

Leistungsverrechnung in der IT Modell

Status: in Arbeit

Verfasser: H. Kunde, F. Mauerer
Datum: 18.09.2006

Inhalt:

1	Zielsetzung und Abgrenzung.....	2
1.1	Begriffe.....	2
1.2	Abgrenzung.....	3
1.3	Zielgruppe.....	3
2	Grundlagen.....	4
2.1	Prozeßmodell.....	4
2.2	SLA-Modell.....	6
3	Verrechnungsmodell.....	10
3.1	Leistungsgraph und Leistungsmatrix.....	10
3.1.1	Praxisbeispiel.....	10
3.1.2	Rekursionsfreiheit und Organisationskonformität.....	11
3.1.3	Definition.....	12
3.2	Die L-Metrik.....	16
3.3	Kostenstellen.....	17
3.3.1	Outsourcing einer Leistung.....	19
3.3.2	Bezug zur Organisation.....	20
3.4	Kundenschnittstelle und Verrechnung.....	21
3.4.1	Leistungsverrechnung gemäß Kostenfaktoren.....	23
3.4.2	Leistungsverrechnung gemäß Malus/Bonus/Rabatt-Regeln.....	24
3.4.3	Leistungsverrechnung gesamt.....	27
3.5	Zusammenfassung.....	27
4	Vorgehensmodell zur Einführung einer Leistungsverrechnung.....	28
A	Abkürzungen.....	29
B	Literatur.....	29
C	Induktionsbeweis-Unterstützung.....	29

1 Zielsetzung und Abgrenzung

Das vorliegende Dokument stellt ein Modell zur Leistungsverrechnung in der IT auf Basis eines serviceorientierten Ansatzes gemäß ITIL bereit und es beschreibt ein Vorgehensmodell zur Einführung einer derartigen Leistungsverrechnung.

In der Zusammenfassung 3.5 zum Leistungsverrechnungsmodell am Ende des Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die Einführung einer Leistungsverrechnung gemäß vorliegendem Modell ohne Werkzeugunterstützung sinnlos ist. Die Werkzeugunterstützung muß dabei weit über reine Kontierungswerkzeuge und Kostenstellenrechnung hinausgehen. Das vorliegende Dokument verfolgt auch das Ziel, hierfür eine Grob-Spezifikation zu liefern.

1.1 Begriffe

Im folgenden sollen die Begriffe Leistung und Service voneinander abgegrenzt werden. In der Fachliteratur zu LV ist für Service auch häufig der Begriff "**Leistungsart**" verwendet.

Leistung – Dienst (Service):

Leistungen im Kontext einer OrgEinheit sind alle Aktivitäten, die dem Erhalt der OrgEinheit dienen, wertschöpfend sind oder Wertschöpfung ermöglichen.

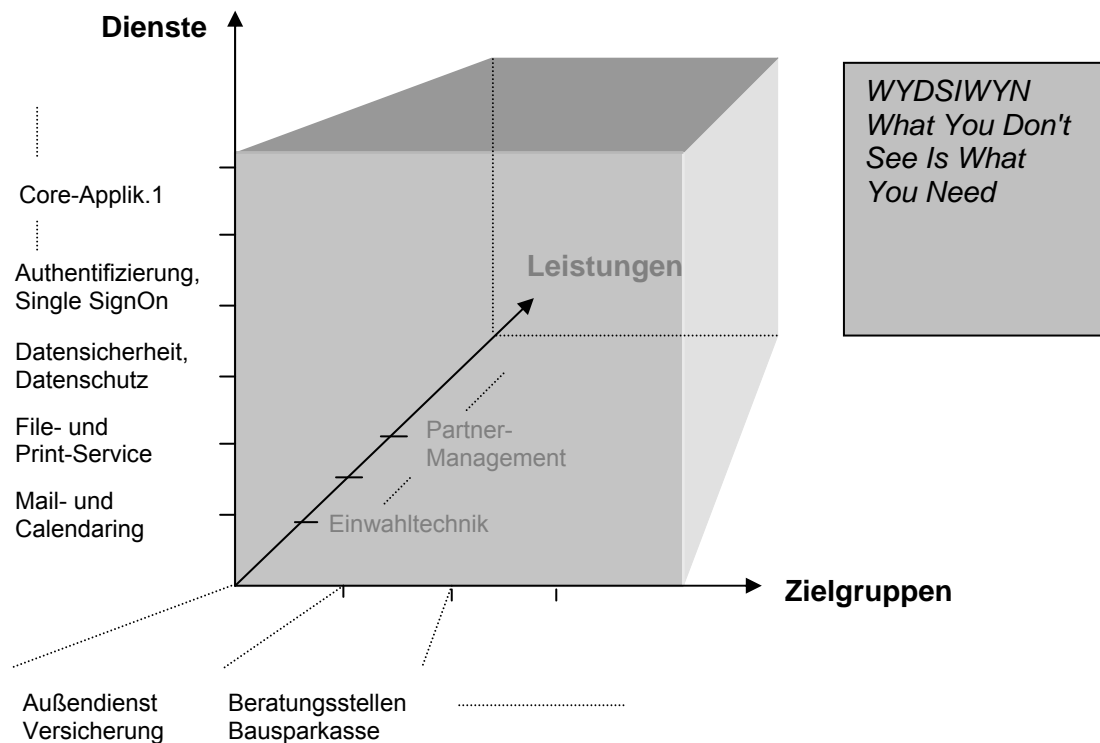
Dienste sind Leistungen einer OrgEinheit, die in direktem Bezug zu einer externen Anforderung stehen. Die Begriffe Dienst und Service und Leistungsart der LV-Fachliteratur werden im folgenden synonym verwendet.

In diesem Sinn ist z.B. die Erweiterung eines MaxTNT's in der Einwahltechnik zur Absicherung DV-gestützter Prozesse des Außendienstes und der Geschäftsstellen eine Leistung aber kein Dienst. Die Leistung kann ungeachtet dessen der Absicherung eines SLA dienen.

In diesem Sinn beschreibt ein Leistungsverzeichnis mehr als ein Servicekatalog. Zu jeder Leistung eines Leistungsverzeichnisses muß daher angegeben werden, ob sie einen Dienst beschreibt. Ein Dienst steht in Bezug zu einer externen Anforderung, d.h. es gibt eine implizite oder explizite Vereinbarung zur Diensterbringung und Verrechnung (in der Regel als Teil eines SLA). Dienste haben zusätzliche Attribute, die für Leistungen nicht erforderlich sind.

Dies markiert i.ü. auch einen weiteren Unterschied zw. Service Management und Service Level Management: Service Management umfaßt auch das Marketing von "Diensten", besser gesagt von potentiellen Diensten (zunächst existieren sie (hoffentlich) als Leistungen), während sich Service Level Management ausschließlich mit bestehenden Diensten beschäftigt.

Das folgende Bild zeigt den Zusammenhang zwischen Leistungen, Diensten und Zielgruppen.



1.2 Abgrenzung

Das in Abschnitt 3 vorgestellte Modell der Leistungsverrechnung ist, wie man leicht erkennt, nicht auf die IT beschränkt. Da die Zielgruppe aber IT-Organisationen und sämtliche Beispiele aus dem Bereich der IT kommen, ist der Geltungsbereich für das vorliegende Modell beschränkt auf IT-Organisationen, die serviceorientiert ausgerichtet sind bzw. diese Ausrichtung planen.

Das vorliegende Modell ist kein Prozesskosten-Modell. Es wird bewusst vermieden, eine starke Kopplung zu den Anwenderprozessen herzustellen, wie das in vielen Prozesskosten-Modellen im Ansatz erfolgt. Der Vorteil eines solchen Modells ist sicher die Kundenorientierung in den Größen der Abrechnung. Das ist aber auch gleichzeitig der größte Nachteil, da sich die IT dann abhängig von BPM-Aktivitäten auf der Kundenseite macht. Das vorliegende Modell sieht vor, dass sich die IT stärker selbst definiert, zwar mit Blick auf die Kundenbedürfnisse aber auch mit Blick auf die Möglichkeiten technologischer Innovation, die selten kundenprozessgetrieben sind, und damit eigenständig Dynamik in der Ausprägung ihrer Services entwickelt.

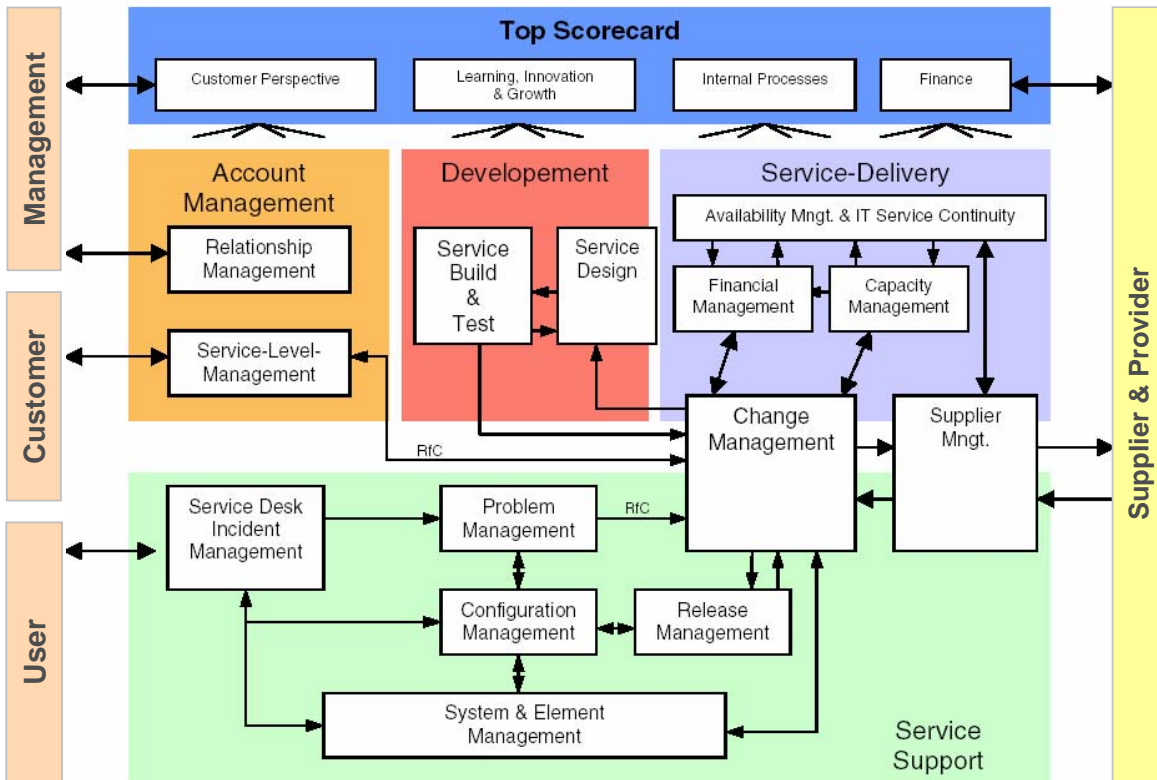
1.3 Zielgruppe

Das Dokument wendet sich an Prozessberater zum Bereich ITIL, speziell zu den Modulen Service-Level-Management und Financial Services und Berater zum Thema Leistungsverrechnung.

