁴⁰ Bei photovoltaischen Solaranlagen existieren allerdings viele unterschiedliche Bauformen, deshalb schien mir diese Art eines standardisierten PSP für diesen Anwendungszweck nicht für praktikabel. Als sinnvollere Variante erschien mir einen Schubladenplan, in dem die verschiedenen Varianten jedes Teilprojektes existieren, und der Benutzer sich jeweils die erforderliche Variante eines Teilprojektes auswählt, und diese zu einem Gesamtprojekt zusammenbaut. Um diese Lösung zu realisieren benötigte ich allerdings noch ein Instrument, welches diese Darstellung ermöglichte. Nach längeren Recherchen im Internet wurde ich mit der Visualisierungssoftware *MS Visio* von Microsoft fündig. Diese Software bot sich aus meiner Sicht zur Lösung dieses Problems an, da man durch das Installieren des optionalen Moduls *WBS Modeler*, eine gute Möglichkeit zum Erstellen von Projektstrukturplänen sowie eine Exportmöglichkeit des fertigen PSP in die weit verbreitete Projektmanagementsoftware *MS Project* erhielt.

4.2.3.2 Die Visualisierungssoftware *Ms Visio*

Visio ist ein Programm des nicht ganz unbekannten Herstellers Microsoft, der dieses Programm 1999 gekauft und weiterentwickelt hat¹⁴¹. Laut Schwab stellt *Visio* vorgefertigte Zeichnungselemente, Shapes, zur Verfügung. Diese Shapes können durch einfaches „Drag and Drop“, also Ziehen und Fallenlassen, auf einem elektronischen Zei-

¹⁴⁰ Vgl. Litke 2007 S. 97

chenblatt gezogen und verbunden werden. Man kann die Elemente und die Verbindungen beschriften und so mit Informationen versehen. So können sehr einfach Geschäftsgrafiken erstellt werden.¹⁴²

Weiterhin berichtet Schwab, dass die Shapezeichnungselemente aus ganz verschiedenen Bereichen wie Baupläne, Landkarten oder Organigramme kommen, und von Benutzern weltweit auf deren Bedürfnisse angepasst wurden.¹⁴³ Eins von zahlreichen optionalen Modulen für Visio ist der aus der britischen Softwareschmiede *Corporate Project Solutions* stammende *WBS Modeler*, dieser kann unter anderem über eine Microsoft Internetseite frei heruntergeladen werden¹⁴⁴.

Das „Add In“ *WBS Modeler* ermöglicht ein einfaches Erstellen von Projektstrukturplänen in *Visio*, da es vorgefertigte Shapes anbietet, die der Benutzer mit Informationen versehen, und relativ einfach zu Projektstrukturplänen zusammenbauen kann. Diese können mit Hilfe des Programms unkompliziert in *MS Project* übertragen werden bzw. können Daten aus *MS Projekt* importiert werden, die dann als Projektstrukturplan dargestellt werden.

4.2.3.3 Darstellung des standardisierten Projektstrukturplans in *MS Visio*

Zur Erstellung dieses Schubladenplans wurde eine imaginäre photovoltaische Großanlage von mir in ihre Teilprojekte und Arbeitspakete zerlegt. Hier ergaben sich die Teilprojekte *Unterkonstruktion*, *Modulbelegung*, *DC-Anschluss*, *AC-Anschluss*, *Sicherungsmaßnahmen* und *Fernüberwachung & Kommunikation*.

Arbeitspakete, die nicht einem Teilprojekt zuzuordnen sind, und sich so auf der zweiten Hierarchieebene befinden, sind einmal die Meilensteinsitzungen, die das Beenden der Phasen symbolisieren, und die Arbeitspakete *Einteilung des Gesamtmaterials in geeignete Lieferungen*, *Inbetriebnahmemessung* und *Technische Dokumentation*.

¹⁴¹ Vgl. <http://www.microsoft.com/presspass/press/1999/sept99/visiopr.mspx>

¹⁴² Vgl. Schwab, Josef: Geschäftsprozessmanagement mit Visio, ViFlow und MS Project, München 2006; S. 68

¹⁴³ Ebenda

¹⁴⁴ <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyID=34c28a49-e14c-4a7d-8d49-90061fe08ab4&displaylang=en>

In meinem ersten Versuch erstellte ich in *Visio* Schablonen, in denen sich die von mir vorkonstruierten einzelnen Varianten der Teilprojekte befinden. In Abbildung 18 sind die verschiedenen Schablonen rot eingerahmt. Die vier Varianten der geöffneten Schablonen Fernüberwachung & Kommunikation sind grün eingerahmt. Der Planer müsste nun aus jeder Schablone eine Variante auswählen und diese aufs Zeichenblatt ziehen, und dann mit dem Projektmastershape verbinden. Sollten dann alle Teilprojekte mit dem Mastershape verbunden sein, ließe sich der gesamte Projektstrukturplan in *MS Projekt* exportieren, wobei die Arbeitspakete des Projektstrukturplans nun als Vorgänge dargestellt würden.

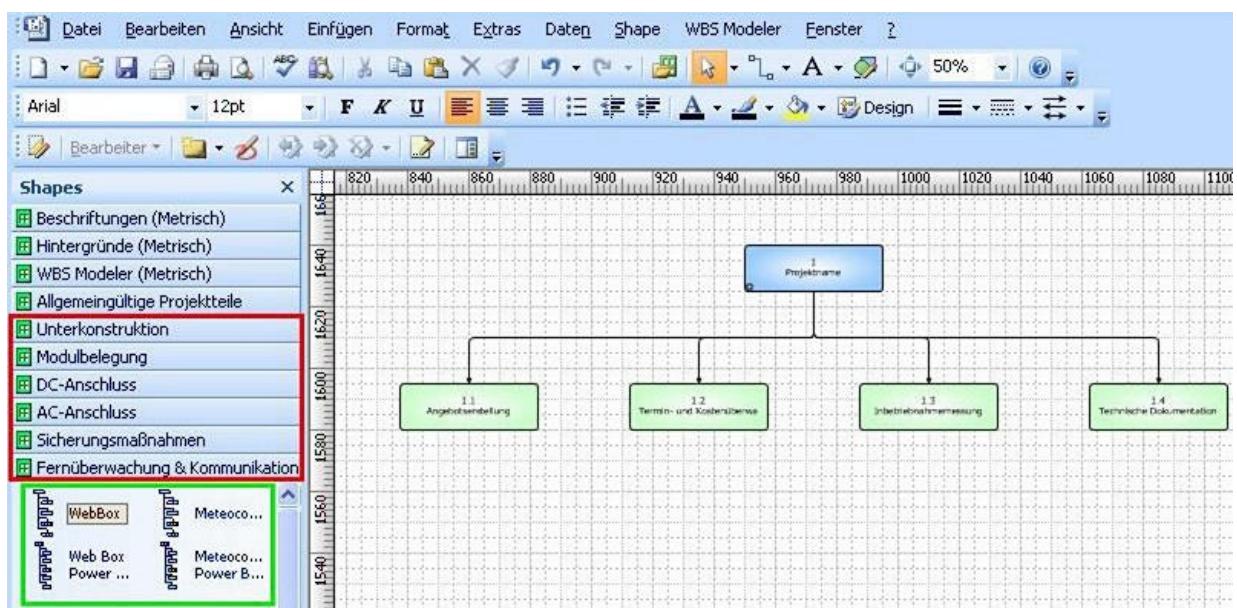


Abbildung 18: Erster Versuch zum Aufbau eines Schubladenprojektstrukturplans

Leider kann man mit dem *WBS Modeler* diese Art des Schubladenplans nicht realisieren. Da man keine Shapes miteinander verbinden kann, die nicht ihren Ursprung auf dem Zeichenblatt haben auf dem man gerade arbeitet. Als Grund hierfür nannte mir der Entwickler des *WBS Modler*, David Parker, in einem Forum, dass das Zulassen von Verbindungen zwischen Shapes die auf dem Zeichenblatt generiert wurden und externen Shapes den Export in *MS Project* extrem verkomplizieren würde.¹⁴⁵

¹⁴⁵<http://www.microsoft.com/office/community/en-us/default.mspx?dg=microsoft.public.visio.general&tid=34b6f84d-8581-4a58-b422-4c8bcfa3a832&cat=en-us-office&lang=en&cr=US&sloc=en-us&m=1&p=1>

Als Alternative zu den Schablonen übertrug ich nun alle Varianten der Teilprojekte auf ein Zeichenblatt. Um die Verbindungsmöglichkeit der Teilprojekte zu erhalten, war es hier wichtig, dass die einzelnen Bestandteile der Teilprojekte und Arbeitspakete ihren Ursprung auf diesem Zeichenblatt hatten.

Nachteilig bei dieser Form der Darstellung ist einmal die Notwendigkeit, dass alle Teilprojekte und Arbeitspakete die nicht im zu planenden Projekt verbaut werden, gelöscht werden müssen, bevor man den Projektstrukturplan in *MS Project* exportiert. Da wegen der identischen Gliederungsnummer sonst in *MS Project* die nicht gelöschten Teilprojekte als Parallelprojekte erscheinen. Des Weiteren wirkt sich die Größe des Zeichenblattes nachteilig auf die Benutzerfreundlichkeit des ungeübten Benutzers aus, da man entweder oft umher scrollen oder die Darstellungsgröße ändern muss.

Positiv hingegen wirkt sich der Umstand aus, dass der Benutzer alle Teilprojektgruppen im Auge hat, und es meiner Meinung nach, nicht so schnell zum Vergessen eines Teilprojektes kommt.

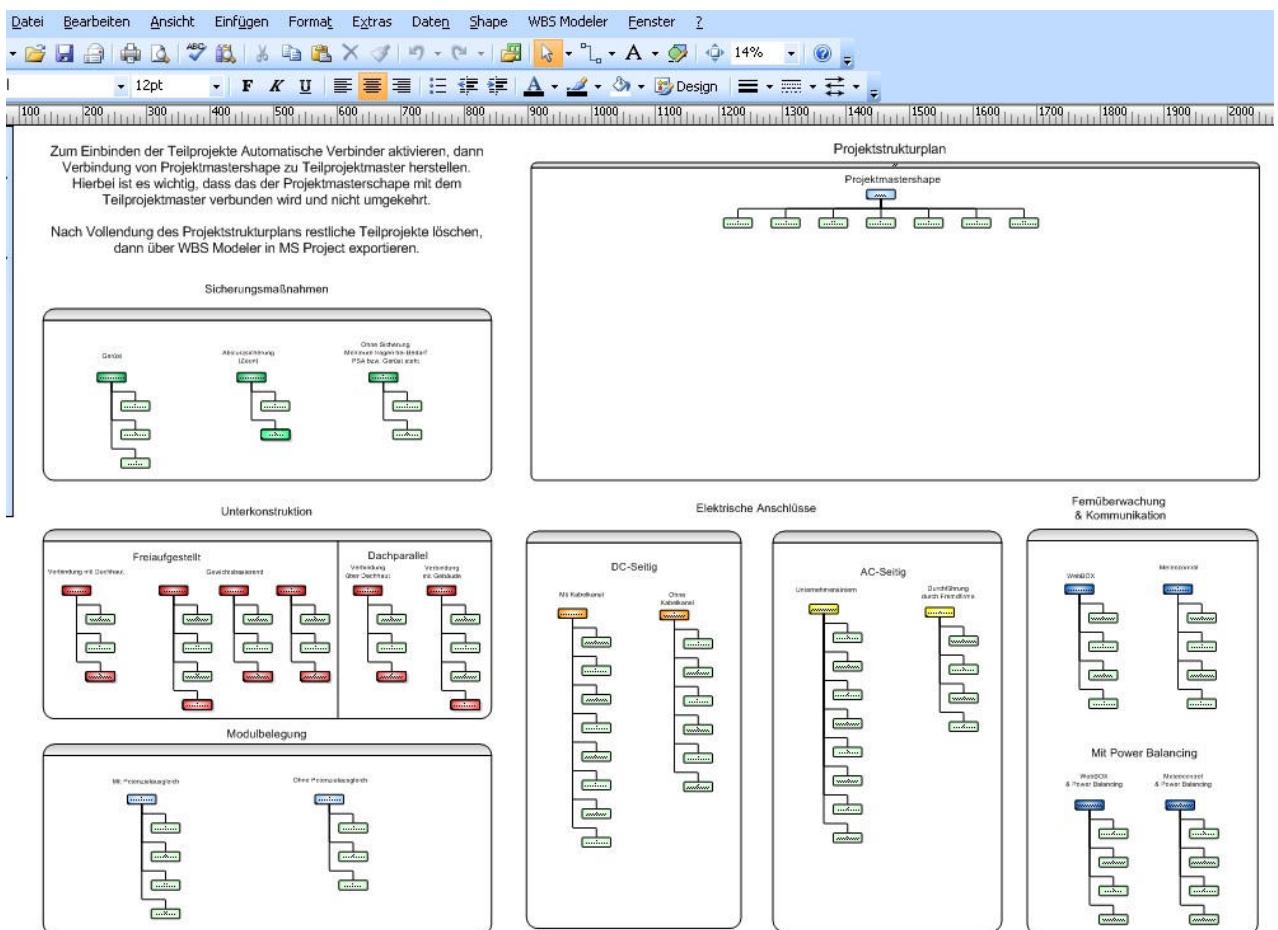


Abbildung 19: Schubladenprojektstrukturplan

Die Abbildung 19 zeigt den Aufbau des Zeichenblattes, in dem sich alle Teilprojekte und den zu erweiternden Projektstrukturplan befinden. In dem zu erweiternden Projektstrukturplan in der rechten oberen Ecke, sind schon die allgemeingültigen Arbeitspakete wie Angebotserstellung oder Inbetriebnahmemessung sowie das Teilprojekt Logistik enthalten.