2 Grundlagen

2.1 Prozeßmodell

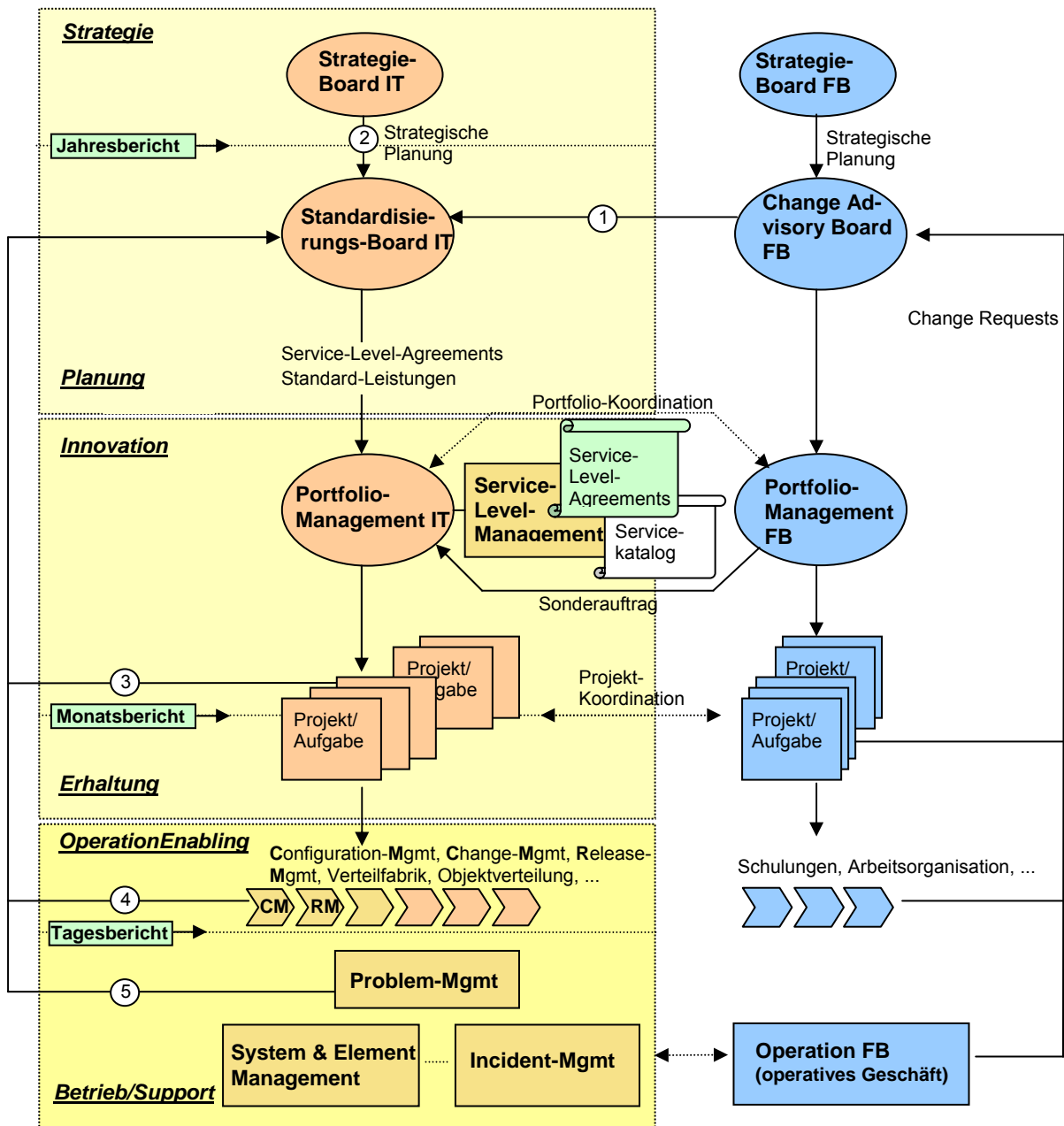
Die Einbettung der Leistungsverrechnung in die Prozesse des Service Managements soll kurz skizziert werden. Da ITIL einen Quasi-Standard für die Prozesse im IT-Service-Management bildet, betrachten wir zunächst die Einbettung in der ITIL-Modulübersicht.



ITIL-Module basierend auf dem IPW®-Modell (Quelle: [4])

Die Leistungsverrechnung hat dabei 2 Aspekte: Die Preisbildung (erfordert Detaillierungen zur internen Leistungsverrechnung) und die Service-Abrechnung. Die Preisbildung ist Teil des Service Level Managements, die Service-Abrechnung Teil der operativen Prozesse und der Finanzdienstleistungen. Beide Teile zusammen werden üblicherweise als "Financial Services" bezeichnet.

Es ist hilfreich, sich die Phasen eines IT-Service-Managements genauer anzuschauen. Dazu dient das folgende Bild:



Man erkennt aus dem Bild, daß folgende Aktivitäten zu Änderungen/Erweiterungen von Servicekatalog oder Service Leveln führen können:

- ① Change Request des Fachbereichs: Der Request kann dabei in verschiedenen Ebenen der FB-Prozesse entstehen, etwa durch Strategische Planung bedingt, durch notwendige Änderungen in Anforderungsdefinitionen von Projekten oder bei deren organisatorischer Einführung oder aufgrund von Erkenntnissen im Betrieb. Aus IT-Sicht wichtig ist, daß der Request von einer definierten Stelle (je FB) kommt. Der Change Request muß nicht notwendig fachlicher Art sein, er kann auch vereinbarte SLA betreffen (z.B. Änderung der benötigten Dienstgüte aus preislichen oder anderen Gründen).

- ② Strategische Planung der IT: Die strategische Neuausrichtung/Änderung der IT kann zur Änderung/Erweiterung des Projektportfolios führen und damit mittelbar zu Änderungen an Servicekatalog oder Dienstgütern, sie kann aber auch direkt zur Änderung von Servicekatalog und Service Leveln führen.
- ③ Projekte der IT: Projekte der IT, die zu einer Änderung/Erweiterung von Servicekatalog und Service Leveln führen, gehen den Weg über das Portfolio-Management. Ein zweiter wichtiger Bereich sind Projekte/Aufgaben zur Erhaltung oder Optimierung von Services. Beispielsweise kann ein Tuning im Bereich von Einwahltechnik durch erhöhtes Transaktionsaufkommen im Aussendienstbereich eines dezentral organisierten Unternehmens erforderlich werden. Aber auch während der Abwicklung von Projekten können neue Erkenntnisse zu Veränderungen bereits getroffener Service Definitionen führen.
- ④ Übernahme in den Betrieb: Bei der Übernahme in den Betrieb im Rahmen von Prozessen des System Management können etwa aufgrund neuer Erkenntnisse oder zunächst nicht erkannter Einschränkungen Änderungen/Erweiterungen an bereits getroffenen Service Definitionen stattfinden.
- ⑤ Betrieb: Aufgrund von Erkenntnissen im Betrieb kann es zu Modifikationen von Service Leveln kommen, wenn etwa bestimmte Verfügbarkeiten oder Kapazitätsanforderungen nur mit unangemessen hohem Aufwand auf Dauer haltbar sind.

In all diesen Fällen entscheidet das Standardisierungsboard zusammen mit tangierten Change Advisory Boards von Fachbereichen über gemäß ①-⑤ gewünschte Änderungen/Erweiterungen.

Das Portfolio-Management dient dazu, Leistungen und Entwicklungsvorhaben zur Generierung oder Verbesserung solcher Leistungen zu spezifizieren. Es dient auch dazu, den Überblick über das Portfolio der OrgEinheit zu bewahren und Entwicklungsvorhaben zu koordinieren. ²⁾

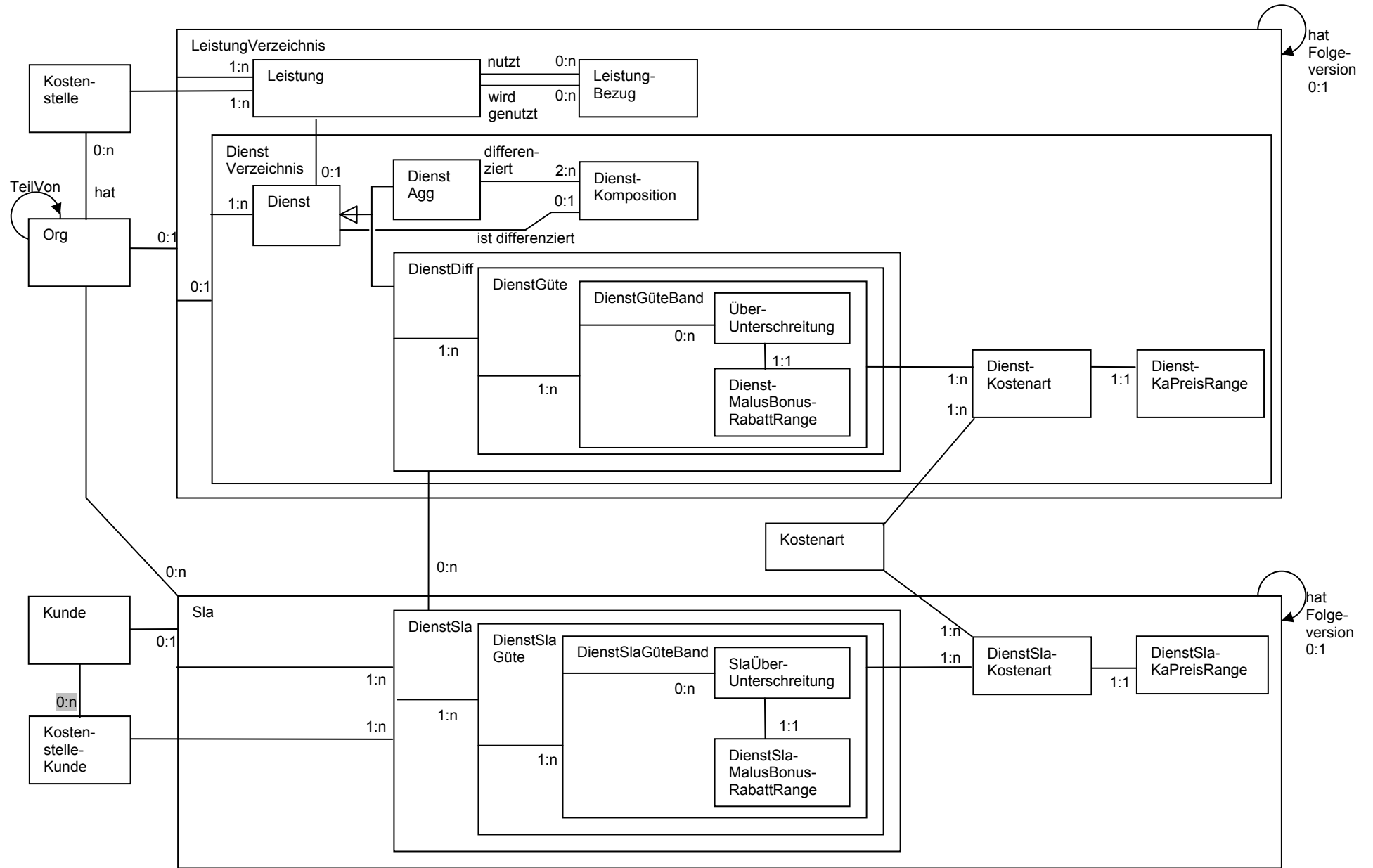
Die Berichte dienen der Überwachung und Steuerung der Prozesse obiger Phasen.

Im folgenden betrachten wir Services im engeren Sinn. Wir betrachten **primär Services des Bereichs Betrieb/Support**. Leistungen in darüber liegenden Schichten, insbes. im Bereich Innovation dienen i.w. der Bereitstellung neuer Services bzw. der Erhaltung vorhandener Services (im eingeschränkten Sinn). Ihre Kosten, soweit investiv durch die IT (d.h. in Vorleistung und nicht direkt verrechnet über entspr. Projektbudgets), werden auf die Eigenkosten entsprechender Leistungen im engeren Sinn umgelegt. Die Eigenkosten werden dabei differenziert nach Kostenarten (AfA, Lizenzen, Wartungsverträge, Personal etc.) erfaßt. Erbringt die IT **Beratungsleistungen**, die durch die Fachbereiche angefordert werden kann (etwa um die Planung von Innovationen zu unterstützen), so werden diese üblicherweise nach Profil und zugeh. Stundensatz verrechnet. Diese Services sind zu einem Teil im Bereich Innovation angesiedelt und werden als Teil der Services im engeren Sinn betrachtet.