Um den Projektstrukturplan zu vervollständigen muss der Planer aus jeder Teilprojektkategorie nun eine Variante mit dem Projektmastershape verbinden. Dies geschieht durch die Aktivierung der Funktion Automatische Verbinde, und mit dem Verbinden des Projektmastershapes mit der ausgewählten Variante. Ein Beispielhafter Projektstrukturplan ist in Abbildung 20 ersichtlich, hier müssten noch die überflüssigen Teilprojekte gelöscht werden.

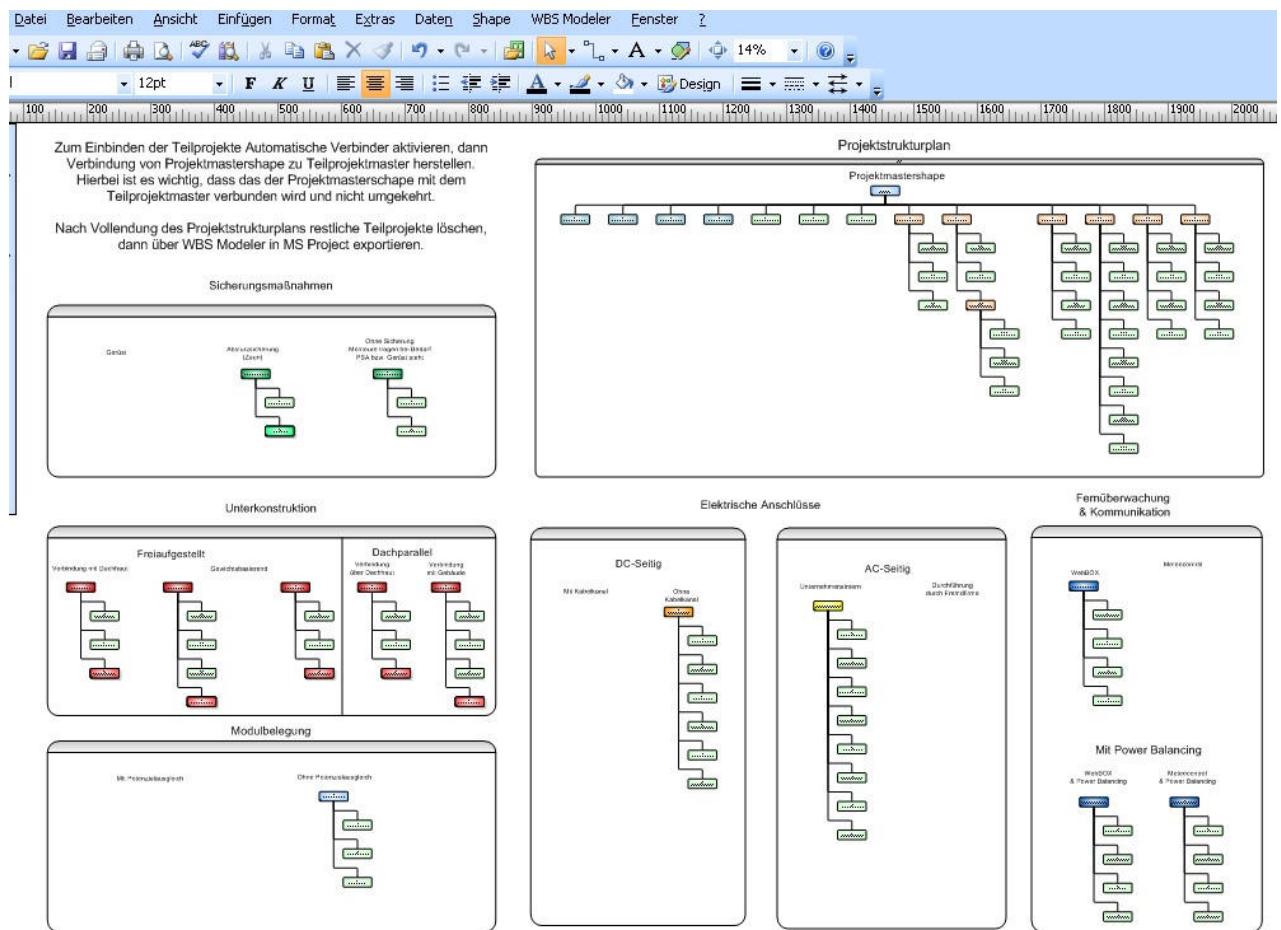


Abbildung 20: Zusammengebauter Projektstrukturplan

4.2.3.4 Kostendarstellung aus der Projektstrukturplanung

Da man in *MS Viso* den einzelnen Shapes auch verschiedene Informationen zuweisen kann, konnte ich neben der Exportfunktion nach *MS Project* eine zusätzliche grobe Kostenabschätzung für das zu planende Projekt verwirklichen. So erhält der Planer zu einem frühen Zeitpunkt einen groben Einblick in die Projektkosten. Ermöglichte wird dieser Einblick durch ein Datenbankexport in die gängige Datenbanksoftware *MS Access*. Hierbei versah ich jedes Arbeitspaket mit einem Kostenbetrag der pro installiertem kWp anfallen würde. Beispielsweise würden im Arbeitspaket *Montage der Gestelle und Schienen* aus der Variante *Freiaufstellung mit Verbindung zur Dachhaut* im Teilprojekt *Unterkonstruktion* 185 €/kWp anfallen. Dieser Betrag spiegelt die Materialkosten der Gestelle sowie deren Montagekosten wieder.

Um diese Datenexportverbindung einzurichten, kann man den automatischen Datenbank-Assistenten in Visio benutzen. Der Dialog des Assistenten wir über EXTRAS/ADD-ONS/VISIO EXTRAS/DATENBANKEXPORT-ASSISTENT geöffnet. Nach Auswählen des Zeichenblattes, aus dem der Export stattfinden soll, wird die Option *Alle Shapes auf dem Zeichenblatt* bestätigt. Als Datenquellen werden die Felder *Prop.Cost*, *Prop.Name* und *Prop.OutlineNumber* gewählt. So werden einmal die Kosten der einzelnen Arbeitspakete, die Arbeitspaketbezeichnung sowie deren Gliederungsnummer in den Export übernommen. Als Ziel des Datenexports wird *Microsoft Access-Datenbank* ausgewählt. In dem nächsten Feld muss der Name der Tabelle eingetragen werden, in welches die Daten fließen sollen, beispielsweise *Tabelle zu PSP*. Zusätzlich wird hier noch das Schlüsselfeld angegeben, wobei hier über *Schlüsseltyp ShapeID* angegeben wird. Um den Import in die Datenbank mit relevanten Daten zu versehen, werden jetzt den Datenquellengruppen spezifische Detailinformationen zugeordnet. So wird hier einmal für die Gruppe *Prop.Cost* die Datenauswertung *Währung* angewählt, als Bezeichnung beispielsweise €/kWp eingetragen und für den Feldtyp *INTEGAR* gewählt. Für die anderen beiden Gruppen wird hier als Auswertungskriterium *Wert* gewählt, als Bezeichnung könnte hier *Name der Tätigkeit* und *PSP Nr* eingetragen werden, und als Feldtyp sollte hier *VARCHAR* ausgewählt werden. Zum Abschluss sollt bei *Kontextmenüaktion 'Export' in das Zeichenblatt aufnehmen* ein Häkchen gesetzt werden.

In der Datenbanksoftware *Access* findet man in der erzeugten Tabelle eine Menge freier Zeilen, diese werden durch den Export von den Verbindungspeilen aus dem Zeichenblatt verursacht. Um diese nicht in dem zu erzeugenden Bericht vorzufinden und die exportierten Daten zu gliedern, kann man über eine *Abfrage* der Tabelle ein struktu-

riertes Ergebnis erhalten. In dieser Abfrage werden die Felder *Gliederungsnummer*, *Name der Tätigkeit* sowie *Kosten pro kWp* übernommen. Bei dem Feld *Gliederungsnummer* wird die Sortierung *Absteigend* gewählt. Im Feld *Name der Tätigkeit* wird das Kriterium $\text{<>}```$ angegeben. Dieses bewirkt, dass nur Spalten in die Abfrage übernommen werden, die nicht leer sind. So werden jetzt alle Verbindungsfeilspalten nicht aufgeführt. Über einen *Bericht* können die Daten der Abfrage attraktiv Dargestellt werden, zusätzlich kann hier die Summe der Kosten ermittelt werden.

Die entstandene Abfrageverbindung wird automatisch in *MS Visio* gespeichert, und kann über den Reiter **SHAPE/AKTIONEN/DATENBANKEXPORT** gestartet werden. Ähnlich wie beim Export in *MS Projekt* muss vor dem Export in *MS Access* alle nicht verbauten Teilprojekte bzw. Arbeitspakete im Zeichenblatt gelöscht werden, da sonst in der Tabelle, in der die verwendeten Arbeitspakete aufgeführt werden, auch die nicht verwendeten Arbeitspakete Beachtung finden und so die Gesamtkosten erhöhen. Ein Beispiel eines Kostenberichtes befindet sich im Anhang A.

4.2.3.5 Export in *Ms Projekt*

Um, wie schon in Abschnitt 4.2.3.3 erwähnt, keine parallelen Projektteile in *MS Projekt* zu erhalten, müssen vor dem Export alle anderen Teilprojekte aus dem Zeichenblatt gelöscht werden. Die Exportfunktion kann dann nach der Bereinigung über den Reiter **WBS MODELER/EXPORT TO MICROSOFT OFFICE PROJECT** gestartet werden. Hierfür ist es allerdings notwendig, dass *MS Project* vor dem Export geöffnet wird. In *Ms Project* werden aus den einzelnen Arbeitspaketen nun Vorgänge. In dem Exportdialog des *WBS Modelers* kann man neben dem Export zusätzlich auch noch eine Verlinkung zwischen den beiden Dokumenten erstellen lassen. Hierauf verzichtete ich allerdings, da einmal mit dem standardisierten Projektstrukturplan im schreibgeschützten Status gearbeitet werden muss, und derartige Verlinkungen oft zu Problemen führen.

4.2.4 Softwaregestützte Termin- und Ablaufplanung

4.2.4.1 Das Programm MS Project

Die Termin- und Ablaufplanung ist laut Schwab der Kernprozess des Projektmanagements und besteht aus der Festlegung der Vorgangsfolgen, der Schätzung der Vorgangsdauern und der Entwicklung und Steuerung des Terminplanes.¹⁴⁶ Diese Planung soll, wie schon in 4.2.3.1 erwähnt, mit der wohl bekanntesten Projektmanagementsoftware¹⁴⁷ *MS Project Standard 2007* durchgeführt werden. Dieses Programm wurde von mir als Werkzeug für die Ablauf und Terminplanung gewählt, da es einmal eine sehr gute Kompatibilität zu dem Zeichenprogramm *MS Visio* und anderen Programmen des *MS Office* Paketes wie *Outlook* aufweist, sowie eine sehr hohe Präsenz am Markt für Softwarelösungen von Projektmanagementproblemen aufweist. Dies bietet den Vorteil, dass man einmal in vielen Foren im Internet Informationen erhält, andererseits existiert viel, mehr oder minder gute Literatur zu diesem Programm. Des Weiteren werden bereits zwei Lizenzen einer früheren Version dieses Programms in der Forschungs- und Entwicklungsabteilung eingesetzt. So ist die Informationstechnikabteilung bereits mit diesem Produkt vertraut. Zusätzlich könnte der Bereichsleiter der Forschungs- und Entwicklungsabteilung die Lizenz von *MS Project 2007*, die für mich für diese Arbeit eingekauft wurde, nach meiner Arbeit übernehmen, falls das hier erarbeitete Projektmanagementsystem nicht praxistauglich werden würde.

Die in der Projektstrukturplanung entstandenen Arbeitspakete werden nun nach dem Import in *Project* automatisch als Vorgänge in die Vorgangsliste übertragen. Aus den Teilprojektenmastershapes wie zum Beispiel *Unterkonstruktion (Tric F mit Dachverbindung)* werden Sammelvorgänge. Diesen Sammelvorgängen werden keine Kosten bzw. Ressourcen oder eine Dauer zugeordnet, sondern sie stellen nur die Gesamtkosten bzw. die Gesamtdauer aller Vorgänge dar, die benötigt werden, um die Arbeitsleistung dieses Teilprojektes zu erstellen.

¹⁴⁶ Vgl. Schwab, Josef: Projektplanung und realisieren mit Project 2007; Das Praxisbuch für alle Project-Anwender, München 2008, S. 67

¹⁴⁷ Vgl. Bilas, M., Jäger, M., Meyer M.: Einen großen Schritt voran; PM-Software: Microsoft Projekt 2007, in Projektmanagement aktuell 4/2006 S. 63

4.2.4.2 Festlegung der Abhängigkeitsbeziehungen

Als ersten Arbeitsschritt in *Project* werden nun die Abhängigkeiten der einzelnen Vorgänge festgelegt. Dies geschieht durch Eintragen der Abhängigkeiten der Vorgänge in die Vorgängerspalte, die in der Ansicht Balkendiagramm (Gantt) aufgeführt wird. Als Verknüpfungsarten lassen sich in *Project* neben der Ende-Anfang (EA) Beziehung, auch noch die drei anderen Anordnungsprinzipien (siehe 3.4.4.3.3 Anordnungsprinzipien in Vorgangsknotennetzen) darstellen. Allerdings würde ähnlich wie bei anderen Projektarten in photovoltaischen Anlagebauprojekten die Ende-Anfang Beziehung am weitaus häufigsten vorkommen. In *Project* ist diese Anordnungsbeziehung die Standardverknüpfung, wenn man in das Feld Vorgänger die Vorgangsnummer des Vorgängers schreibt, richtet *Project* diese Vorgangsbeziehung ein.

Nur die Anfang-Anfang Beziehung könnte teilweise Beachtung finden. Wie zum Beispiel bei den Vorgängen *Errichten der Unterkonstruktion* und *Montage der Module*, hier wäre es denkbar, dass ein Montagetrupp die Unterkonstruktion errichtet, und mit einem gewissen zeitlichen Abstand ein anderer Trupp auf die bereits errichteten Unterkonstruktionsteile die Module montiert. Um eine derartige überlappende Vorgangsbeziehung in *Project* einzurichten, gibt man in dem Feld Vorgänger hinter der Vorgangsnummer des Vorgängers AA für die Anfang-Anfang Beziehung und gegebenenfalls den zeitlichen Abstand an (Bsp.: 4AA+2 Tage) (siehe Abbildung 21). Allerdings ließe sich diese Beziehung in *Project* auch mit der Ende-Anfang Beziehung darstellen; so müsste man zusätzlich zu dem Vorgänger Vorgang eine negative Zeitangabe in die Vorgängerspalte eintragen. Man könnte weiterhin eine Verknüpfung erstellen, bei der der Nachfolgervorgang beginnt, wenn der Vorgängervorgang zu 50 % abgeschlossen ist (in Abbildung Vorgang G und H).



Abbildung 21: Darstellung von Vorgangsbeziehungen in MS Project

Da es sich bei derartigen Anlagebauprojekten um stets wiederkehrende Abläufe im Baufortschritt sowie in der Planung handelt, wird die Erfahrungen der Planer ausreichen, um die einzelnen Abhängigkeiten der Vorgänge auf die projektspezifischen Gegebenheiten anzupassen und in *Project* festzulegen. Zur Unterstützung der Suche nach Abhängigkeitsbeziehungen erstellte ich zudem noch ein Flussdiagramm in dem viele der logischen Abhängigkeiten aufgeführt werden. Ein Ausschnitt dieses Diagramms befindet sich in Abbildung 22, in der großen Ansicht ist die Vorbereitungsphase dargestellt. Links daneben ist das gesamte Diagramm, welches sich noch einmal in einer detaillierteren Ansicht im Anhang B befindet.

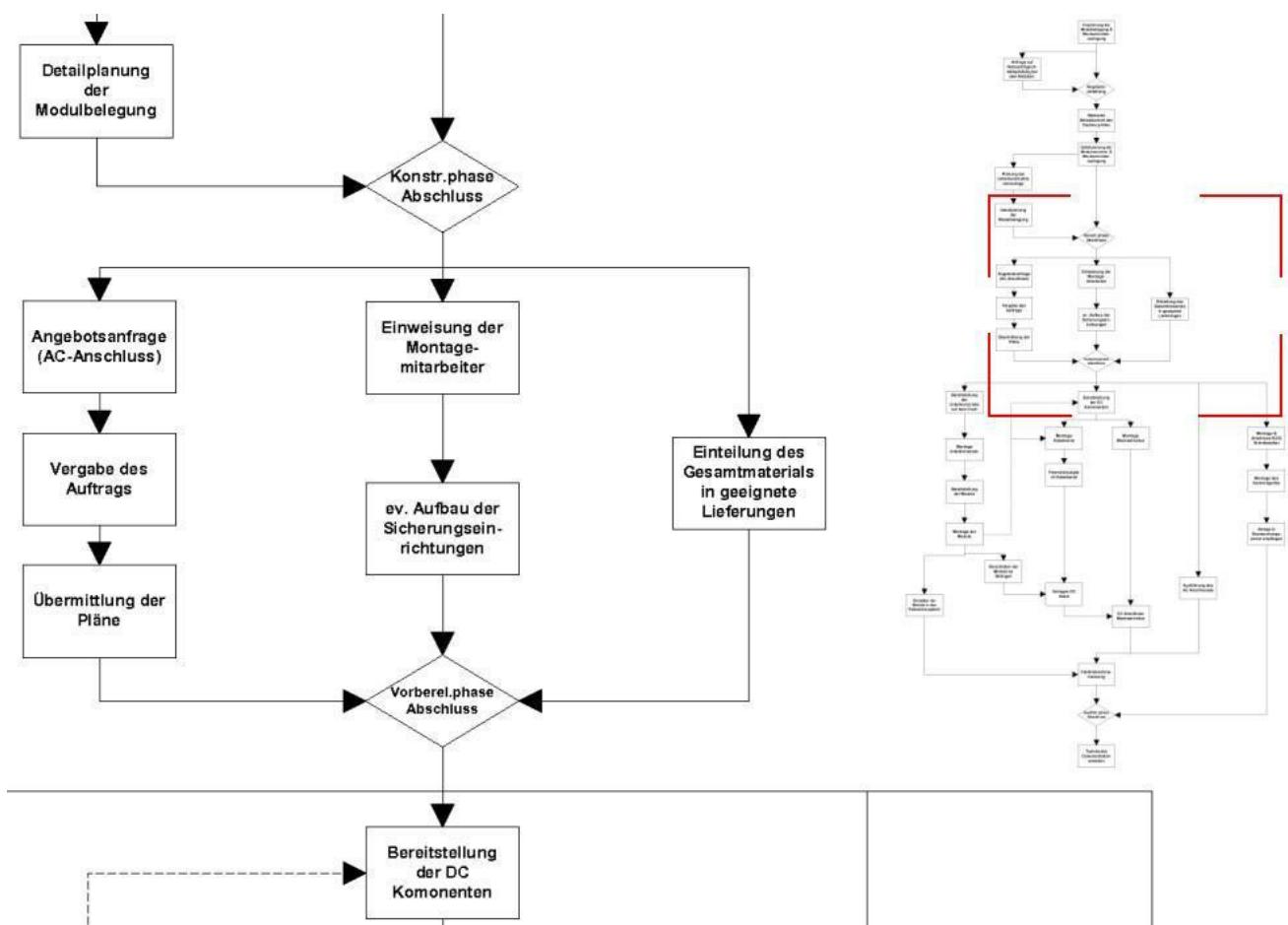


Abbildung 22: Ausschnitt des Flussdiagramms der logischen Abhängigkeitsbeziehungen

4.2.4.3 Einführung von Meilensteinen

Als eine Weitere Hilfe zur Bestimmung von Abhängigkeitsbeziehungen stellte sich zudem die Einführung der Meilensteinvorgänge heraus. Da bei strikter Phasentrennung, nur der Meilenstein als Vorgängervorgang für Vorgänge, die am Beginn der Folgephase liegen, in Frage kommt. So wird zwischen den Phasen ein Filter eingebaut, der in Bezug auf die Abhängigkeitsermittlung die Übersichtlichkeit erhöht.

Als phasenbeendende Meilensteine generierte ich einmal den Meilenstein Angebotserstellung, der das Ende der Konzeptionsphase und damit den Beginn der Anlagenbautätigkeit symbolisieren soll, sowie die phasenbeendenden Meilensteine Konstruktionsphase, Vorbereitungsphase und Ausführungsphase. (siehe phasenweiser Projektablauf bei Bauvorhaben)

Meilensteinvorgänge werden in *Project* über INFORMATIONEN ZUM VORGANG / SPEZIAL / VORGANG ALS MEILENSTEIN DARSTELLEN zu Meilensteinen ernannt. Arbeitserleichternd wirkt sich der Umstand aus, dass alle Meilensteinvorgänge nach dem Import von *Viso* unter einander aufgelistet werden, und man sie als Gruppe zu Meilensteinvorgängen ernennen kann. (siehe Abbildung 23)

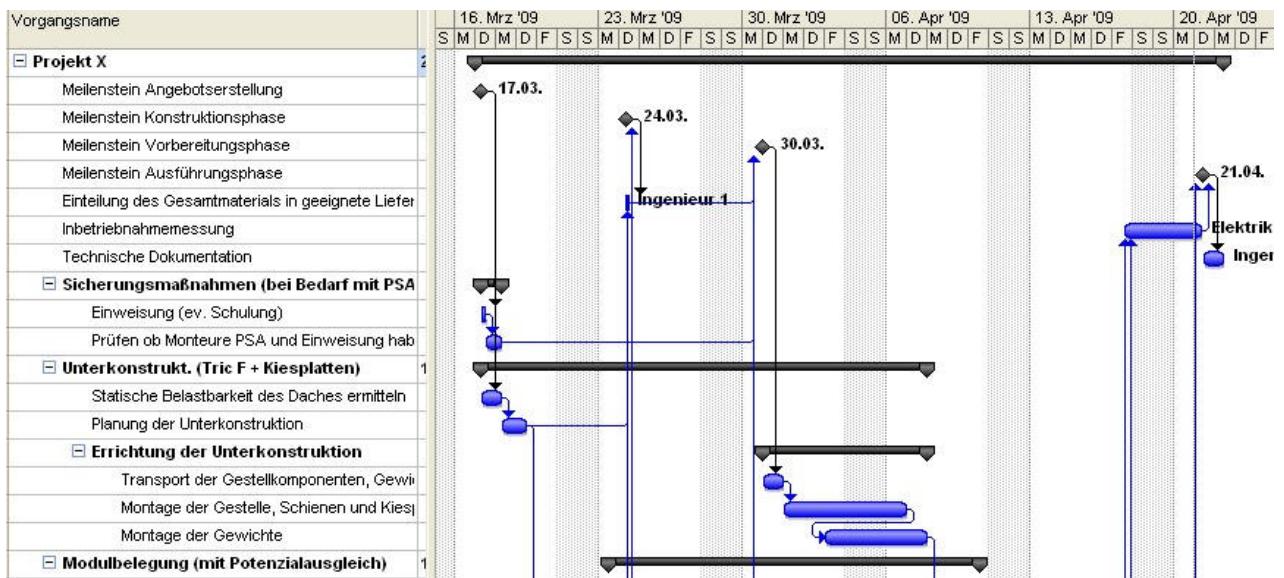


Abbildung 23: Beispiel für Meilensteine in der Ablaufplanung

4.2.4.4 Festlegen der Vorgangsdauern

Nach Schwab gehört zu jedem Vorgang eine Dauer, die einmal vom Projektplaner bzw. von einem Experten geschätzt wird; oder durch ein branchenspezifisches Verfahren ermittelt werden kann¹⁴⁸.

Eine Vorgangsdauer, die bei photovoltaischen Großanlagen relativ gut berechnet werden kann, ist die Dauer des Vorganges *Montage der Module*. So beträgt die Montage der Module unter guten Verhältnissen ca. 1,5 Mannarbeitsstunden pro kWp. Daraus würde sich bei einer 80 kWp Anlage und einem Montagetrupp von drei MonteurInnen fünf Arbeitstage á 8 h ergeben.

Bei anderen Arbeitspaketen wie *Planung der Modulbelegung* würde eine Schätzung der Dauer ausreichen. So würde für diesen Vorgang meiner Meinung nach bei einer 80 kWp Anlage eine Arbeitsleistung von ca. 0,5 Tagen anfallen.