2.2 SLA-Modell

Das folgende Bild zeigt ein grobes Objektmodell zu SLAs.

²⁾ Einem Finanzdienstleister entglitt die Kontrolle über die Vielzahl der laufenden Projekte, sodaß im Haus zwei Anbieter ein Online-Angebot für die Investment-Beratung entwickelten (Quelle: Forrester Research / CW 13.04.2001)



Erläuterungen:

Org:	<p>Eine Organisationseinheit (kurz: OrgEinheit); eine OrgEinheit kann Teil einer anderen OrgEinheit sein; eine OrgEinheit hat höchstens ein Leistungsverzeichnis; eine OrgEinheit hat höchstens ein Dienstverzeichnis; eine Org kann mehrere Kostellen haben; eine Org kann mehrere Sla's vereinbart haben;</p>
LeistungVerzeichnis:	<p>Ein LeistungVerzeichnis ist genau einer Org zugeordnet; ein LeistungVerzeichnis enthält mehrere Leistungen</p>
Leistung:	<p>Eine Leistung kann ein Dienst sein; eine Leistung ist Teil genau eines Leistungsverzeichnisses; eine Leistung gehört zu genau einer Kostenstelle;</p>
LeistungBezug:	<p>Eine Leistung kann eine andere Leistung nutzen, in diesem Fall steht das Pärchen in LeistungBezug zusammen mit einem Satz von Attributen, von denen das Gewicht eines ist (siehe Abschnitt 3);</p>
Kostenstelle:	<p>Eine Kostenstelle ist eine Gruppierung von Leistungen (mindestens eine muß Teil der Gruppe sein); eine Kostenstelle gehört zu genau einer Org;</p>
DienstVerzeichnis:	<p>Ein DienstVerzeichnis ist genau einer Org zugeordnet und dient zur Generierung des Servicekatalogs (Übersicht der Services und ihrer Preise für den Kunden); ein DienstVerzeichnis enthält mehrere Dienste</p>
Dienst:	<p>Ein Dienst kann ein aggregierter Dienst DienstAgg oder ein vollständig ausdifferenzierter Dienst DienstDiff sein; ein Dienst gehört zu genau einem DienstVerzeichnis; ein Dienst ist eine Leistung;</p>
DienstAgg:	<p>Ein DienstAgg ist ein Dienst mit Komponenten-Diensten;</p>
DienstKomposition:	<p>Ein DienstAgg ist differenziert in mehrere Dienste, jedes Pärchen ist in DienstKomposition zusammen mit einem Satz von Attributen, von denen das Gewicht eines ist (siehe Abschnitt 3.1);</p>
DienstDiff:	<p>einem DienstDiff können mehrere Dienstgütern DienstGüte zugeordnet sein; ein DienstDiff kann in mehreren Dienst-SLA-Paaren DienstSla vorkommen; ein DienstDiff ist nicht weiter differenziert in (Komponenten-)Dienste;</p>
DienstGüte:	<p>Einer DienstGüte können mehrere (mindestens eines) Dienstgütebänder DienstGüteBand zugeordnet sein; ein DienstGüteBand gehört zu genau einem DienstDiff;</p>
DienstGüteBand:	<p>Einem Dienstgüteband (z.B. Verfügbarkeit zw. 99,5 und 99,9 %) können eine Über- und/oder eine Unterschreitung-Definitionen ÜberUnterschreitung zugeordnet sein; ein DienstGüteBand gehört zu genau einer DienstGüte;</p>
DienstKostenart:	<p>Einem Tupel (DienstDiff, DienstGüte, DienstGüteBand) können mehrere (mindestens einer) Kostenarten zugeordnet sein; ein DienstKostenart ist eine (DienstDiff, DienstGüte, DienstGüteBand)-spezifische Ausprägung einer Kostenart Kostenart;</p>
Kostenart:	<p>Ein Kostenart beschreibt eine Preisanteil-Kategorie definierter Maßeinheit; ein Kostenart kann mehrere Ausprägungen in Form von DienstKostenart haben; eine Kostenart kann mehrere Ausprägungen in Form von DienstSla-Kostenart haben;</p>

DienstKaPreisRange:	Einer DienstKostenart ist genau ein DienstKaPreisRange zugeordnet, der minimalen, maximalen und empfohlenen Preis (letzterer wird im Servicekatalog ausgewiesen) enthält. Ein DienstKaPreisRange gilt immer für eine Zeit/Mengeneinheit eines Tupels (DienstDiff, DienstGüte, DienstGüteBand) bezogen auf eine DienstKostenart;
ÜberUnterschreitung:	Definiert Über- bzw. Unterschreitung der von Dienstgüteband-Grenzen (z.B. Überschreitung der Stärke x für eine Zeiteinheit); eine ÜberUnterschreitung ist genau einem DienstGüteBand zugeordnet; einer ÜberUnterschreitung kann ein Range zu Malus oder Bonus oder Rabatt DienstMalusBonusRabattRange (mindestens einer) zugeordnet sein;
DienstMalusBonusRabattRange:	Ein DienstMalusBonusRabattRange beschreibt einen Malus oder Bonus oder Rabatt zu einer ÜberUnterschreitung; er enthält Minimum, Maximum und empfohlenen Preis (letzterer wird im Servicekatalog ausgewiesen; ist der empfohlene Preis nicht belegt, wird gesamter Eintrag inkl. zugeordneter ÜberUnterschreitung nicht ausgewiesen); Ein DienstMalusBonusRabattRange ist genau einem Tupel (DienstDiff, DienstGüte, DienstGüteBand, ÜberUnterschreitung) zugeordnet;
Sla:	Ein Sla (Service Level Agreement, auch SLA abgekürzt) ist ein Vertrag zwischen Dienstleister (gegeben durch Org oberster Aggregationsstufe) und Verbraucher(gruppe) (gegeben durch Kunde), der neben Laufzeitregelungen u.ä. ein Set von beanspruchten Diensten+Dienstgütern in Verbindung mit gewählten Dienstgütebändern+Über/Unterschreitungen und zugeh. Preisen und Malus/Bonus/Rabatt-Regelungen enthält; ein Sla ist genau einem Kunden Kunde (Verbraucher) zugeordnet; ein Sla enthält mehrere Dienst-SLA-Paaren DienstSla vorkommen;
DienstSla + ...:	Die SLA-spezifischen Entitäten DienstSla, DienstSlaGüte, DienstSlaGüteBand, SlaÜberUnterschreitung, DienstSlaKostenart, DienstSla-KaPreis und DienstSlaMalusBonusRabatt stellen Ausprägungen der Standard-Entitäten DienstDiff, DienstGüte, DienstGüteBand, ÜberUnterschreitung, DienstKostenart, DienstKaPreisRange und DienstMalusBonusRabattRange dar, wobei für die "Range"-Entitäten nur noch ein (vereinbarter) Preis gehalten wird; die Einträge in SLA-spezifischen Entitäten sind quasi SLA-spezifische, eingefrorene Ausprägungen der Einträge in den Standard-Entitäten; die SLA-spezifischen Entitäten werden daher, da suggestiv, im folgenden nicht weiter beschrieben; einem Dienst-SLA-Pärchen DienstSla ist genau eine Kostenstelle zugeordnet
Kunde:	Dienste-Verbraucher mit dem ein Sla abgeschlossen ist; ein Kunde kann mehrere Kostenstellen haben
KostenstelleKunde:	Eine Kostenstelle ist genau einem Kunden zugeordnet; eine Kostenstelle kann für mehrere Dienst-SLA-Pärchen gelten

Das vorliegende Objektmodell ist ein Modell für Service Level Management (SLM). Im SLM geht es u.a. um die Überwachung der Einhaltung von SLA's. Demzufolge müssen alle Dienste des Servicekatalogs hinsichtlich ihrer Dienstgütern, Dienstgüternbänder und Über/Unterschreitung-Definitionen überwachbar sein und diejenigen, die in SLA's vorkommen auch tatsächlich überwacht werden und Meßergebnisse festgehalten werden. DienstDiff + DienstGüte wird eine Kenngröße zugeordnet, zu der dann Meßreihen vorliegen können, die Ereignisse gemäß der definierten Dienstgütebänder und Unter/Überschreitung-Definitionen auslösen können. Das Modell ist in der Anwendung um diese Messgrößen zu erweitern.

3 Verrechnungsmodell

Das Verrechnungsmodell basiert prinzipiell auf folgender Vorstellung:

Leistungen bilden ein Netz in dem Sinn von gewichteten "nutzt"- und "unterstützt"-Beziehungen. Nur wenige Leistungen des Netzes bilden die Service-Schnittstelle zu den Kunden. Netz in Verbindung mit Pricing der "internen" Leistungen (Eigenkosten für Erhaltung und Leistungserbringung nach Kostenarten des Unternehmens wie AfA, Lizenzen, Wartungsverträge, Personal etc. differenziert) und deren Verrechnung auf die Services bestimmen i.w. den Preis eines Dienstes. Dabei wird eine nutzt-Beziehung zw. 2 Leistungen um so höher bewertet, je mehr Kapazität der einen Leistung von der anderen zur Erbringung verwendet wird. Die Leistungen bilden mit dieser gewichteten nutzt-Beziehung einen Graphen, den *Leistungsgraphen*.

Leistungen und Dienste werden in diesem Zusammenhang auf einem bestimmten Detaillierungslevel betrachtet. Beispielweise wird ein Dienst "Benutzerverwaltung" betrachtet, nicht aber dessen Komponente "Mail-Account MBX-Size 50 MB anlegen" (vgl. hierzu Abschnitt 3.4).

Der Grund für die Betrachtung aggregierter Leistungen und ihres Beziehungsgeflechts liegt einfach in der Notwendigkeit, Komplexität zu reduzieren.

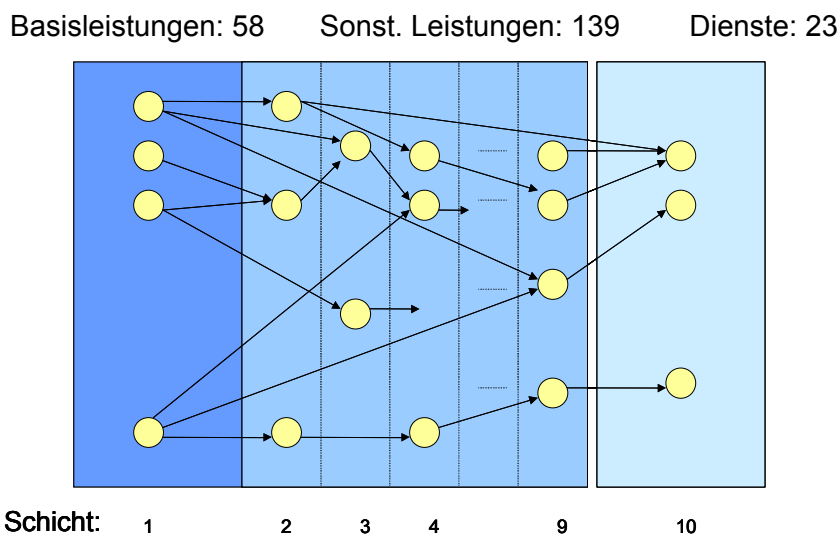
3.1 Leistungsgraph und Leistungsmatrix

Wir beschäftigen uns zunächst mit dem Pricing-Aspekt und dem zugeh. Leistungsgraphen.

Die folgenden 2 Kapitel sind zur Vertiefung des Verständnisses gedacht. Sie können beim ersten Lesen auch übersprungen werden.