Eine Expertenschätzung der Vorgangsdauer wäre bei den Vorgängen *Planung und Konstruktion der elektrischen Unter- bzw. Hauptverteilung* sinnvoll. Diese Schätzung könnte der/die Elektrikermeister/in abgeben, der/die diese Arbeit übernimmt.

Die derart ermittelten Vorgangsdauern können jetzt über die Spalte Dauer in das Programm eingetragen werden. Hier ist in der Standardeinstellung die Zeiteinheit Tag gewählt. *Project* kennt als Zeiteinheiten noch Minuten, Stunden, Wochen und Monate. Eine Änderung dieser Zeiteinheiten kann man über EXTRAS / OPTIONEN .../ BEARBEITEN herbeiführen. Allerdings erachte ich eine Änderung dieser Voreinstellung für derartige Projekte nicht für sinnvoll.

Sind nun die Abhängigkeiten und Zeitdauern aller Vorgänge in das Programm eingetragen, kann der Planer über die Netzplandiagrammansicht sich einen Netzplan des Projektes darstellen lassen. Die Darstellungsform entspricht der Vorgangsknotennetztechnik, in der der kritische Pfad rot und die übrigen Vorgänge blau markiert sind.

¹⁴⁸ Vgl. Schwab 2008 S. 71

4.2.5 Softwaregestützte Ressourcen- und Kapazitätsplanung

4.2.5.1 Ressourcen in *MS Project*

Die Projektmanagementsoftware *MS Project 2007* bietet dem Planer drei Ressourcenarten zur Zuordnung der Vorgänge an. Dies sind die Ressourcenarten Arbeit, Material und Kosten.

Arbeitsressourcen werden laut Schwab grundsätzlich zeitabhängig berechnet, sowohl die Arbeit (Vorgangsdauer x Einheit) als auch die Kosten (Arbeit x Kostensatz).¹⁴⁹ Typische Arbeitsressourcen beim photovoltaischen Großanlagenbau sind Ingenieursarbeitsstunden oder die Arbeit des Montagetrupps.

Materialressourcen werden nicht zeitbezogen berechnet. Sie spiegeln die Menge des Materials wieder, die benötigt wird um einen Vorgang abzuschließen. Sie sind im Prinzip unbegrenzt verfügbar und können nicht überlastet werden.¹⁵⁰ Da die Materialplanung für die Anlagenbauprojekte im Warenwirtschaftssystem der Firma Wagner & Co stattfindet, werden nur die einzelnen Materiallieferungen zur Baustelle in die Ressourcenplanung aufgenommen. So werden die einzelnen Lieferungen, die zu der Baustelle gehen mit ihrer Lieferscheinnummer erfasst und einzeln den Vorgängen zugeordnet bei denen sie benötigt werden. Beispielsweise würde die Lieferung mit der Lieferscheinnummer 271439 die Unterkonstruktionsteile beinhalten. Diese würde neben den Arbeitsressourcen Montagetrupp und Autokran dem Vorgang *Transport und Bereitstellung der Gestellkomponenten* zugeordnet werden.

Kostenressourcen kann man den Vorgängen direkt zuordnen und den jeweiligen Betrag fallweise bestimmen. Gängige Kostenressourcen bei derartigen Projekten sind Gebühren für Netzanschluss, Hotelkosten der Monteure oder Miete für einen Absturzsicherungszaun.

¹⁴⁹ Vgl. Schwab 2008 S. 190

¹⁵⁰ Ebenda S. 191

4.2.5.2 Erstellung eines Ressourcenpools

Um nicht bei jedem Bauprojekt, das in der photovoltaischen Großanlagenabteilung durchgeführt wird neue Ressourcen anzulegen zu müssen, ist es sinnvoll einen Ressourcenpool für derartige Projekte zu generieren. Des Weiteren ermöglicht ein Ressourcenpool bei mehreren zeitlich parallel laufenden Projekten eine vernünftige Ressourcenplanung und –überwachung. Da die verschiedenen Projekte die gleichen Ressourcen nutzen und so eine Überwachung erleichtert wird.

In *MS Project Standard* ist der Ressourcenpool eine eigenständige Projektdatei, mit der das zu planende Projekt über EXTRAS / RESSOURCEN GEMEINSAM NUTZEN / GEMEINSAME RESSOURCENNUTZUNG verknüpft wird. In *MS Project Server 2007* erfolgt dies durch das Einrichten eines Enterprise-Ressourcenpools, der nicht wie der Dateibasierte Ressourcenpool von *Project Standard* mit dem Manko behaftet ist, dass jeder Projektplaner uneingeschränkte Schreib- und Lesebefugnisse besitzt, und so Ressourcendaten beliebig verändern kann.¹⁵¹ Weiterhin besteht beim Dateibasierten Ressourcenpool der Nachteil, dass entweder die Ressourcen gemeinsam genutzt werden oder dass jedes Projekt seine eigene Ressourcentabelle nutzt. Eine Mischung aus eigenen Ressourcen und dem Nutzen des Ressourcenpools ist nicht möglich.¹⁵² Dies führt dazu, dass die oben genannten Materiallieferungen, alle in den gemeinsamen Ressourcenpool eingetragen werden müssen, was zu Unübersichtlichkeiten führt. Beim Erstellen des vorläufigen Ressourcenpools leitete ich die Produktionsfaktoren Arbeitseistungen, Betriebsmittel und Werkstoffe¹⁵³, die nötig sind, um eine photovoltaische Anlage zu errichten, in ihre einzelnen Bestanteile ab. Hieraus erhielt ich verschiedene Ressourcen, aus denen ich einen vorläufigen Ressourcenpool generierte, der in Abbildung 24 dargestellt ist.

¹⁵¹ Vgl. Schwab S. 18 2008

¹⁵² Vgl. Schwab S. 232 2008

¹⁵³ Vgl. Bea, Franz; Friedl, Birgit; Schweitzer, Marcell: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Stuttgart 2004, S. 108

	Ressourcename	Art	Materialbeschriftung	Kürzel	Gruppe	Max. Einh.	Standardsatz	Kosten/Einsatz	Kosten
1	Ingenieur 1	Arbeit		Ing 1	Ing.	100%	55,00 €/Std.	0,00 €	3.300,00 €
2	Ingenieur 2	Arbeit		Ing 2	Ing.	100%	55,00 €/Std.	0,00 €	880,00 €
3	Montagetrupp 5 Mann	Arbeit		M 5	Mon.	100%	180,00 €/Std.	0,00 €	33.120,00 €
4	Montagetrupp 3 Mann	Arbeit		M 3	Mon.	100%	108,00 €/Std.	0,00 €	3.888,00 €
5	Montagetrupp 2 Mann	Arbeit		M 2	Mon.	100%	72,00 €/Std.	0,00 €	2.304,00 €
6	Elektrikermeister	Arbeit		E	Ele.	100%	55,00 €/Std.	0,00 €	220,00 €
7	Elektriker	Arbeit		E	Ele.	100%	36,00 €/Std.	0,00 €	1.656,00 €
8	Autokran (25 Tonnen)	Arbeit		Kran	Kran	100%	90,00 €/Std.	0,00 €	720,00 €
9	Autokran (60 Tonnen)	Arbeit		Kran	Kran	100%	120,00 €/Std.	0,00 €	0,00 €
10	Hotekosten	Kosten		Hotel	Kosten				0,00 €
11	Miete Absturzsicherung	Kosten		Miete	Kosten				0,00 €
12	Anschlußgebühren Vatten	Kosten		An	Kosten				3.300,00 €
13	Statisches Gutachten	Kosten		St	Kosten				800,00 €
14	Lieferung 1 (Unterkonst.)	Material	PV20277 Lief.Nr 78154	L 1	Mat.		0,00 €	20.180,00 €	20.180,00 €
15	Lieferung 2 (Module)	Material	PV20277 Lief.Nr 78434	L 2	Mat.		0,00 €	334.716,00 €	334.716,00 €
16	Lieferung 3 (WVR-Kabel)	Material	PV20277 Lief.Nr 78918	L 3	Mat.		0,00 €	24.600,00 €	24.600,00 €

Abbildung 24: Vorläufiger Ressourcenpool

In diesem vorläufigen Ressourcenpool können je nach Bedarf, neue Ressourcen eingetragen werden, die dann den einzelnen Projekten zur Verfügung stehen. Diese Ressourcen können dann projektübergreifend genutzt werden. Im Realfall sollte der Ressourcenpool allerdings mit den Namen der Beteiligten versehen werden, um so eine direkte Zuordnung zu erhalten.

4.2.5.3 Zuordnen der Ressourcen

Die Zuordnung der Ressourcen zu den einzelnen Vorgängen kann in mannigfaltiger Form geschehen. Eine übersichtliche Möglichkeit bietet die Ansicht Balkendiagramm (Gantt). Wobei man hier auf die Spalte Ressourcename von dem jeweiligen Vorgang geht und das Dialogfeld RESSOURCEN ZUORDNEN öffnet. Offnen kann man das Dialogfeld einmal durch das Anwählen des Doppelkopfsymbols in der Standard-Symbolleiste oder über EXTRAS / RESSOURCEN ZUORNEN.

Hier wird zu jedem Vorgang mindestens eine Ressource zugeordnet. Sollte man einem Vorgang mehrere Arbeitsressourcen zuordnen, ist darauf zu achten, dass bei nicht substituierbaren Arbeitsressourcen man die *Leistungssteuerung* deaktiviert. Dies geschieht über das Standard-Symbolistenfeld INFORMATIONEN ZUM VORGANG / SPEZI-

AL. Würde dies nicht geschehen, würden durch die zweite Arbeitsressource die Dauer des Vorgangs verringert werden, da auch sie Arbeit verrichtet, obwohl diese Verkürzung nicht gewünscht wäre. Beispielsweise würde der Vorgang *Transport und Bereitstellung der Gestellkomponenten* neben der Materialressource die Arbeitsressourcen Montagetrupp sowie Autokran beanspruchen. Wenn man nun für diesen Vorgang eine Dauer von 1 Tag veranschlagt hätte, würde nach Zuordnung der zweiten Arbeitsressource bei aktiver Leistungssteuerung die berechnete Dauer im Programm auf 0,5 Tage reduziert werden. Um diese Reduzierung zu vermeiden, die so in der Realität nicht eintritt, muss hier die Leistungssteuerung deaktiviert werden.

Bei Kostenressourcen wird in dem Zuordnungsdialogfeld direkt die Höhe der anfallenden Kosten eingetragen. So würde man bei der Kostenressource Anschlussgebühren direkt den Betrag von beispielsweise 3300 € eintragen.

4.2.5.4 Kapazitätsabgleich

Nach der Zuordnung der Ressourcen zu den Vorgängen wird man wahrscheinlich in der Ansicht Ressourcen-Tabelle überlastete Ressourcen finden. Überlastungen entstehen, im Regelfall, wenn zeitlich parallele Vorgänge zugeordnet wurden, sei es in einem Projekt oder in mehreren, und die betreffenden Ressourcen nicht die dafür benötigte Kapazität besitzen.

Als Lösung für derartige Konflikte führt Schwab auf, dass einmal die Belastung der Arbeitsressourcen in einem größeren Zeitraum betrachtet werden sollte, wie der Wochen- oder Monatsbelastung, die in der Ansicht *Ressource Einsatz* ersichtlich wird. Wenn die Überlastung darin besteht, dass der Arbeitsressource an einem Tag drei Vorgänge á 8 Stunden zugeteilt sind, und so mit 300% belastet ist, aber in dieser Woche nichts anderes zu tun hat, wäre es wahrscheinlich unproblematisch, wenn die Ressource die drei Vorgänge in Eigenregie auf drei Tage verteilen kann.

Eine andere Möglichkeit den Konflikt zu lösen würde darin bestehen, die überlastete Ressource durch eine noch nicht überlastete fachlich ähnliche Ressource zu ersetzen.

Des Weiteren bietet der Blick auf den Netzplan Konfliktlösungspotential. Da hier ersichtlich wird, welche Vorgänge kritisch und welche Vorgänge nicht kritisch sind.

Nichtkritische Vorgänge können um weniger als die gesamte Pufferzeit verzögert werden, ohne dass sich eine Änderung des Endtermins ergibt.¹⁵⁴ Verzögerungen können einmal durch das zeitliche Verschieben des Vorgangs, oder durch zeitliche Dehnung realisiert werden.

Durch das Abverlangen von längerer Arbeitszeiten von den Mitarbeitern die die Ressourcen darstellen, wie Überstunden oder Samstagsarbeit, können darüber hinaus Ressourcenkonflikte entschärft werden.¹⁵⁵ Dies würde allerdings zu höheren Projektkosten und gegebenenfalls zu verminderter Motivation führen.

Höhere Kosten würden ebenfalls durch das Bereitstellen zusätzlicher Kapazitäten entstehen, so wäre es denkbar unternehmensweit nach geeigneten Mitarbeitern zu suchen oder neue einzustellen, sowie Arbeitspakete an Fremdfirmen zu vergeben.

Project bietet neben diesen manuellen Möglichkeiten dem Benutzer einen automatischen Kapazitätsabgleich an. Der über EXTRAS / KAPAZITÄTSABGLEICH ... gestartet werden kann. Schwab rät allerdings, diese Art von Kapazitätsabgleich nicht zu benutzen, da das Programm weder weiß welche Ressourcen substituierbar sind oder welche Mitarbeiter zu Mehrleistungen bereit wären, noch weiß welche Vorgänge sinnvollerweise eine zeitliche Dehnung erfahren könnten. Deshalb kann es bei vorliegenden Ressourcenüberlastungen nur Vorgänge unterbrechen oder verzögern. Und dies macht es in nicht nachvollziehbarer Art und Weise, sodass man sich wundert wo die Termine nach dem automatischen Abgleich liegen.¹⁵⁶

¹⁵⁴ Schwab 2008 S. 251ff.

¹⁵⁵ Ebenda S. 253

¹⁵⁶ Ebenda S. 267ff.

5 Durchführung eines Projektes mit dem erarbeiteten System

5.1 Beschreibung der Projektumstände

5.1.1 Beschreibung des Gebäudes

Mit dem erarbeiteten System soll ein Projekt durchgeführt werden, welches die Errichtung einer photovoltaischen Großanlage auf einer neu gebauten Versandhalle der Firma Wagner zum Ziel hat. Diese Versandhalle entsteht im Standort Kirchhain ($50^{\circ}49'43''N$, $8^{\circ}54'45''O$), und hat eine gesamte Grundfläche von 3060 m^2 , in Abbildung 25 die schraffierte Fläche. Auf dem 2190 m^2 großen Satteldach der Halle (doppelt schraffierte Fläche) soll die Photovoltaikanlage installiert werden.

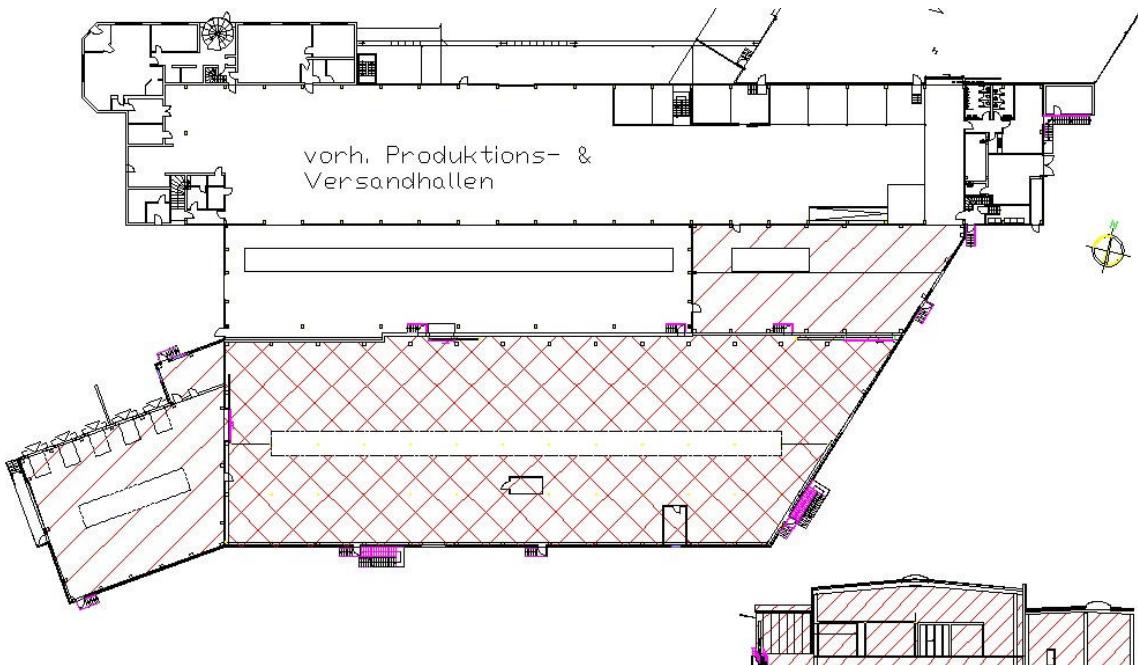


Abbildung 25: Geplante Versandhalle in Kirchhain

Eigentlich sollte der Rohbau der Halle Ende April 2009 abgeschlossen sein, so dass mit der Installation der Solarmodule begonnen werden könnte. Dieser Termin musste allerdings auf Grund des strengen Winters und Problemen beim Rückbau der auf dem Gelände befindlichen alten Fundamente um 6-8 Wochen verschoben werden. Dieser Umstand verhinderte einmal, dass ich im Rahmen dieser Arbeit, über die gesamte Laufzeit des Projektes berichten kann. Andererseits konnte ich, da die Planung der Anlage noch nicht abgeschlossen war, an der Detailplanung beteiligt werden. Hierraus resultierte die vorläufige Modulbelegung, welche sich in Anhang E befindet.

5.1.2 Besonderheiten der Zieldefinition

Da die Firma Wagner sowohl als Planer und Installateur als auch als Betreiber der Solaranlage auftritt, werden hier die Ziele des internen Auftraggebers wirksam. So sollte hier einerseits unbedingt auf einen zügigen Baufortschritt geachtet werden, sodass die Solaranlage noch vor den sonnenintensiven Sommermonaten an das Netz angeschlossen werden kann, und so diese ertragreiche Zeit genutzt wird. Andererseits verliert hier das Ziel *hohe Umsatzrentabilität des Auftrages* seine Bedeutung.

Des Weiteren wurde von der Materialwirtschaftsabteilung gefordert, dass bei diesem Projekt ein besonderer Modultyp verwendet wird, der im großen Umfang im Lager vorhanden ist.

Ein anderer Grund für ein außergewöhnliches Ziel, welches möglicherweise in der Ausführungsplanung beachtet werden müsste, ist der denkbare, durch die gegenwärtige Wirtschaftskrise verursachte, Absatzrückgang. Hierdurch würden in der Produktions- und in der Versandabteilung Arbeitskapazitäten frei, die, anstatt in Kurzarbeit geschickt, Montagetätigkeiten durchführen könnten. Dies ist allerdings zu diesem Zeitpunkt nur ein Gedankenspiel.

5.2 Planung des Projektes

5.2.1 Zusammenbau des Projektstrukturplans

Nachdem die Ziele des Projektes bekannt waren, konnte man sich der Planung der Projektaufgaben zuwenden. Hierfür waren noch gewisse Informationen für die Bauausführung notwendig, wie etwa, wo sich der Standort der Wechselrichter befinden soll, da der Standort der Wechselrichter die Notwendigkeit von Kabelkanälen bestimmt. Andere Informationen, die zur Erstellung des Projektstrukturplans notwendig waren, wie die Beschaffenheit der Dachoberfläche, welche die Verbindmöglichkeiten zwischen der Unterkonstruktion und der Dachhaut beeinflusst, waren aus den Bauplänen der Halle ersichtlich. Zusätzliche Informationen, wie zum Beispiel dass das Gerüst, welches die Dachdecker benutzen, auch für die Monteure der Photovoltaikanlage zur Verfügung steht, erhielt ich in weiteren Gesprächen mit dem Leiter der Immobilienbau GmbH und eines planenden Ingenieurs.

Bei der Erstellung des Projektstrukturplans wurde das in Abschnitt 4.2.3.3 (Darstellung des standardisierten Projektstrukturplan in *MS Visio*), beschriebene Zeichenblatt geöffnet und die folgenden Varianten der Teilprojekte ausgewählt, und mit dem Projekt-mastershape verbunden.

Als Variante der Sicherungsmaßnahmen kommt hier die Gerüstvariante zum Einsatz. Diese muss allerdings auf die Gegebenheiten des Projektes angepasst werden. Da das Hallengebäude nicht extra für die Photovoltaikanlage eingerüstet wird, sondern das Gerüst auch für andere Arbeiten am Dach und der Fassade benötigt wird. Als Anpassung wird das Arbeitspaket *Gerüstbau planen und Gerüst bestellen* im Projektstrukturplan gelöscht, da diese Arbeiten von der Bauleitung der Baustelle übernommen werden. Das Arbeitspaket *Gerüst abbestellen* blieb als Erinnerung an den Informationsaustausch mit der Bauleitung bezüglich des Gerüstes stehen.

Da das Hallendach nur eine Neigung von 5° aufweist, und man in diesen Breiten mit einer Neigung der Module zwischen 25 und 30° die größten Erträge erzielt, ist es vorteilhaft, die Unterkonstruktion der Anlage als Freiaufstellung auszuführen. Hierfür wurde die Variante *Tric F mit Dachverbindung* gewählt. Da der Winkel dieses Gestelles stufenlos verstellbar ist, eignet es sich besonders für diesen Einsatz. So kann man auf der Südseite der Halle einen Gestellwinkel von 25° einstellen, der sich mit dem Winkel des Daches auf 30° summiert. Auf der Nordseite hingegen werden 35° entgegen der Nachneigung eingestellt, was zur Folge hat, dass die Module ebenfalls in einem 30° Winkel zur Sonne stehen. Die Verbindung mit dem Trapezblech des Hallendachs erfolgt mit selbstschneidenden Blechschrauben und einer abdichtenden Neopren-Unterlage. Diese Abdichtung zwischen metallener Unterkonstruktion und Hallendachblech, erfordert die zusätzliche Einbindung der Gestellkonstruktion in den Potenzialausgleich des Gebäudes, da hier kein eindeutig leitender Querschnitt vorhanden ist. So wird hier bei dem Teilprojekt Modulbelegung die Variante mit Potenzialausgleich wirksam.

Bei den Teilprojekten der elektrischen Anschlüsse, wird einmal für das DC-Seitige Teilprojekt die Variante mit Kabelkanälen gewählt, da die Kabelkanäle wegen der langen Kabelwege zwischen den einzelnen Modulfeldern und dem Standort der Wechselrichter notwendig sind. Als Standort für die Wechselrichter wurde hier die Nordwand der Halle gewählt, da man hier die Wechselrichter mit einem Witterungsschutz versehen kann; positiv wirkt sich weiterhin aus, dass sie dort vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt sind. Der AC-Anschluss der Anlage wird von der regionalen Elektroinstallateurfirma *Elektro Rühl* durchgeführt. Da diese Firma auch die anderen Teile der Gebäudetechnik der Halle installiert, erleichtert dies die Kommunikation auf der Baustelle. Hier muss erneut die Variante angepasst werden, da es hier zu keiner Angebotsanfrage bei anderen Elektroinstallationsfirmen kommt. Deshalb werden die Arbeitspakete *Angebotsanfrage* und *Vergabe des Auftrages* gelöscht.

Die Fernüberwachung der Anlage wird durch ein *Meteocontrol*-Gerät übernommen. Dieses übermittelt Daten über die eingespeiste Leistung der Wechselrichter an ein Internetportal. Hier kann die Leistung der Wechselrichter abgefragt werden. Zusätzlich versendet es automatisch E-Mails, wenn Anlagenteile nicht die geforderte Leistung erzielen. Neben der Fernüberwachung ist in diesem Teilprojekt noch die Anlagenkommunikation gegliedert. Diese Kommunikation zwischen den Wechselrichtern führt bei einem Ausfall eines Wechselrichters dazu, dass die anderen Wechselrichter, die auf den anderen Phasen des Drehstromnetzes liegen, weniger Leistung übertragen, und so die Schieflast im Stromnetz begrenzt wird. Hierbei werden immer drei Wechselrichter, die jeweils auf einer Phase einspeisen in einer Dreiergruppe zusammengefasst. Fällt dann einer der drei Wechselrichter aus, begrenzt das *Power Balanceingsystem* die Einspeiseleistung der anderen beiden, sodass nur eine maximale Schieflast von 4,6 kVA¹⁵⁷ entsteht. Folglich kommt hier die Variante *Meteocontrol mit Power Balancing* zum Einsatz. Der fertig zusammengebaute Projektstrukturplan ist in Abbildung 26 ersichtlich. Die Meilensteinsitzungen sind hier rot, Teilprojekte grün und Arbeitspakete hellblau hinterlegt. Eine detaillierte Aufgliederung des Projektstrukturplans befindet sich in Anhang C.

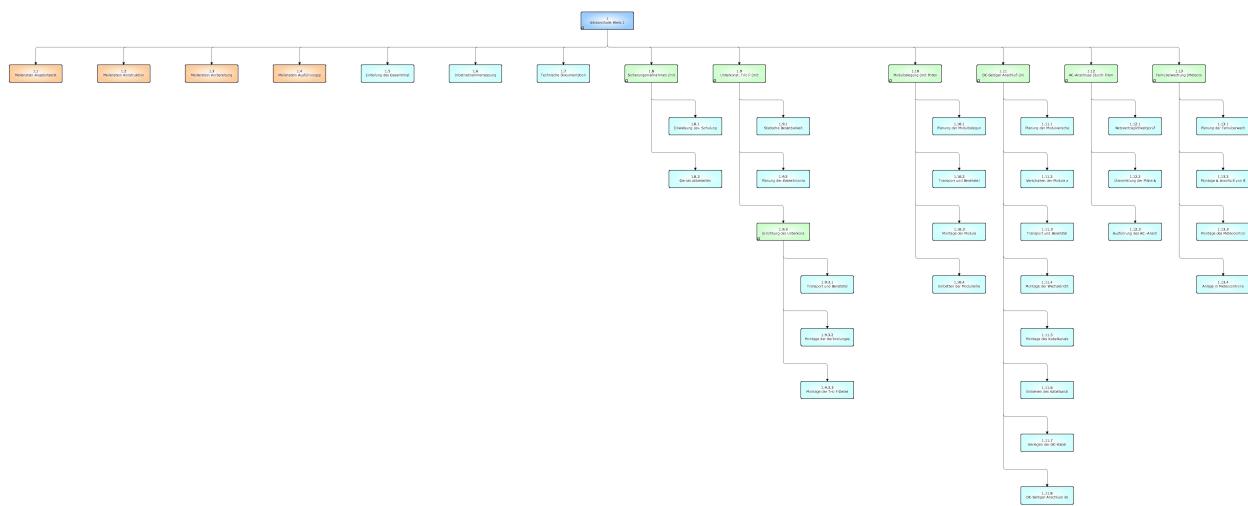


Abbildung 26: Projektstrukturplan des Anlagenprojekts *Versandhalle Werk 1*

¹⁵⁷http://www.enbw.com/content/de/partner/_media/pdf/richtlinien/RL_Eigenerzeugungsanl_Niederspannung_2005-09.pdf

5.2.2 Ablaufplanung des Projekts

Der zusammengestellte Projektstrukturplan wurde dann wie in 4.2.3.5 Export in *MS Project* beschrieben in die Projektmanagementsoftware *MS Project* übertragen. Bei der Erstellung der Ablaufplanung (nach 4.2.4 Softwaregestützte Termin- und Ablaufplanung) wurden hier erst die Abhängigkeiten der Vorgänge bestimmt. Dieser Arbeitsschritt war relativ unkompliziert, wobei sich das Bestimmen der Vorgangsdauern und das Zuordnen von Arbeitsressourcen (siehe 4.2.5 Softwaregestützte Ressourcen- und Kapazitätsplanung) als teilweise relativ kompliziert erwies, da in diesem Planungsstadium noch ca. 6-8 Wochen vergehen bis es zur Bauausführung der Solaranlage kommt, und es zwar grobe Vorstellungen von der Monteurbesetzung gibt, diese allerdings durch eventuell frei werdende Kapazitäten in anderen Unternehmensbereichen verstärkt werden sollten. Für diese Planung ging ich deshalb von einer „normalen“ Besetzung des Montagetrupps aus, der dann aus drei Monteuren besteht.

In Abbildung 27 ist der Netzplan des Projekts ersichtlich, wobei der kritische Pfad (rot markiert) erst in der Ausführungsphase beginnt, da durch die verspätete Ausführung des Hallenbaus erst ab der Ausführungsphase Termindruck für das durchzuführende Projekt besteht. Aus Gründen der Übersichtlichkeit, sind die Vorgänge hier in der Detailansicht dargestellt. In Anhang D befindet sich ein Balkendiagramm des Projektes, in dem auch die Ressourcen zugeordnet sind. Dieser würde in der Realität allerdings noch eine zeitliche Dehnung erfahren, da durch die erwähnte Verzögerung „Leerlaufzeiten“ im Projektfortschritt existieren.

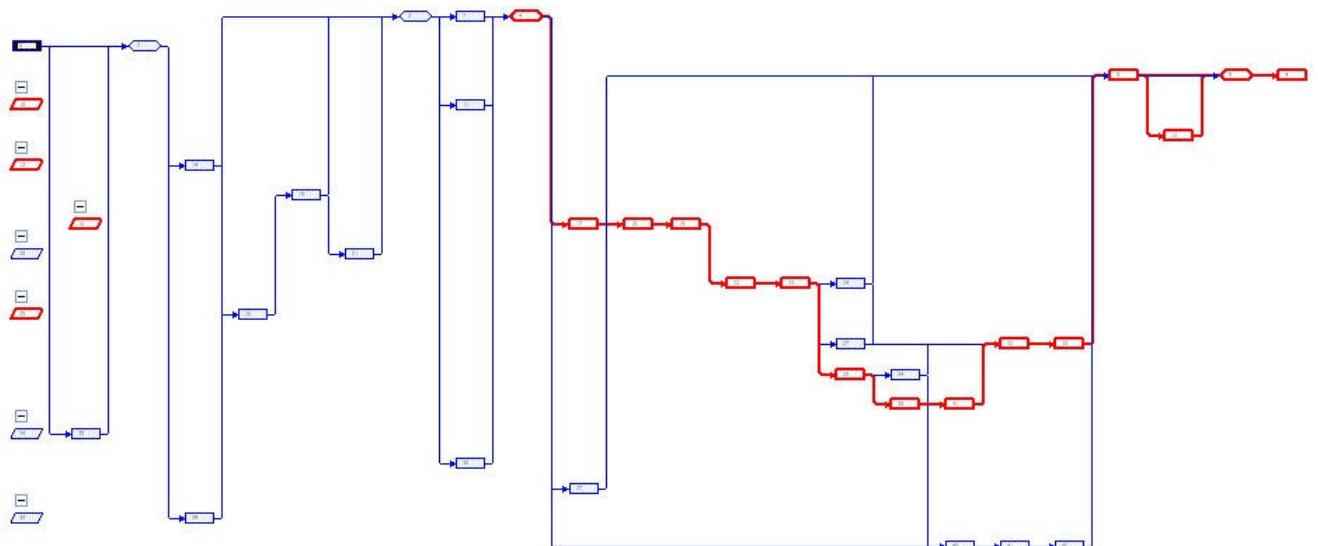


Abbildung 27: Netzplandiagramm des Projektes

5.3 Kritik an den eingesetzten Instrumenten

Eine wirkliche Beurteilung des softwaregestützten Projektmanagementsystems kann leider wegen des beschränkten zeitlichen Einsatzes während der Projektlaufzeit nicht abgegeben werden. Es erwies sich bei der Erstellung des Projektstrukturplanes und bei der Ablauf- und Ressourcenplanung als nützliches und praktikables Instrument. So konnte etwa der Projektstrukturplan innerhalb von ca. 20 Minuten erstellt werden. Die Ablauf- und Ressourcenplanung nahm allerdings deutlich mehr Zeit in Anspruch.

Ob diese Pläne, besonders die Ablauf- und Ressourcenpläne, in der Realität wirklich umzusetzen sind, könnte nur eine Betrachtung des abgeschlossenen Projektes beurteilen. Allerdings erfordert die Umsetzung dieser Pläne auch die Motivation der beteiligten Projektmitarbeiter, mit einem solchen System überhaupt umzugehen, und die Pläne während des Projektes auch zu pflegen, und gegebenenfalls an die externen Umstände anzupassen. Des Weiteren erfordert die Arbeit mit den Instrumenten gewisse Einarbeitung in die Softwareprogramme und die Theorie des Projektmanagements. Die Einarbeitung in die Softwareprogramme vermeidet zum einen Fehler, die insbesondere im *WBS Modeler*, zeitaufwändige Nacharbeiten vermeiden. Zum anderen fördert der geschulte Umgang mit den Programmen eine produktive Planungsarbeit.

Positiv für die Projektarbeit wirkt sich zudem das früh notwendig werdende Durchdenken der einzelnen Projektteile aus. Dies wird einmal in der Projektstrukturplanung erforderlich, um sich einmal zwischen den Varianten zu entscheiden. Weiterhin muss man bei dem Planen der Abhängigkeiten den Projektlauf genau durchdenken. So wird in einem frühen Stadium der Projektarbeit die Kommunikation zwischen den Beteiligten gefördert, und kann so Missverständnissen vorbeugen.

6 Fazit

Mit dem erarbeiteten softwaregestützten Projektmanagementsystem entstand ein nützliches Werkzeug für die Projektplanung. So können nun relativ einfach Projektstruktur-, Ablauf- sowie Ressourcenpläne erstellt werden. Diese dienen der Visualisierung der Projektumstände und fördern so die Kommunikation zwischen den Projektmitarbeitern untereinander, sowie mit projektexternen Institutionen. Des Weiteren wird die Koordination der Projekttressourcen durch das Erstellen von Terminen erleichtert.

Das Prinzip des entwickelten standardisierten Schubladenprojektstrukturplans und dessen Weiterverarbeitung, kann in abgeänderter Form auch bei anderen Projektarten verwendet werden. So wäre es denkbar, in anderen Unternehmensbereichen oder Unternehmen, in denen oft ähnliche Projekte durchgeführt werden, wie etwa dem thermischen Großanlagenbau oder bei dem Errichten von Messeständen, Schubladenprojektstrukturpläne und daraus folgende Ablauf- und Ressourcenpläne einzurichten. Darüber hinaus könnte das erfolgreiche Arbeiten mit einem Projektmanagementsystem in einem Unternehmensbereich, dem Projektmanagement in dem gesamten Unternehmen weiteren Auftrieb geben.

Anhang A: Beispiel einer Kostenabfrage

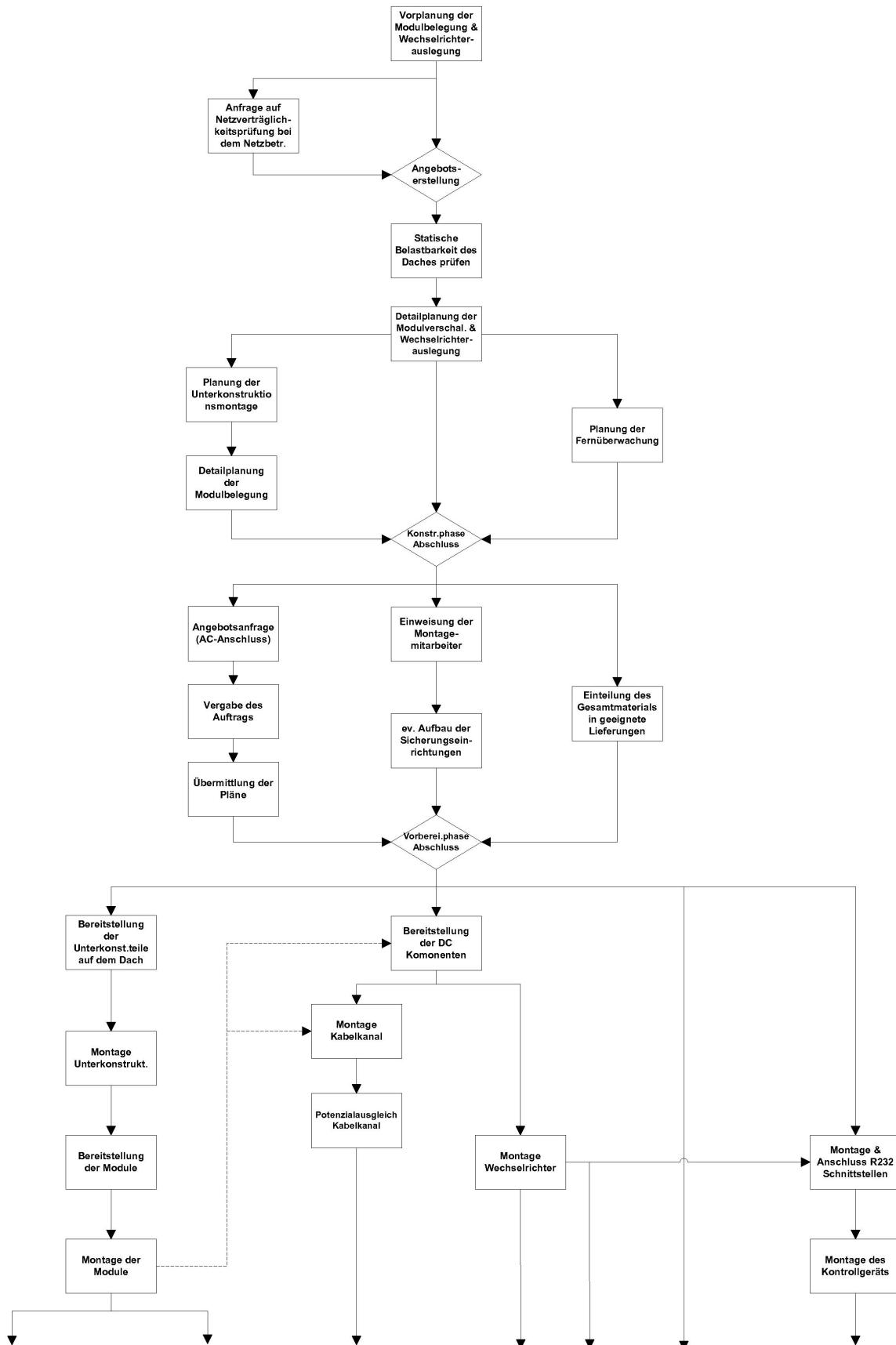
Kosten aus Projektstrukturplanung

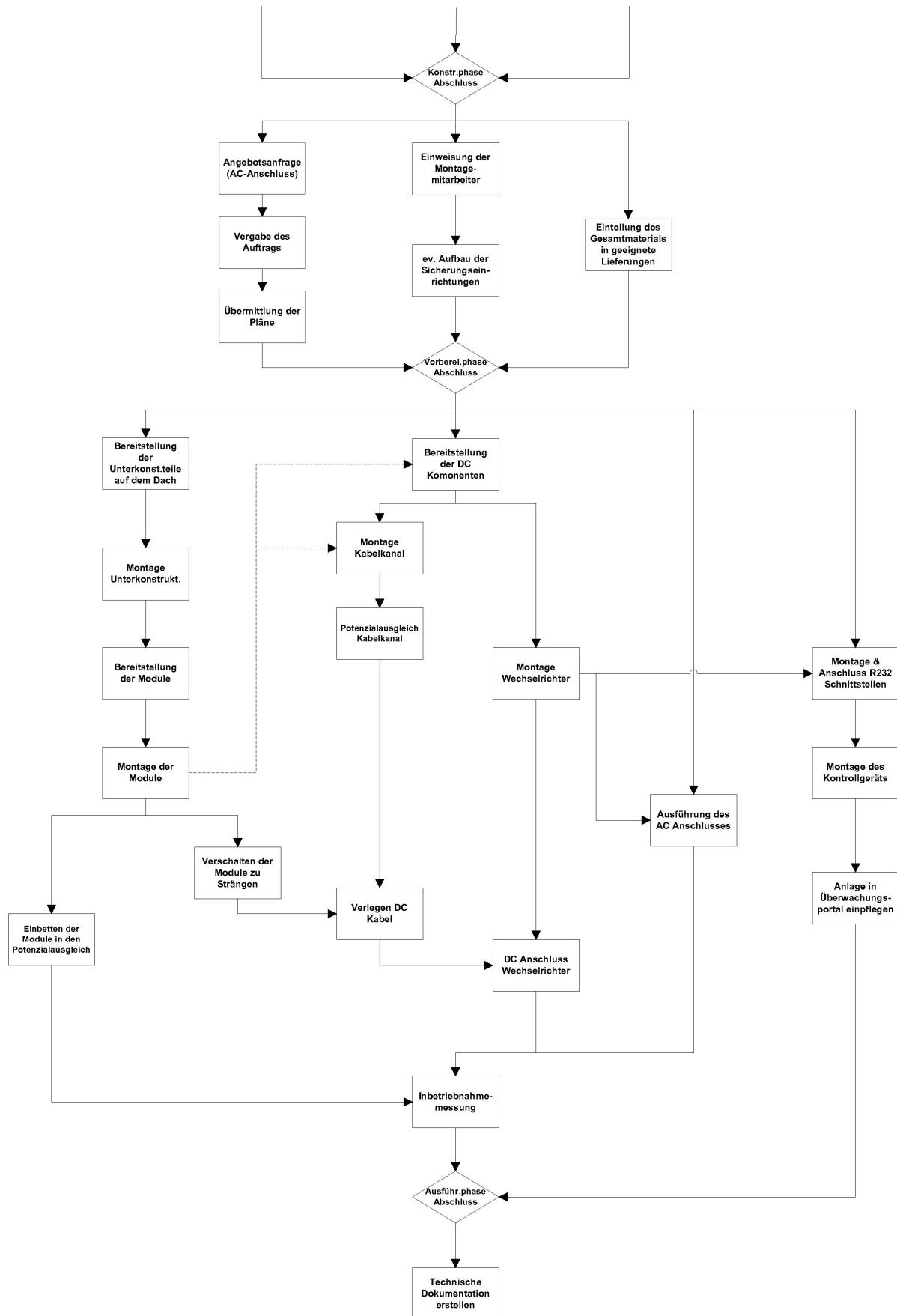
PSP Nr	Name der Tätigkeit	€/kWp
1	Projektname	0
1.1	Meilenstein Angebotserstellung	1
1.10	Modulbelegung (mit Potenzialausgleich)	0
1.10.1	Planung der Modulbelegung	2
1.10.2	Transport und Bereitstellung auf dem Dach	4
1.10.3	Montage der Module	2900
1.10.4	Einbetten der Modulreihen in den Potenzialausgleich	20
1.11	DC-Seitiger Anschluß (mit Kabelkanal)	0
1.11.1	Planung der Modulverschaltung, Wechselrichterausle	4
1.11.2	Verschalten der Module zu Stränge	10
1.11.3	Transport und Bereitstellung der Elemente des DC-An	2
1.11.4	Montage der Wechselrichter	280
1.11.5	Montage des Kabelkanals	20
1.11.6	Einbetten des Kabelkanals in den Potenzialausgleich	10
1.11.7	Verlegen der DC-Kabel	35
1.11.8	DC-Seitiger Anschluss der Wechselrichter	15
1.12	AC-Anschluß (durch Fremdfirma) inkl. Gebühren	160
1.12.1	Angebotsanfrage (+5Tage)	0
1.12.2	Vergabe des Auftrages & Terminbestimmung	0
1.12.3	Übermittlung der Pläne & Informationen	0
1.12.4	Ausführung des AC-Anschlusses durch Fremdfirma	0
1.13	Fernüberwachung (mit WebBox)	0
1.13.1	Planen der Fernüberwachung	1
1.13.2	Bestücken der Wechselrichter mit R232 + Anschluß	10
1.13.3	Montage der WebBox	7
1.13.4	Anlage im Internet, bzw. Intranet darstellen	2
1.2	Meilenstein Konstruktionsphase	0
1.3	Meilenstein Vorbereitungsphase	0
1.4	Meilenstein Ausführungsphase	0
1.5	Einteilung des Gesamtmaterials in geeignete Lieferun	0
1.6	Inbetriebnahmemessung	5
1.7	Technische Dokumentation	2
1.8	Sicherungsmaßnahmen (mit Absturzsicherung)	0
1.8.1	Einweisung (ev. Schulung) der Mitarbeiter	4
1.8.2	Absturzsicherung	40
1.8.2.1	Entliehung, Transport und Bereitstellunfg der Absturzs	0
1.8.2.2	Absturzsicherung aufbauen	0
1.8.2.3	Absturzsicherung abbauen	0
1.8.2.4	Transport und Rückgabe der Absturzsicherung	0
1.9	Unterkonstrukt. (Tric F + Kiesplatten)	0
1.9.1	Statische Belastbarkeit des Daches ermitteln	2
1.9.2	Planung der Unterkonstruktion	2
1.9.3	Errichtung der Unterkonstruktion	0
1.9.3.1	Transport der Gestellkomponenten, Gewichte sowie B	3
1.9.3.2	Montage der Gestelle, Schienen und Kiesplatten	168
1.9.3.3	Montage der Gewichte	240

Summe der Kosten [€/kWp]

3949

Anhang B: Flussdiagramm der Abhängigkeiten

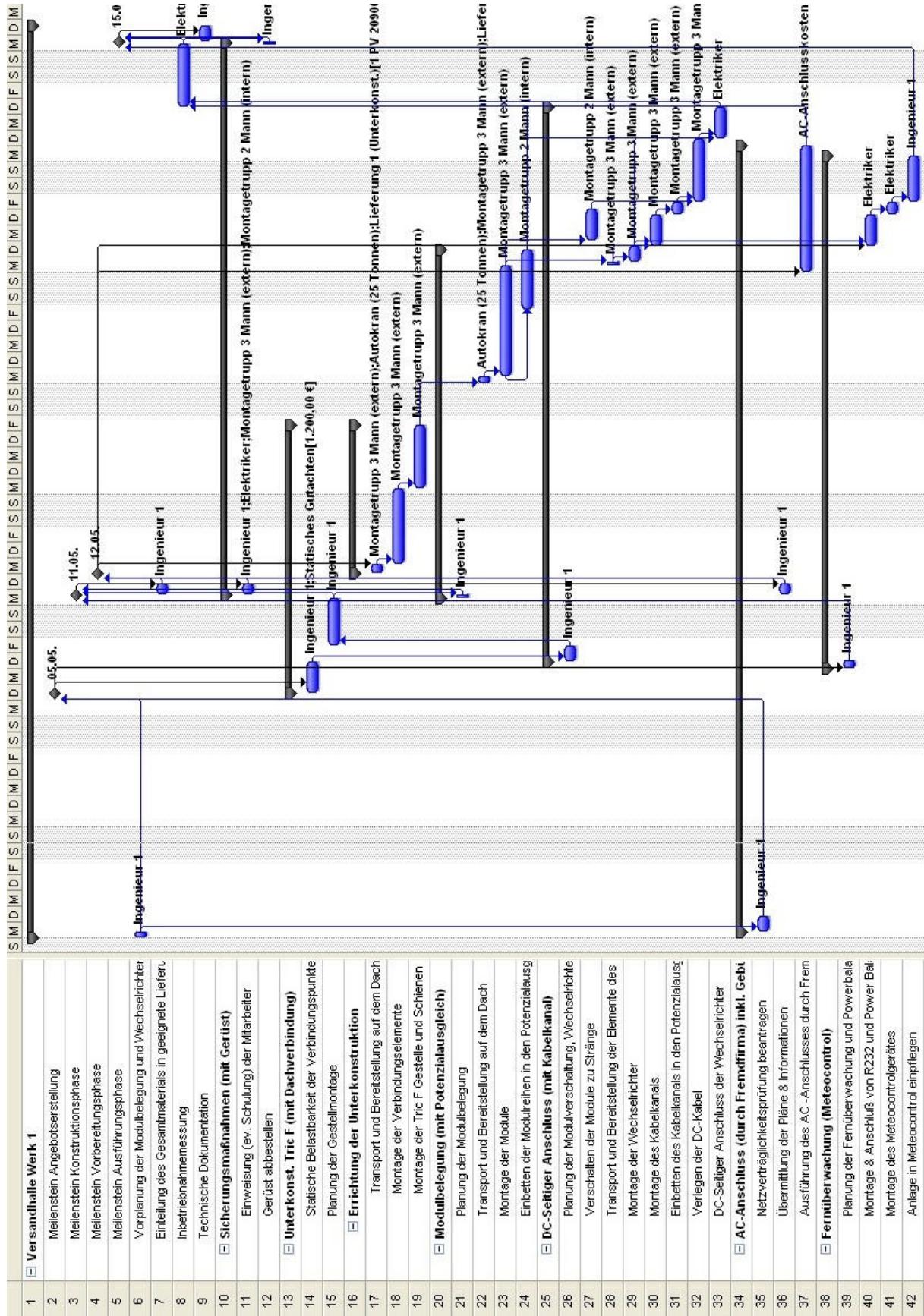


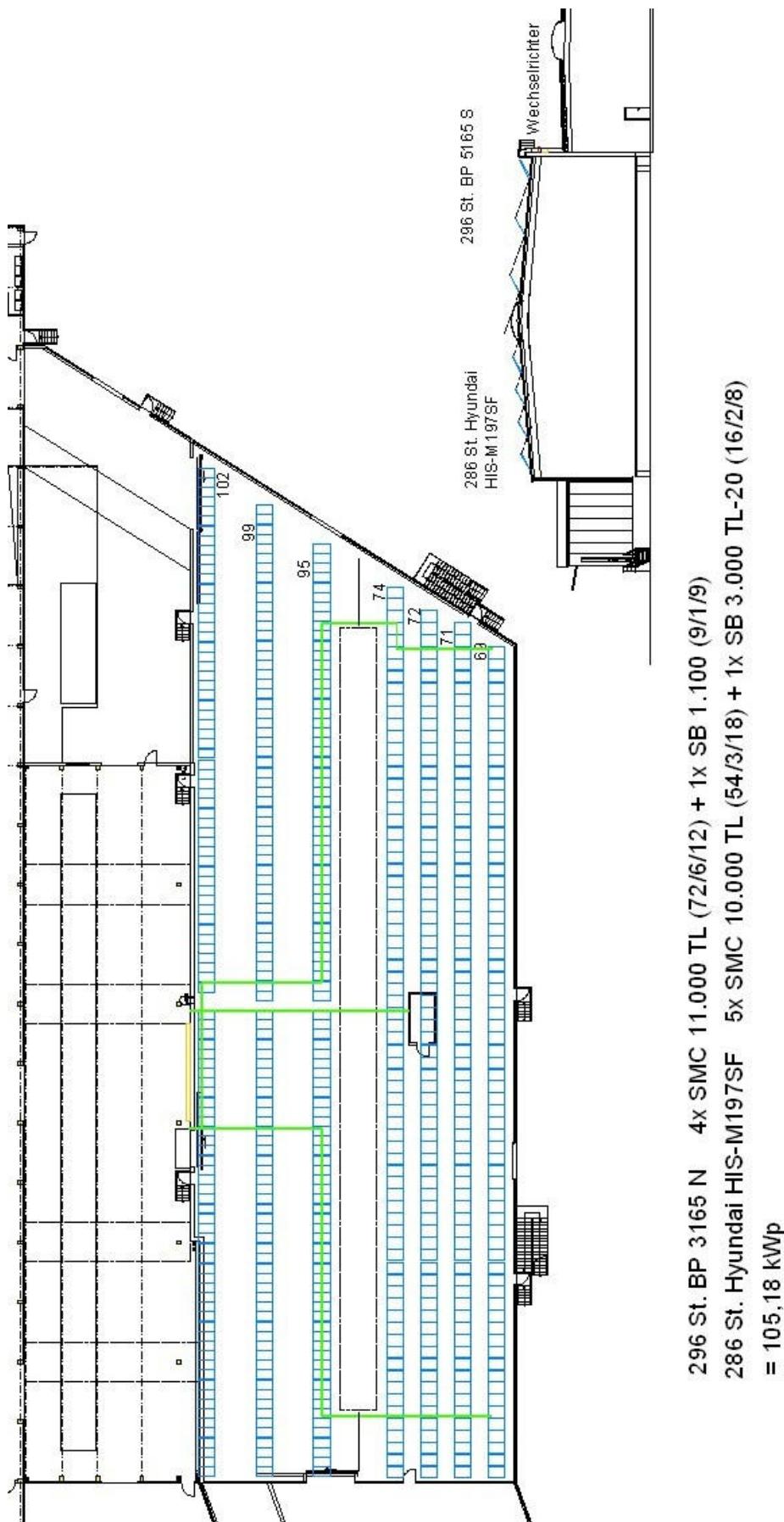


Anhang C: Liste der Arbeitspakete des Projektes WaKi 2

- 1 **Versandhalle Werk 1**
 - 1.1 *Meilenstein Angebotserstellung*
 - 1.2 *Meilenstein Konstruktionsphase*
 - 1.3 *Meilenstein Vorbereitungsphase*
 - 1.4 *Meilenstein Ausführungsphase*
 - 1.5 Vorplanung der Modulbelegung und Wechselrichterauslegung
 - 1.6 Einteilung des Gesamtmaterials in geeignete Lieferungen
 - 1.7 Inbetriebnahmemessung
 - 1.8 Technische Dokumentation
 - 1.9 **Sicherungsmaßnahmen (mit Gerüst)**
 - 1.9.1 Einweisung (ev. Schulung)
 - 1.9.2 Gerüst abbestellen
 - 1.10 **Unterkonst. Tric F (mit Dachverbindung)**
 - 1.10.1 Statische Belastbarkeit der Verbindungspunkte prüfen
 - 1.10.2 Planung der Gestellmontage
 - 1.10.3 Errichtung der Unterkonstruktion
 - 1.10.3.1 Transport und Bereitstellung auf dem Dach
 - 1.10.3.2 Montage der Verbindungselemente
 - 1.10.3.3 Montage der Tric F Gestelle und Schienen
 - 1.11 **Modulbelegung (mit Potenzialausgleich)**
 - 1.11.1 Planung der Modulbelegung
 - 1.11.2 Transport und Bereitstellung auf dem Dach
 - 1.11.3 Montage der Module
 - 1.11.4 Einbetten der Modulreihen in den Potenzialausgleich
 - 1.12 **DC-Seitiger Anschluss (mit Kabelkanal)**
 - 1.12.1 Detailplanung der Modulverschaltung, Wechselrichterauslegung und Kabeldimen.
 - 1.12.2 Verschalten der Module zu Stränge
 - 1.12.3 Transport und Bereitstellung der Elemente des DC-Anschlusses
 - 1.12.4 Montage der Wechselrichter
 - 1.12.5 Montage des Kabelkanals
 - 1.12.6 Einbetten des Kabelkanals in den Potenzialausgleich
 - 1.12.7 Verlegen der DC-Kabel
 - 1.12.8 DC-Seitiger Anschluss der Wechselrichter
 - 1.13 **AC-Anschluss (durch Fremdfirma)**
 - 1.13.1 Netzverträglichkeitsprüfung beantragen
 - 1.13.2 Übermittlung der Pläne & Informationen
 - 1.13.3 Ausführung des AC -Anschlusses durch Fremdfirma
 - 1.14 **Fernüberwachung (Meteocontrol)**
 - 1.14.1 Planung der Fernüberwachung und Powerbalancingpaarung
 - 1.14.2 Montage & Anschluss von R232 und Power Balancer
 - 1.14.3 Montage des Meteocontrolgerätes
 - 1.14.4 Anlage in Meteocontrol einpflegen

Anhang D: Ganntdiagramm des Projektes WaKi 2



Anhang E: Vorläufige Modulbelegung der Halle

Literaturverzeichnis

Bea, F.; Friedl, B.; Schweitzer, M.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre
Lucius & Lucius Verlag Stuttgart 2004, ISBN 3-8252-1081-2

Bilas, M.; Jäger, M.; Meyer M.: Einen großen Schritt voran; PM-Software: Microsoft Project 2007, in Projektmanagement aktuell 4/2006

Costa, C.: Der Kunde wird König; In Photovoltaik, 1/2009,
URL: [http://www.photovoltaik.eu/heftarchiv/artikel/kategorie/01-2009/beitrag/der-kunde-wird-knig-_100001011/86/?tx_ttnews\[backCat\]=67&cHash=0155ce8a5c](http://www.photovoltaik.eu/heftarchiv/artikel/kategorie/01-2009/beitrag/der-kunde-wird-knig-_100001011/86/?tx_ttnews[backCat]=67&cHash=0155ce8a5c)
(Datum des Zugriffs: 15. April 2009)

DIN Deutsches Institut für Normung, Ausschuss Netzplantechnik und Projektmanagement (ANPM): **DIN 69901** Projektwirtschaft – Projektmanagement – Begriffe, DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin 1987
(Wurde im Januar 2009 ersetzt durch DIN 69901-5)

DIN Deutsches Institut für Normung, Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ):**DIN 69900**, Projektmanagement – Netzplantechnik; Beschreibung und Begriffe, DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin 2009

DIN Deutsches Institut für Normung, Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ): **DIN 69901-5**, Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 5: Begriffe, DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin 2009

Groh, H.; Gutsch, R.: Netzplantechnik; Eine Anleitung zum Projektmanagement für Studium und Praxis, VDI-Verlag Düsseldorf 1982, ISBN 3-18-400458-9

Groth, R.: Projektmanagement in Mittelbetrieben; Planung und Durchführung von Einmalig großer Vorhaben, Deutscher Instituts-Verlag Köln 1983, ISBN 3-602-14066-0

Hansel, J.; Lomnitz G.: Projektleiter-Praxis; erfolgreiche Projektabwicklung durch verbesserte Kommunikation und Kooperation, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2000, ISBN 3-540-64257-9

Heinemann, H.: IT-Projektmanagement; Fallstricke und Erfolgsfaktoren, Erfahrungsberichte aus der Praxis, dpunkt.verlag Heidelberg 2003, ISBN 3-89864-215-1

Heintel, P.; Krainz E.: Projektmanagement; eine Antwort auf die Hierarchiekrise ? Betriebswirtschaftlicher Verlag Wiesbaden 1994, ISBN 3-409-33202-2

KIDASA Software: Gantt Charts History;
URL: <http://www.ganttchart.com/History.html> (Datum des Zugriffs: 29. März 2009)

Kerzner H.: Project Management; a System Approach to planning, scheduling and controlling, mitp-Verlag Bonn 2003, ISBN 3-8266-0983-2

Landau, K.; Hellwig, R.: Einführung in das Projektmanagement; für Ingenieure, ergonomia Verlag Stuttgart 2005, ISBN 3-935089-75-9

Litke, H.: Projektmanagement; Methoden, Techniken, Verhaltensweisen, Evolutionäres Projektmanagement, Carl Hanser Verlag München 2007, ISBN 978-3-446-40997-2

Madauss, B.: Handbuch Projektmanagement; mit Handlungsanleitungen für Industriebetriebe, Unternehmensberater und Behörden, Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart 1994, ISBN 3-7910-0694-0

Martino, R.: Project Management and Control: Volume I; Finding the Critical Path, American Management Association New York 1964, LC Control No 64-18544

Meyer, M.: Operations Research Systemforschung; Eine Einführung in die praktische Bedeutung, Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1996, ISBN 3-8852-1231-9

Microsoft PressPass: Microsoft Agrees to Acquire Visio as Part of Mission To Increase Productivity for Businesses;

URL: <http://www.microsoft.com/presspass/press/1999/sept99/visiopr.mspx>
(Datum des Zugriffs: 29. März 2009)

NASA Management Manual, Planning and Implementation of NASA Projects, 1963, Chapter 4 – I

Neumann, K., Morlock, M.: Operations Research, Hanser Verlag München 2002, ISBN 3-446-22140-9

Oess, A.; Total quality management; die ganzheitliche Qualitätsstrategie, Betriebswirtschaftlicher Verlag Wiesbaden 1993, ISBN 3-409-33623-0

Pfeiffer A.: Vom Pyramidenbau zum Manhattan Project; 25 Jahre GPM: Projektmanagement im Spiegel der Zeit, in Projektmanagement aktuell, 1/2004

Platz, J.; Schmelzer, H.: Projektmanagement in der industriellen Forschung und Entwicklung; Einführung anhand von Beispielen aus der Informationstechnik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1986, ISBN 3-540-17108-8

Quasching V.: Energieaufwand zur Herstellung regenerativer Anlagen

URL: <http://www.volker-quaschning.de/datserv/kev/index.html>
(Datum des Zugriffs: 09. April 2009)

Reschke, H.; Svoboda, M.: Projektmanagement; Konzeptionelle Grundlagen, Gesellschaft für Projektmanagement INTERNET Deutschland e.V., München 1984, ISBN 3-924841-00-4

Saynisch, M.; Schelle, H.; Schub, A.: Projektmanagement; Konzepte, Verfahren, Anwendungen, Oldenbourg Verlag München 1979, ISBN 3-486-23851-5

Schelle, H.: Projekte zum Erfolg führen; Projektmanagement systematisch und kompakt, Deutscher Taschenbuch Verlag München 2007, ISBN 978-3-423-0588-9

Schmitz, H.: Projektplanung und Projektcontrolling; Planung und Überwachung von besonderen Vorhaben, VDI-Verlag Düsseldorf 1986, ISBN 3-18-400633-6

Schock-Werner, B.: Baugeschichte;

URL: <http://www.koelner-dom.de/index.php?id=baugeschichte>

(Datum des Zugriffs: 29. März 2009)

Schröder, H.: Projekt-Management; Eine Führungskonzeption für außergewöhnliche Vorhaben, Betriebswirtschaftlicher Verlag Wiesbaden 1973, ISBN 3-409-32022-9

Schwab, J.: Geschäftsprozessmanagement mit Visio, ViFlow und MS Project, Hanser Verlag München 2006, ISBN 3-446-40464-3

Schwab, J.: Projektplanung und realisieren mit Project 2007; Das Praxisbuch für alle Project-Anwender, Hanser Verlag München 2008, ISBN 978-3-446-41342-9

Sneed, H.: Software Management, Vertragsgesellschaft Rudolf Müller Köln 1987, ISBN 3-481-36121-1

Speer, A.: Erinnerungen, Ullstein Verlag Berlin 1969, ISBN 3-550-06074-2

Šúri, M.; Cebecauer T.; Huld T.; Dunlop E.: URL: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
European Commission, Joint Research Centre Institut for Energy, Renewable Energy Unit,
(Datum des Zugriffs: 09. April 2009)

U. S. Department of the Interior: Hoover Dam; Frequently Asked Questions and Answers;
URL: <http://www.usbr.gov/lc/hooverdam/faqs/damfaqs.html> (Datum des Zugriffs: 29. März 2009)

Verband der Netzbetreiber – VDN: Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz
URL: http://www.enbw.com/content/de/partner/_media/pdf/richtlinien/RL_Eigenerzeugungsanl_Niederspannung_2005-09.pdf (Datum des Zugriffs: 18. April 2009)

Wasielewski, E.: Projektvergleichstechnik; Daten abgeschlossener Projekte für Trendermittlung, Benchmarks und Prognosen nutzen, TÜV-Verlag Köln 2003,
ISBN 3-8249-0710-0

Zielasek, G.: Projektmanagement; erfolgreich durch die Aktivierung aller Unternehmensbereiche, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1995, ISBN 3-540-59295-4

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift