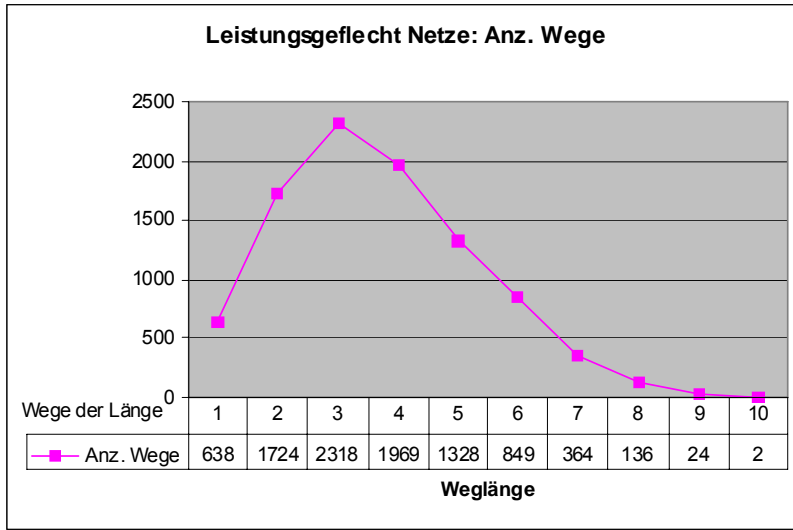
3.1.1 Praxisbeispiel

In einem Anwendungsfall einer IT-Abteilung mit ca. 200 Mitarbeitern, die Leistungen für etwa 10.000 Anwender erbrachten, wurde ein Leistungsverzeichnis von insgesamt 220 Leistungen definiert. Als Leistungsgraph ergab sich ein zyklenfreier gerichteter Graph mit folgenden Merkmalen:



Als Basisleistungen sind im Bild Leistungen bezeichnet, die keine anderen Leistungen zur eigenen Leistungserbringung in Anspruch nehmen. Das Praxisbeispiel zeigt, dass die Abteilung 220 Leistungen (eines bestimmten Aggregationslevels) ausweist, wovon 23 Services sind.

Die Verteilung der Weglängen innerhalb des Leistungsgraphen zeigt nachfolg. Bild.

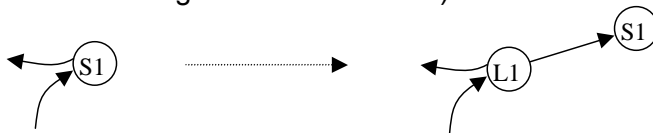


Die Verteilung der Wegelängen im Graphen ist ein Indiz für die hohe Verflechtung der Leistungen.

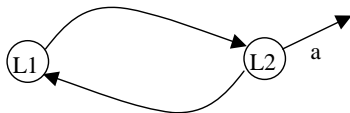
3.1.2 Rekursionsfreiheit und Organisationskonformität

3.1.2.1 Rekursionsfreiheit

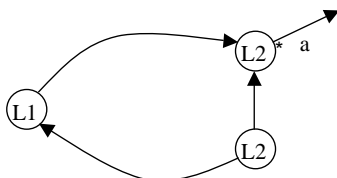
Ein Leistungsgraph muß nicht von Haus aus rekursionsfrei sein. Das Geflecht des Anwendungsfalls in 3.1.1 enthielt weniger als 10 (Kern-)Rekursionen. Die meisten konnten durch Hin-terfragen der beteiligten Bereiche aufgelöst werden. In 3 Fällen wurde die Rekursion durch den Trick des Node-Splittings entfernt. Dies wird im folgenden kurz erläutert. Zunächst kann o.E. davon ausgegangen werden, dass die Services Endknoten im Graphen darstellen. Ist das nämlich nicht der Fall, verfähre man gemäß nachfolgender Transformation (Service S1 wird gesplit- tet in interne Leistung L1 und Service S1):



Die Eliminierung von Zyklen wird am Beispiel eines Zyklus der Weglänge 2 beschrieben. Für Zyklen höherer Ordnung gilt ein entsprechendes Verfahren. Folgender Teilgraph liegt vor:



Warum gibt es die Kante a? Wäre es nicht so, wären L1 und L2 interne Endpunkte, d.h. Leistungen zu reinem Selbstzweck der IT, also überflüssig. Gibt es a, so können wir den Zyklus durch die Aufspaltung gemäß nachfolgendem Bild entfernen:



L2 verkörpert dabei den bisherigen Knoten mit seinen Eigenkosten, L2* hat keine Eigenkosten, wird aber von L2 mit best. Prozentsatz beaufschlagt (s.u.). Das Verfahren (analog für Zyklen höherer Ordnung) führt zu einem zyklensfreien Leistungsgeflecht.

3.1.2.1 Organisationskonformität

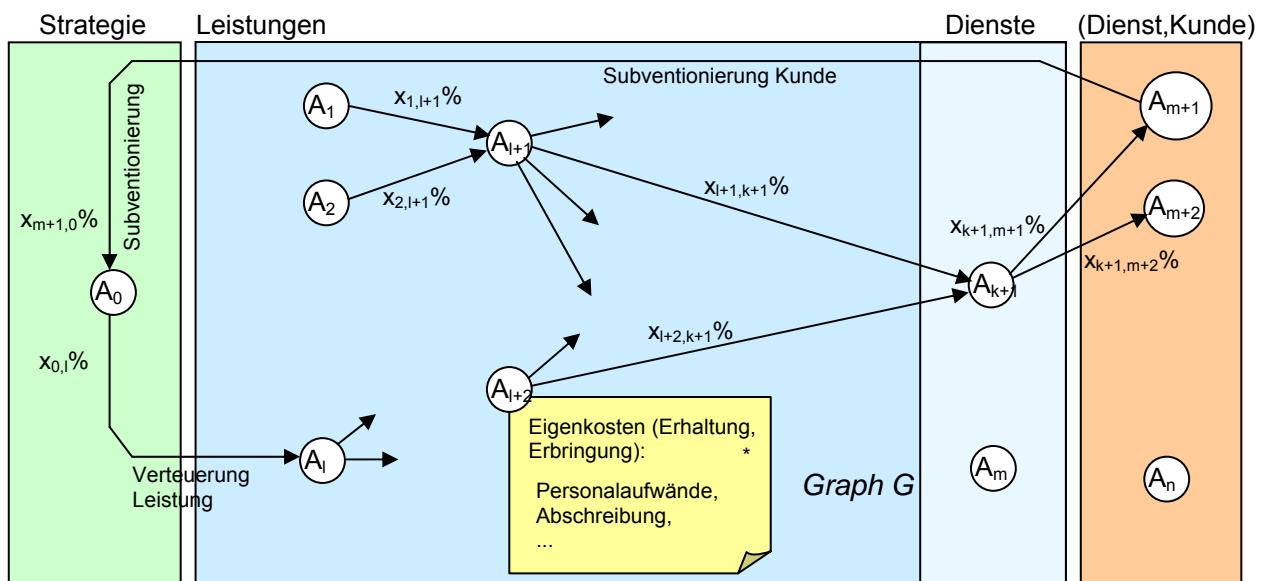
Ein Leistungsgraph muß nicht notgedrungen organisationskonform sein, in dem Sinn, dass eine Leistung immer nur von einer Organisationseinheit erbracht wird. Es ist aber naheliegend, dass eine derartige Konformität Vorteile in der Transparenz von Kontierungen bringt. Ohne Einschränkung der Allgemeinheit kann man davon ausgehen, dass der Leistungsgraph organisationskonform ist. Ist das nämlich etwa für Knoten A nicht der Fall, d.h. wird die Leistung A etwa von Organisationseinheiten O1 und O2 (mehrere entsprechend) erbracht, so splitte man die Leistung in Leistungen A_{O1} und A_{O2} mit geeigneten Verrechnungsfaktoren.

Damit bilden die einer Leistung zugeordneten Organisationseinheiten eine Art Färbung der Knoten des Graphen.

3.1.3 Definition

Gemäß 3.1.2 können wir o.E.d.A. davon ausgehen, dass der Leistungsgraph keine Zyklen hat. Wir führen jetzt gezielt einen Knoten für eine Rückkopplung ein, die Strategie. Der Knoten Strategie kann Services subventionieren, indem er bestimmte (andere) Leistungen verteuert.

Das folgende Bild soll den Zusammenhang graphisch darstellen:



(Dienst, Kunde) ist eine Kombination von Diensten und Kunden. Einer solchen Kombination erst ist ein SLA und ein Preis eines Dienstes zugeordnet (vgl. Objektmodell!!)

Erläuterungen und Definitionen:

A₀ heißt Strategie-Knoten, A₁-A_m sind Leistungen, A_{k+1}-A_m die Dienste hierin, A_{m+1}-A_n sind Paare (Dienst, Kunde) zu Kundensystemen (FB1, FB2 ...). Auch sie werden als Knoten bezeichnet. Zwischen einzelnen Knoten können gerichtete Kanten existieren, die mit Gewichten > 0 versehen sind (Pfeile). Die Menge von Knoten und gewichteten Kanten wird als Leistungsgraph G des Systems bezeichnet.

Jeder Leistung A_i 1<=i<=m, sind Eigenkosten p.a. E_i zugeordnet, die sich aus den zugeordneten Kostenarten (s.u.) ergeben. Dem Strategie-Knoten sind die Eigenkosten E₀ = 0 zugeordnet.

Es gelte:

(i) $0 \leq x_{ij} \leq 1$ für alle i und alle j

$x_{ij} = 0$ für $i \in \{m+1, \dots, n\}$ und alle $j > 0$ (Dienst-Kunde-Paare werden nicht mehr von anderen Leistungen genutzt)
 $x_{0j} = 0$ für $j \in \{m+1, \dots, n\}$ (kein Dienst-Kunde-Paar wird direkt mit Strategiekosten belegt)
 $x_{i0} = 0$ für $0 < i \leq m$ (nur Dienst-Kunde-Paare werden subventioniert, keine Leistungen)

Die x_{ij} heissen Gewichte. Wir nennen sie auch Umlage- oder Beaufschlagungsfaktoren.

(ii) Graph $G^* := G - \{A_0\}$ ist rekursionsfrei (impliziert u.a. $x_{ij} = 0$ für alle i)

(iii) $\sum_{j=0}^n x_{ij} = 1$ für alle Leistungen A_i $0 \leq i \leq m$

(iv) $\sum_{i=0}^n x_{i0} = 1$ (beachte: Die x_{i0} sind bezogen auf A_0 . Idee ist, dass nur ein bestimmtes Budget K_0 für Subventionierung zur Verfügung steht (s.u.))

Bemerkung:

Um in dem gerichteten Leistungs-Graphen nicht nur Verrechnungsfaktoren zu hinterlegen sondern auch etwa weitere Informationen zur Komplexität der nutzt-Beziehung, kann man die Gewichte auch als Vektor definieren, dessen Projektion auf die Komponente 'Verrechnungsfaktor' dann die x_{ij} liefert.

Alle Kosten beziehen sich auf ein gesamtes Geschäftsjahr. Auch die Gewichte werden darauf bezogen ermittelt, nicht bezogen auf eine einzelne Leistungserbringung!

Definition:

Eine Leistung A_i $1 \leq i \leq m$ heiße Dienst, wenn es $m < p \leq n$ gibt, mit $x_{ip} > 0$ ("es gibt Pfeil ins Kundensystem"). Dies sind gemäß Notation gerade $A_{k+1} - A_m$.

Der Graph G ist gegeben durch folgende Matrix:

	Verteuerung	→ (Dienst, Kunde)-Knoten						
0	$x_{0,1}$ $x_{0,2}$ $x_{0,3}$ $x_{0,m}$	0	0	.....	0	0	.....	0
0	0	$x_{1,2}$ $x_{1,3}$ $x_{1,m}$	$x_{1,m+1}$ $x_{1,m+2}$ $x_{1,n}$					
0	$x_{2,1}$ 0	$x_{2,3}$ $x_{2,m}$	$x_{2,m+1}$ $x_{2,m+2}$ $x_{2,n}$					
0	$x_{3,1}$ $x_{3,2}$ 0	..... $x_{3,m}$	$x_{3,m+1}$ $x_{3,m+2}$ $x_{3,n}$					
...	
0	$x_{m,1}$ $x_{m,2}$ $x_{m,3}$ 0	$x_{m,m+1}$ $x_{m,m+2}$ $x_{m,n}$						
$x_{m+1,0}$	0	0	0	.....	0	0	.....	0
$x_{m+2,0}$	0	0	0	.....	0	0	.....	0
...	
$x_{n,0}$	0	0	0	.....	0	0	.....	0

Zwischen A_i und A_j gibt es eine gerichtete Kante mit Gewicht x_{ij} (Pfeil) genau dann wenn $x_{ij} > 0$.

$G^* := G - \{A_0\}$ ist hierin der mit gestricheltem Rand gekennzeichnete Anteil der Matrix.

Eine weitere Forderung an das System ist, dass "alle Ketten in Diensten enden", d.h. es soll keine Leistung geben, die nicht für irgendeinen Dienst benötigt wird (derartige Leistungen werden über Umlage den eigentlichen Leistungen zugeschlagen). Diese Forderung ist durch (iii)

und (ii) automatisch erfüllt, da es innerhalb der Knoten A_1, \dots, A_m keinen geben kann, zu dem Pfeile führen, von dem aber keine Pfeile weg gehen. Isolierte Knoten sind durch (iii) und (i) ausgeschlossen.

Die Forderung (ii), dass G^* rekursionsfrei ist bedeutet nichts anderes, als dass G^* keine Zyklen enthält, d.h. nach entsprechender Anordnung kann o.E. davon ausgegangen werden, dass die zu G gehörige Matrix folgende Struktur hat:

		Verteuerung →					(Dienst, Kunde)-Knoten			
Subventionierung ↓	0	$x_{0,1}$	$x_{0,2}$	$x_{0,3}$	.....	$x_{0,m}$	0	0	.....	0
	0	0	$x_{1,2}$	$x_{1,3}$	.....	$x_{1,m}$	$x_{1,m+1}$	$x_{1,m+2}$	.....	$x_{1,n}$
	0	0	0	$x_{2,3}$	.....	$x_{2,m}$	$x_{2,m+1}$	$x_{2,m+2}$	.....	$x_{2,n}$
	0	0	0	0	.....	$x_{3,m}$	$x_{3,m+1}$	$x_{3,m+2}$	.....	$x_{3,n}$

	0	0	0	0	.....	$x_{m-1,m}$	$x_{m-1,m+1}$	$x_{m-1,m+2}$	.....	$x_{m-1,n}$
	0	0	0	0	.....	0	$x_{m,m+1}$	$x_{m,m+2}$	.....	$x_{m,n}$
	$x_{m+1,0}$	0	0	0	.....	0	0	0	.....	0
	$x_{m+2,0}$	0	0	0	.....	0	0	0	.....	0

$x_{n,0}$	0	0	0	.....	0	0	0	.....	0	

Die Leistungen können darüberhinaus so angeordnet werden, dass

A_1, A_2, \dots, A_k interne Leistungen sind und

$A_{k+1}, A_{k+2}, \dots, A_m$ die Dienste sind. Damit hat die Matrix folgende Struktur:

		interne Leistungen				Dienste				(Dienst, Kunde)-Knoten			
		Verteuerung →											
Subventionierung ↓	0	$x_{0,1}$	$x_{0,2}$	...	$x_{0,k}$	$x_{0,k+1}$	$x_{0,k+2}$	.....	$x_{0,m}$	0	0	.....	0
	0	0	$x_{1,2}$	...	$x_{1,k}$	$x_{1,k+1}$	$x_{1,k+2}$	.....	$x_{1,m}$	0	0	.....	0

	0	0	...	...	$x_{k-1,k}$	$x_{k-1,k+1}$	$x_{k-1,k+2}$	.....	$x_{k-1,m}$	0	0	.....	0
	0	0	0	...	0	$x_{k,k+1}$	$x_{k,k+2}$	.....	$x_{k,m}$	0	0	.....	0
	0	0	0	...	0	0	$x_{k+1,k+2}$	.....	$x_{k+1,m}$	$x_{k+1,m+1}$	$x_{k+1,m+2}$	.....	$x_{k+1,n}$

	0	0	0	...	0	0	0	.....	$x_{m-1,m}$	$x_{m-1,m+1}$	$x_{m-1,m+2}$	.....	$x_{m-1,n}$
	0	0	0	...	0	0	0	.....	0	$x_{m,m+1}$	$x_{m,m+2}$	.....	$x_{m,n}$
	$x_{m+1,0}$	0	0	...	0	0	0	.....	0	0	0	.....	0
$x_{m+2,0}$	0	0	...	0	0	0	.....	0	0	0	.....	0	
...	
$x_{n,0}$	0	0	...	0	0	0	.....	0	0	0	.....	0	

Sei G_S der Graph G eingeschränkt auf A_1-A_m . Die zugeh. Teilmatrix sei $A(G_S)$ (mittlere blaue Teilmatrix), kurz A genannt:

Aus der Graphentheorie wissen wir: $A^m = 0$ und damit $Id+A+A^2+A^3+\dots+A^{m-1} = (Id-A)^{-1}$

Die Matrix $Id+A+A^2+A^3+\dots+A^{m-1}$ beschreibt für i,j in $\{1,2,\dots,m\}$ den Anteil von A_i an der Leistungserbringung von A_j .

Das Kostenvolumen p.a. K_i einer Leistung A_i ist definiert als:

$$K_i := E_i + \sum_{j=0}^n x_{ji} * K_j \quad 0 < i \leq m \text{ (wohldefiniert, da } x_{ii}=0 \text{ und } G^* \text{ rekursionsfrei!)}$$

$$K_0 := E_0 + \sum_{j=0}^n x_{0j} * K_j = \sum_{j=1}^m x_{0j} * K_j$$

Für alle Knoten A_i , $0 < i \leq m$ gilt damit:

$$(1) \quad \sum_{j=0}^n (x_{ij} * K_i - x_{ji} * K_j) = K_i * \sum_{j=0}^n x_{ij} - \sum_{j=0}^n x_{ji} * K_j = K_i - \sum_{j=0}^n x_{ji} * K_j = E_i \text{ (Eigenkosten der Leistung)}$$

und für den Strategie-Knoten:

$$(1_0) \quad \sum_{j=0}^n (x_{0j} * K_0 - x_{j0} * K_0) = 0 \text{ (was per Strategie subventioniert wird, muß auch irgendwo durch Verteuerung gewonnen werden)}$$

Das Volumen V des Gesamtsystems sei definiert als:

$$V := \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^n (x_{ij} * K_i - x_{ji} * K_j) \stackrel{(1)}{=} \sum_{i=1}^m E_i$$

V ist nichts anderes als das IT-Budget, das benötigt wird, die definierten Leistungen zu erbringen und zu erhalten.

Sei $U_k := \sum_{i=1}^m x_{ik} * K_i - x_{k0} * K_0$ der potenzielle Umsatz, den die IT mit (Dienst,Kunde) A_k ($m < k \leq n$) macht.

Dann gilt:

$$V = \sum_{k=m+1}^n U_k \quad \text{(Volumen-Umsatz-Formel)}$$

Beweis:

$$\begin{aligned} \sum_{k=m+1}^n U_k &= \sum_{k=m+1}^n \left(\sum_{i=1}^m x_{ik} * K_i - x_{k0} * K_0 \right) = \sum_{i=1}^m \left(1 - \sum_{k=0}^m x_{ik} \right) * K_i - K_0 = \\ &= \sum_{i=1}^m K_i - \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^m x_{ij} * K_i - K_0 \\ &= \sum_{i=1}^m E_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^n x_{ji} * K_j - \sum_{j=1}^m \sum_{i=0}^m x_{ji} * K_j - K_0 \\ &= V + \underbrace{\sum_{i=1}^m x_{0i} * K_0}_{=K_0} + \underbrace{\sum_{j=m+1}^n \sum_{i=1}^m x_{ji} * K_j}_{=0} - \underbrace{\sum_{j=1}^m x_{j0} * K_j}_{=0} - K_0 \\ &= V \end{aligned}$$

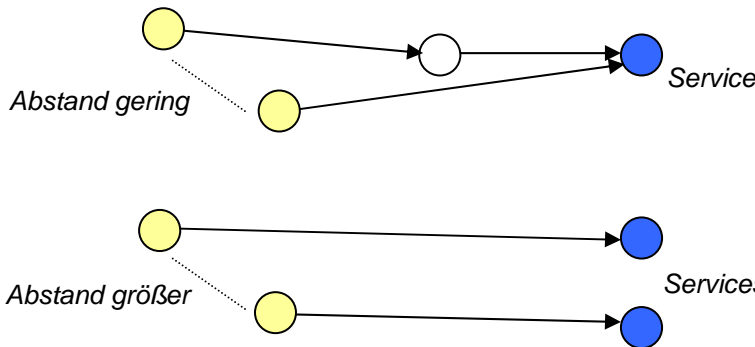
3.1.3.1 Kostenarten

Für die Ermittlung der Eigenkosten (per Geschäftsjahr) müssen verschiedene Kostenarten berücksichtigt werden. Folgende Standard-Kostenarten-Kategorien gibt es:

- verbrauchsbezogene Kosten:**
- ① *Leistungserbringung* (Aufwand für Durchführung/Betrieb, Support)
- Basiskosten:**
- ② Service-Einrichtung (einmalige Kosten für Planung, Inbetriebnahme)
- ③ Überwachung und Reporting (Meßverfahren, turnusmäßige Reporterstellungen)
- ④ *Abschreibung* (mit u.U. untersch. Dauer (HW, SW-Lizenzen etc.))
- ⑤ *Erhaltungsleistungen*
 - Wartung, Pflege, Weiterentwicklung, Stabilisierung, Optimierung mit Unterteilung
 - Personal
 - Wartungsverträge
 - HW-AfA (Entwicklungs- und Testumgebungen)
 - SW-Lizenzen
 - Infrastruktur
- ⑥ *Gemeinkosten-Umlage*

3.2 Die L-Metrik

Auf dem Leistungsgraphen G_S (Leistungsgraph ohne Strategie-Knoten und Dienst-Kunde-Paare) führen wir nun eine Metrik ein, mit dem Zweck, den Bedarf an IT-Kostenstellen zu ermitteln. Theoretisch könnte man zu jeder Leistung eine eigene Kostenstelle definieren. Das würde aber zu einer Inflation der Kostenstellen und damit zu einer Intransparenz der Leistungsverrechnung führen. Die Metrik muß Leistungen als nah ausweisen, wenn sie von derselben Organisationseinheit erbracht werden und wenn sie je Service gemeinsam im Einzugsbereich des Services liegen. Leistungen also der gleichen OrgEinheit, die völlig verschiedene Services unterstützen, sollten in diesem Sinn als weiter voneinander entfernt gelten.



Sind (gemäß 3.1) K_i die Kosten der Leistung A_i , so sei $K_{i|S}$ der Anteil der Kosten von A_i , der in Service S einfließt. Damit definieren wir den Abstand zweier Leistungen A_i und A_j als:

$$d(A_i, A_j) := \begin{cases} \sum_{S \text{ Service}} |K_{i|S} / K_i - K_{j|S} / K_j| & \text{falls } A_i \text{ und } A_j \text{ von derselben OrgEinheit erbracht werden} \\ 2 & \text{falls } A_i \text{ und } A_j \text{ von versch. OrgEinheit erbracht werden} \end{cases}$$

Es gelten die Bedingungen für eine Semi-Metrik: $d(A, A) = 0$, $d(A_1, A_2) = d(A_2, A_1)$ und $d(A_1, A_3) \leq d(A_1, A_2) + d(A_2, A_3)$ wie man leicht nachweist. Die Bedingung $d(A_1, A_2) = 0 \Rightarrow A_1 = A_2$, damit d zur Metrik wird, könnte man einfach durch ein Korrekturglied $\varepsilon(A_i, A_j)$ erreichen, dessen Wert >0 (kleiner Wert) ist, wenn A_i und A_j verschieden sind, 0

sonst. Auf diese Weise wäre $d(A_i, A_j)$ eine Metrik im mathematischen Sinne. Wir verzichten in der Folge auf dieses Korrekturglied, sprechen aber von $d(A_i, A_j)$ trotzdem als Metrik, der sog. *L-Metrik*.

Außerdem gilt: $d(A_1, A_2) = 2$, falls es keinen Service gibt, in dessen Einzugsbereich A_1 und A_2 gemeinsam liegen (vollständige Separiertheit). Der Abstandswert ist gemäß Definition genau der, der sich ergibt, wenn A_1 und A_2 von versch. Organisationseinheiten erbracht werden.

Ein Spezialfall ist noch von Interesse, nämlich der Fall, dass A_i und A_j bereits Services sind. In diesem Fall gilt: $d(A_i, A_j) = 2$, d.h. verschiedene Services haben voneinander immer maximale Entfernung.

Gemäß 3.1.3 ist der Kostenanteil $K_p|_S$ von Leistung A_p am Service $S := A_q$ ($k < q \leq m$) nichts anderes als δ_{pq} , wobei $(\delta_{ij}) := Id + A + A^2 + A^3 + \dots + A^{m-1} = (Id - A)^{-1}$.

Die Matrix $(Id - A)^{-1}$ hat folgende Gestalt:

	interne Leistungen			Dienste			
1	$\delta_{1,2}$	...	$\delta_{1,k}$	$\delta_{1,k+1}$	$\delta_{1,k+2}$	.....	$\delta_{1,m}$
...
0	...	...	$\delta_{k-1,k}$	$\delta_{k-1,k+1}$	$\delta_{k-1,k+2}$	.....	$\delta_{k-1,m}$
0	0	...	1	$\delta_{k,k+1}$	$\delta_{k,k+2}$	.....	$\delta_{k,m}$
0	0	...	0	1	0	.....	0
...
0	0	...	0	0	0	.....	0
0	0	...	0	0	0	.....	1

} = Id, da kein Service Anteil an anderem Service hat in puncto Leistungserbringung

Man erkennt an obiger Matrix, dass die Semi-Metrik d , wenn man den Einfluß der Organisationsunterteilung zunächst ignoriert, nichts anderes ist als die Standard-Abstandsmetrik auf den Zeilenvektoren der Matrix eingeschränkt auf den Bereich Dienste. So gilt etwa:

$$d(A_1, A_2) = |\delta_{1,k+1} - \delta_{2,k+1}| + |\delta_{1,k+2} - \delta_{2,k+2}| + \dots + |\delta_{1,m} - \delta_{2,m}|$$

Da alle Anteile eines Knotens in den Services enden, gilt ferner: $\sum_{j=k+1}^m \delta_{i,j} = 1 \quad \forall i=1, \dots, k$.

3.3 Kostenstellen

Zum Leistungsgraphen G_S führen wir eine Menge von Kostellen ein.

Dazu zerlegen wir die Menge der Leistungen in eine Menge disjunkter Teilmengen L_1, \dots, L_q mit der Eigenschaft:

$$\text{diam}(L_k) = \text{Max}\{ d(A_i, A_j) : A_i, A_j \in L_k \} \leq \rho, \text{ wobei } \rho \text{ eine reelle Zahl } < 2 \text{ ist.}$$

Warum die Bedingung $\rho < 2$? Auf diese Weise wird sichergestellt dass Leistungen verschiedener Organisationseinheiten generell in versch. Teilmengen liegen müssen, d.h. die Menge dieser Teilmengen muß größer oder gleich der Menge der Organisationseinheiten sein, und keine Teilmenge enthält Leistungen verschiedener Organisationseinheiten. Weiter gilt, dass komplett separierte Leistungen (s.o.) in verschiedenen Teilmengen liegen, insbes. liegen keine 2 Services in derselben Teilmenge!

Es ist offensichtlich, dass es viele verschiedene Zerlegungen der Leistungen mit obiger Eigenschaft gibt. Eine Zerlegung heiße ρ -optimal, wenn die Zahl der Teilmengen L_1, \dots, L_q minimal ist und $\text{Max}\{ \text{diam}(L) : L \text{ Element der Zerlegung} \}$ minimal ist innerhalb der Zerlegungen mit minimaler Anzahl von Teilmengen.

Zu einer gegebenen Zahl $\rho < 2$ definiert eine ρ -optimale Zerlegung der Leistungen sogenannte

Kostenstellen der Skalierung ρ

wobei die Kostenstellen den Teilmengen der Leistungen entsprechen.

Grenzbetrachtungen:

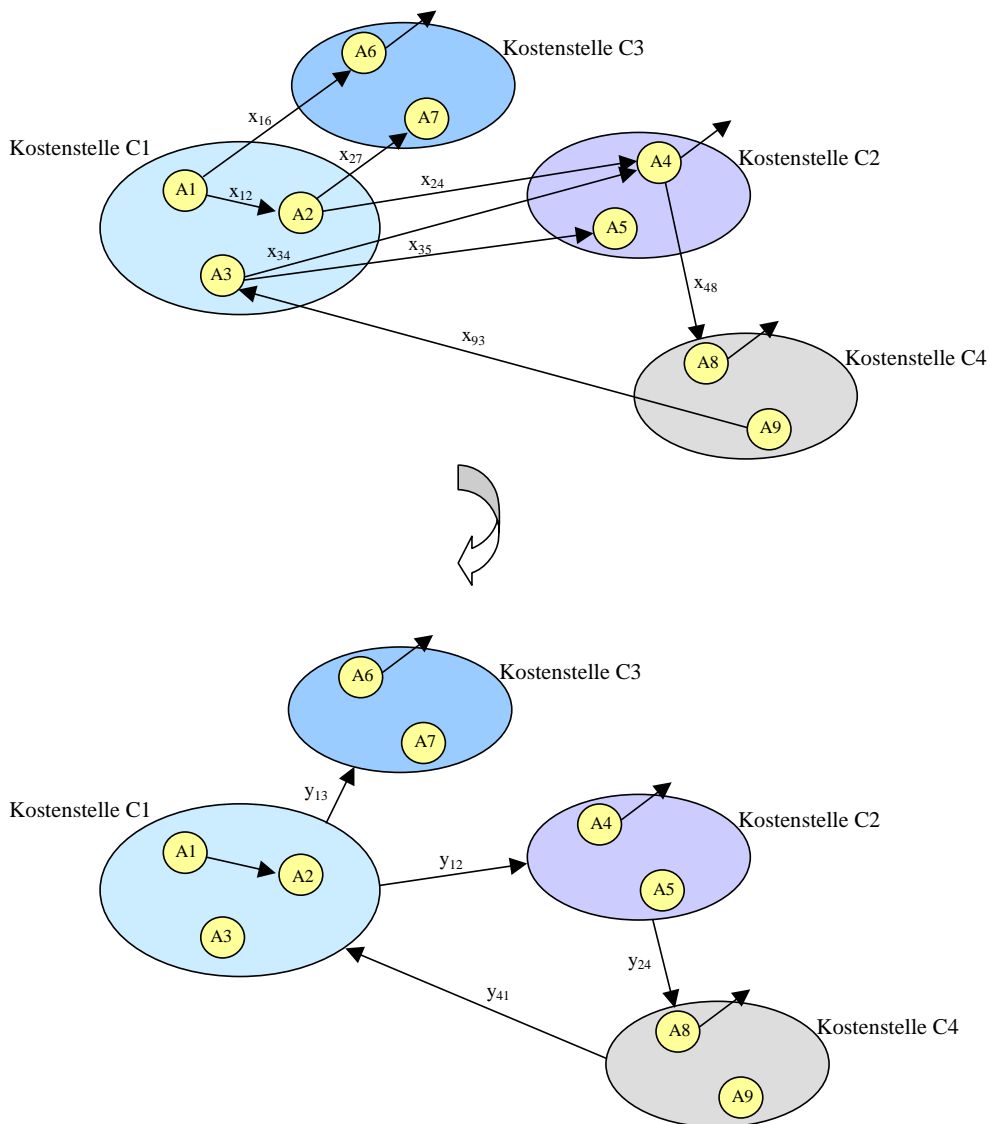
Ist ρ fast 2, so liegt die Zahl der Kostenstellen bei der Zahl der Organisationseinheiten (erhöht um einen gewissen Anteil aufgrund völlig separierter Leistungen und der Services).

Ist $\rho=0$, so liegt die Zahl der Kostenstellen nahe der Zahl aller Leistungen (vermindert evtl. um solche, die Abstand 0 zu einer bereits gezählten Leistung haben; bei Verwendung eines Korrekturgliedes gibt es solche Leistungen gar nicht, dann wäre die Zahl der Kostenstellen identisch mit der Zahl der Leistungen).

Im Beispiel unserer IT-Organisation (siehe 3.1.1) wäre bei etwa 6 Organisationseinheiten mit eigenen Kostenstellen, von denen jede mindestens einen Service erbringt, die Zahl der ρ -optimalen Kostenstellen für ρ nahe 2 gleich 23 (vollständig separierte Leistungen außer Services nicht vorhanden).

Kostenstellen-Verrechnungsfaktoren

Im Leistungsgraphen waren Kosten-Verrechnungsfaktoren definiert. Wie übertragen sich diese Verrechnungsfaktoren auf die Kostenstellen? Hierzu das nachfolgende Bild:



Man erkennt, dass die Projektion des Leistungsgraphen auf den "Kostenstellengraphen" *i.a. nicht mehr zyklensfrei* ist. Im Beispiel ergibt sich der Verrechnungsfaktor y_{12} zu:

$$y_{12} = (x_{24} \cdot K_2 + x_{34} \cdot K_3 + x_{35} \cdot K_3) / (K_1 + K_2 + K_3)$$

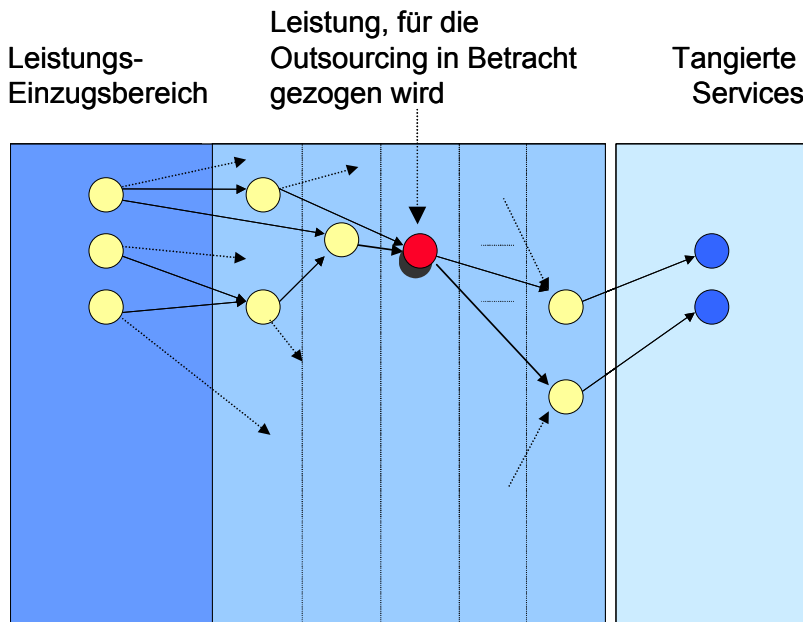
Allgemein gilt für den Verrechnungsfaktor y_{kl} zwischen Kostenstellen C_k und C_l :

$$y_{kl} = \frac{\sum_{A_i \in C_k, A_j \in C_l} K_i \cdot x_{ij}}{\sum_{A_i \in C_k} K_i}$$

Zur Kontrolle:
$$\sum_{C_l} y_{kl} = \frac{\sum_{C_l} \sum_{A_i \in C_k, A_j \in C_l} K_i \cdot x_{ij}}{\sum_{A_i \in C_k} K_i} = 1 \text{ (wegen 3.1 (iii))}$$

3.3.1 Outsourcing einer Leistung

Gemäß gängigem Modell der gegenseitigen Leistungsverrechnung (math. Gleichungssystem) könnte man darauf verzichten, das Netz der Leistungen zyklensfrei zu machen. Der gerichtete, zyklensfreie Graph der Leistungen erhöht jedoch maßgeblich die Transparenz der Leistungserbringung. In einem derartigen Graph ist beispielsweise wesentlich leichter zu beurteilen, welche Auswirkungen ein Outsourcing einer bestimmten Leistung/eines best. Services hat (vgl. nachfolg. Bild).



Outsourcing einer Leistung ist danach um so kritischer, je größer der Einzugsbereich der Leistung ist und je mehr Services tangiert sind.

Unter Umständen hat die IT Anhaltspunkte dafür, dass eine bestimmte Leistung am Markt preiswerter zu bekommen ist, als sie selbst zu produzieren. Der Leistungsgraph bietet bereits einige Unterstützung zur Analyse der Verflechtung der betrachteten Leistung mit anderen. Um zu quantifizierbaren Ergebnissen zu kommen, kann es aber sinnvoll sein, speziell diese Leistung zu einer zus. Kostenstelle zu machen, um Eigenkosten und Umlagen besser einschätzen zu können und damit ein Benchmarking zu ermöglichen.

Statt nun ρ geeignet niedrig zu definieren (und sich damit vermutlich eine Menge zusätzlicher Kostenstellen einzuhandeln), bietet sich eine einfache Modifikation der L-Metrik an:

Ist Λ eine Menge von Leistungen, die man als eigene Kostenstellen führen möchte, so definiert man

$$d_{\Lambda}(A_i, A_j) := \begin{cases} \sum_{S \text{ Service}} |K_{i|S} / K_i - K_{j|S} / K_j| & \text{falls } A_i, A_j \notin \Lambda \text{ von derselben OrgEinheit erbracht werden} \\ 2 & \text{falls } A_i \neq A_j, A_i \in \Lambda \text{ oder } A_j \in \Lambda \text{ oder } A_i, A_j \text{ von versch. OrgEinheiten erbracht werden} \\ 0 & \text{falls } A_i = A_j \in \Lambda \end{cases}$$

Es gilt:

$d_{\Lambda}(A, A) = 0$, $d_{\Lambda}(A_1, A_2) = d_{\Lambda}(A_2, A_1)$ und $d_{\Lambda}(A_1, A_3) \leq d_{\Lambda}(A_1, A_2) + d_{\Lambda}(A_2, A_3)$ wie man leicht nachweist. Wie in 3.2 ist d_{Λ} damit modulo Korrekturglied eine Metrik.

Die ρ -optimalen Kostenstellen umfassen für jedes $\rho < 2$ Kostenstellen für jede der Leistungen aus Λ , da diese von allen anderen Leistungen Abstand 2 haben.

3.3.2 Bezug zur Organisation

3.3.2.1 Management

Leistungen des Managements in Koordination, Steuerung und Schaffung der Rahmenbedingungen für die Leistungserbringung werden generell im Bereich der Strategie gesehen. Sie werden damit nicht als separate Leistungen im Leistungsgraphen aufgeführt.

3.3.2.2 Kundenorientierung

Wir führen eine Maßzahl zu jeder Organisationseinheit ein, die ihre "Nähe an der Service-Schnittstelle" angibt. Hierzu zunächst 2 Definitionen:

Zu einer Organisationseinheit O bezeichne $L(O)$ die Menge der Leistungen des (organisationskonformen) Leistungsgraphen, die von O erbracht werden.

Zu einer Leistung A bezeichne $\delta(A)$ den Abstand zur Service-Schnittstelle, d.h. die min. Weglänge von A zu einem Service. Ist A selbst ein Service, ist $\delta(A)=0$ ansonsten eine natürliche Zahl > 0 .

Die angekündigte Maßzahl der Servicenähe einer Organisationseinheit wird damit definiert wie folgt:

$$W(O) := \frac{\sum_{A_i \in L(O)} K_i / (1 + \delta(A_i))}{\sum_{A_i \in L(O)} K_i} \quad (\text{wobei nicht alle Kostenvolumina } K_i \text{ von } O \text{ gleich } 0 \text{ sind!})$$

Wenn alle Leistungen einer Organisationseinheit O Services sind, so ist $W(O)=1$. Durch die Integration der K_i in der Formel wird sichergestellt, dass der Abstand einer kostspieligen Leistung zur Service-Schnittstelle anders bewertet wird als der einer "billigen" etwa vom Charakter einer Mittler-Leistung.

$W(O)$ kann als Kennzahl für den Bedarf einer Kundenorientierung einer Organisationseinheit verwendet werden. Ist sie nahe 1, ist der Bedarf hoch, ist sie nahe 0, ist er gering (vgl. auch Abschnitt 3.3.2.3 zur service-orientierten Organisation).

3.3.2.3 Die service-orientierte Organisation

Das vorliegende Modell unterstützt die Entwicklung hin zu einer service-orientierten Organisation in folgender Weise:

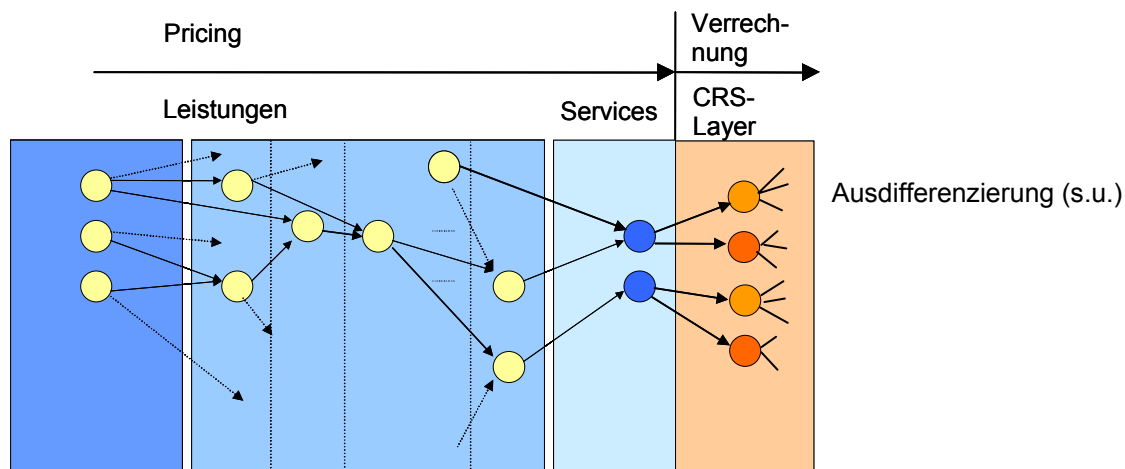
Jedem Service wird ein *Service-Verantwortlicher* zugeordnet (in [9] wird er Service-Manager genannt; siehe Anmerkungen dort auch zur Abgrenzung zum Account-Manager). Da ein Service-Verantwortlicher, nur derart ausgestattet, wie ein Projektleiter ohne Budget wäre, sind die Services eigene Kostenstellen (ein Effekt obiger Metrik) und der Service-Verantwortliche **gleichzeitig Kostenstellen-Verantwortlicher(!)**.

Es ist offensichtlich, dass dies dem Service-Verantwortlichen ein erheblich größeres Gewicht verleiht. Es ist ferner klar, dass durch diese Kostenstellenstruktur, die IT-Organisation sich fast zwangsläufig hin zu einer *Service-Orientierten-Organisation* (SOO) entwickeln wird.

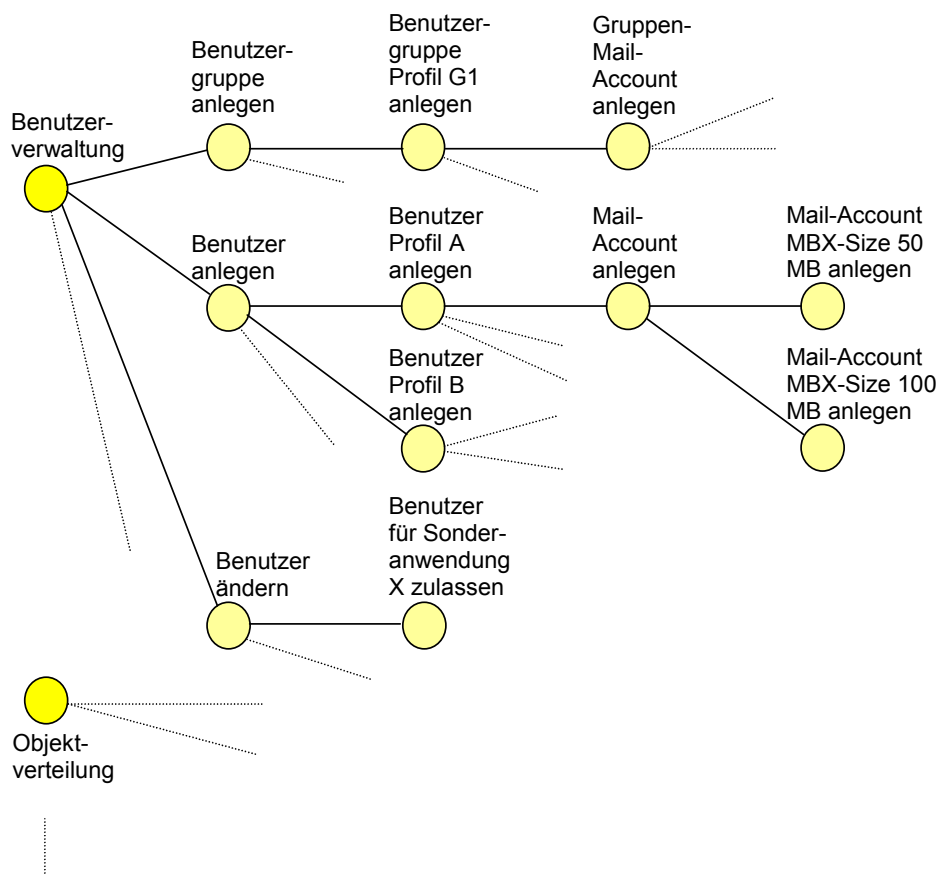
3.4 Kundenschnittstelle und Verrechnung

In den vorangegangenen Kapiteln wurden Leistungen und ihre Nutz-Beziehungen im Leistungsgraphen auf einem gehobenen, abstrakten Level betrachtet. Für die Dienste und deren Verrechnung ist aber eine Ausdifferenzierung erforderlich (ein abstrakter Dienst "Benutzerverwaltung" kann weder bepreist noch verrechnet werden).

Leistungen an der Kundenschnittstelle sind die Services. Die Kundenschnittstelle selbst bilden Paare (Service, Kundengruppe). Deren Ausdifferenzierungen bilden die Basis für die kundenspezifische Verrechnung. Wir bezeichnen diese Schicht als CRS-Layer (Customer Related Services). Dies wird durch nachfolgendes Bild verdeutlicht und im folgenden vertieft.



Was der Begriff der Dienst-Ausdifferenzierung bedeutet, soll zunächst an einem Beispiel erläutert werden (Knoten sind Dienste):

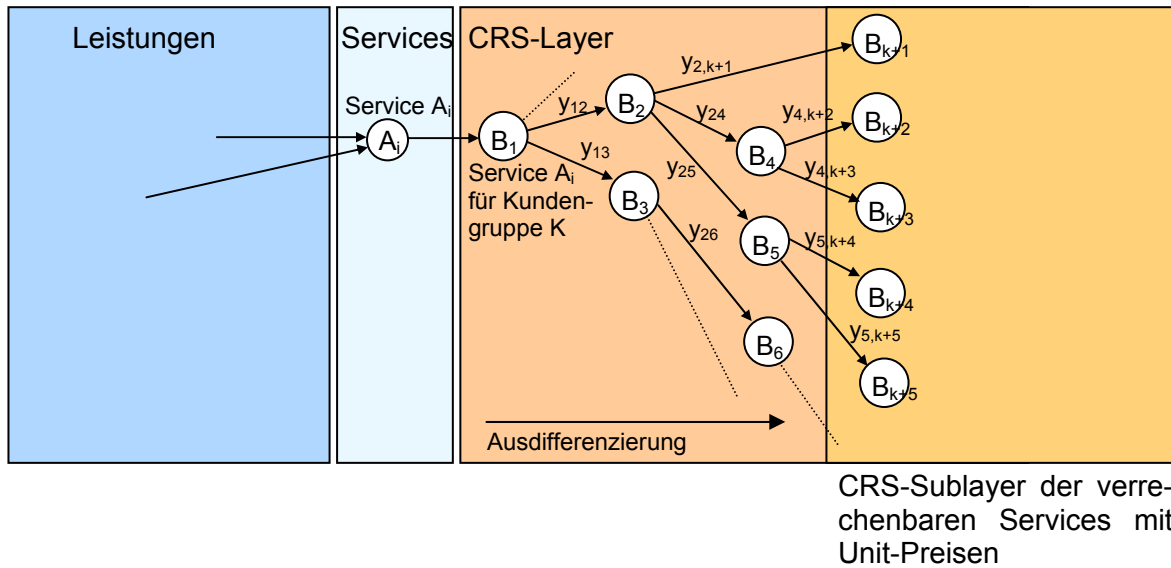


Fallen etwa für den aggregierten Service Benutzerverwaltung in einem Jahr Kosten K an, so verteilen sich diese auf die ausdifferenzierten Services. Für diese sind dann auch Kostenarten mit entsprechenden Einheiten definiert (etwa einmalige Inbetriebnahmekosten für "Mail-Account MBX-Size 50 MB anlegen" per User). Die ausdifferenzierten Services haben gewisse Kostenarten mit zugeh. Einheiten (mengen- oder zeitbezogen) und Unit-Preise. Wenn S_i die ausdifferenzierten Services des Service Benutzerverwaltung sind, P_{is} ihr jeweiliger Unit-Preis zur Kostenart F_s und M_{is} die Menge/Zeit, die für den Service im Jahr bzgl. Kostenart F_s zu veranschlagen ist, so muß gelten:

$$\sum_{S_i} \sum_s P_{is} * M_{is} \geq K$$

damit der Service Benutzerverwaltung wirtschaftlich betrieben werden kann.

Das vorliegende Modell der IT-Leistungsverrechnung trennt die Service-Schicht von der Service-Kunden-Schicht (siehe oben CRS-Layer). Der Grund hierfür ist, dass ein Service verschiedenen Kunden(gruppen) zu unterschiedlichen *Konditionen* angeboten werden kann. Die Konditionen beinhalten hier nicht nur strategische Subventionierung sondern auch Malus/Bonus/Rabatt-Regelungen gemäß abgeschlossener SLAs. Ein weiterer Grund ist, dass die Verrechnung des Serviceverbrauchs in dieser Schicht stattfindet und zwar auf Basis ausdifferenzierter Services. Dies verdeutlicht nachfolgendes Bild.



Die Ausdifferenzierung (Spezialisierung) des kundenbezogenen Services B₁ (=A_j für ein j>m) führt also zu einem hierarchischen Graphen, dessen Endpunkte (ab B_{k+1}) die verrechenbaren Services sind, auf die sich auch Malus/Bonus/Rabatt-Regelungen beziehen.

3.4.1 Leistungsverrechnung gemäß Kostenarten

Die Leistungsverrechnung zerfällt in 2 Teile:

- Verrechnung gemäß Kostenarten
- Verrechnung der Malus/Bonus/Rabatt-Regeln in den SLA

Zunächst könnte man vermuten, dass Malus/Bonus/Rabatt-Regeln nichts anderes als spezielle Kostenarten sind. Wenn etwa in einem Kunden-SLA ein bestimmter Verfügbarkeitswert für einen Dienst A zugesagt ist und eine Malus-Regelung, die einen Nachlaß gewährt, der etwa in einem bestimmten Bereich proportional zur Prozentzahl der Unterschreitung ist, so kann das als negativer Kostenfaktor des Dienstes definiert werden, dessen Einheit "Prozent Unterschreitung der zugesicherten Verfügbarkeit" ist. Dem stehen aber normal Bonusregeln entgegen, die Dienste-übergreifend solche Nachlässe aufgrund von Malusregeln reduzieren. Denn eine Bonusregel steht für Übererfüllung einer Servicegüte, die dem Kunden nicht a priori zugesagt werden kann, die aber honoriert werden soll in dem Sinn, dass sie evtl. Malus anderer Services reduziert. Spätestens solche Bonusregeln können nicht mehr servicebezogen über einen (positiven) Kostenfaktor verrechnet werden, da sie dann ja zu einer Verteuerung des Services führen würden.

Wir beschäftigen uns in diesem Abschnitt zunächst mit der Leistungsverrechnung gemäß Kostenarten. Basis sind die ausdifferenzierten Services.

Wieder gilt, dass die Summe der Gewichte ausgehender Pfeile eines Knotens 1 ergibt, also:

(j) $0 \leq y_{ij} \leq 1$ für alle i und alle j ($1 \leq i, j \leq k$)
 $y_{ij} = 0$ für $k < i$ und alle $j \geq 1$
 $y_{ii} = 0$ für alle i

(jj) Für alle B_j (j>1) gilt: Es gibt genau einen Knoten B_i mit $y_{ij}>0$ und Graph ist rekursionsfrei

(jjj) $\sum_j y_{ij} = 1$ für alle Leistungen B_i $1 \leq i \leq k$

I.a. wird es kostengünstiger sein und auch ausreichend, die Ausdifferenzierung auf Basis der Services zu machen (für alle Kundengruppen gleich) und diese Ausdifferenzierung dann auf den CRS-Layer zu projizieren. Der Effekt ist dennoch der in obigem Bild skizzierte.

Die Bedeutung der Gewichte y_{ij} für die Verrechnung ergibt sich wie folgt:

Je verrechenbarem Service des CRS-Sublayers liefern sie einen Planwert, wieviel die IT im Folgejahr (Geschäftsjahr, das dem Pricing folgt) mit dem Service bezogen auf die Kundengruppe K an Umsatz plant. Ist K_j das Kostenvolumen von $B_1 (=A_i)$ gemäß 3.1, so ergibt sich dieser geplante Umsatz U_i für den verrechenbaren K-bezogenen Service B_i ($l>k$) als:

$U_i = U_p * y_{pi}$, wobei U_p der eindeutig bestimmte Knoten gemäß (jj) ist

Die Definition ist rekursiv und endet wenn $p=j$ ($B_1=A_j$).

Verrechnung bedeutet nun, den tatsächlichen Umsatz gegen den Sollwert zu stellen. Der tatsächliche Umsatz R_l ergibt sich, wenn P_{ls} der Preis für Kostenart F_s per Einheit des Services B_l ist und M_{ls} die Menge der Einheiten je Kostenart F_s im Geschäftsjahr zu:

$$R_l = \sum_s M_{ls} * P_{ls}$$

Die Planung war gut, wenn sich R_l und U_l nicht wesentlich unterscheiden. Das ist aber letztlich nicht wesentlich. Für das Gesamtergebn interessanter ist, ob sich

$$K_j \text{ und } \sum_{l>k} R_l$$

nicht wesentlich unterscheiden, d.h. ob der tatsächliche Umsatz des aggregierten Services $B_1(=A_j)$ nicht wesentlich vom geplanten unterscheidet.

Je kundenbezogenem, ausdifferenzierten Service und je Kostenart F_s dazu muß ein *Messverfahren für die Messung der Menge der Einheiten M_{ls} im Verrechnungszeitraum* existieren. Der Verrechnungszeitraum ist dabei üblicherweise ein Monat, ein Quartal, ein Halbjahr oder das ganze Geschäftsjahr. Insbesondere verbrauchsorientierte Kostenarten benötigen häufig nicht zu unterschätzende Aufwände für die Meßwertbereitstellung. Dies muß bei der Einführung einer Leistungsverrechnung und insbes. der Kostenart-Definitionen berücksichtigt werden.

Ist zu einem (ausdifferenzierten) Service B und einer Kostenart F_s $V_s^B(t)$ die Meßgröße zur Messung der ServiceEinheiten von Service B für Kostenart F_s^B über die Zeit t, P_s^B der Preis pro ServiceEinheit, so gilt für den Umsatz U der Services im Gesamtgeschäftsjahr T:

$$U = \sum_B \sum_{F_s} P_s^B * \int_T V_s^B(t) dt$$

Man beachte, dass sich der Kundenbezug von Preisen in der Menge der ausdifferenzierten Services B widerspiegelt, da B ein Paar (Service,Kundengruppe) ist.

3.4.2 Leistungsverrechnung gemäß Malus/Bonus/Rabatt-Regeln

Malus:

Malusregeln besagen, dass die Überschreitung/Unterschreitung eines definierten Dienstgüte-Bandes (vgl. 2.2) für eine gewisse Menge von Ereignissen oder eine bestimmte Zeit zu einem Nachlass im Preis für den Service führt. Gibt es auch Bonusregeln, wird die Abrechnung von Malus zusammen mit der Bonusabrechnung gemacht (etwa in der Jahresabschlussrechnung).

Bonus:

Bonusregeln sollen als Anreiz für die IT dienen, Dienstgüte-Vereinbarungen auch überzuerfüllen. Der erzielte Bonus dient dann zur Reduzierung von Nachlässen aufgrund von Malusregeln.

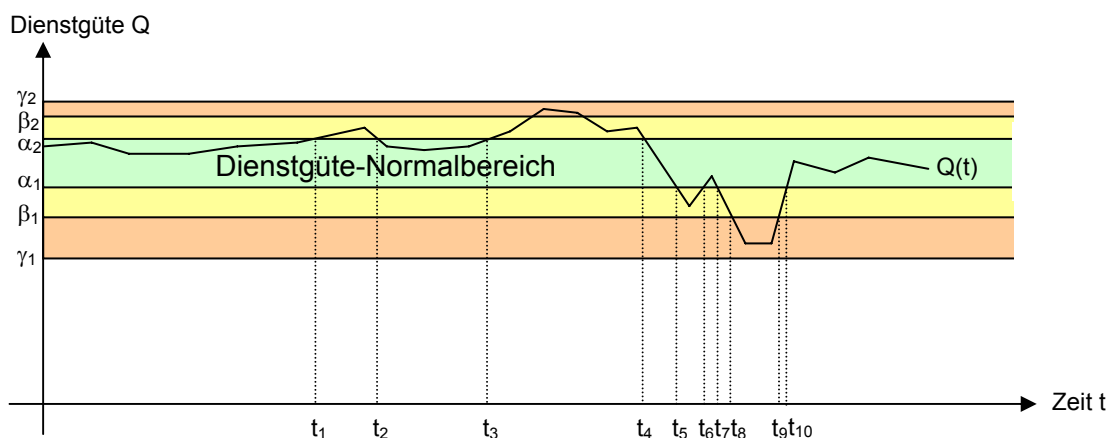
Da Übererfüllung in der Regel erst zum Ende des Geschäftsjahres klar ist, erfolgt die Abrechnung der Bonus i.a. mit der Jahresabschlussrechnung.

Rabatt:

Die IT kann über Rabattregeln die Effizienz der Service-Erbringung steuern. Beispielsweise ist die Ausstattung von 5 Arbeitsplätzen einer Abteilung zur gleichen Zeit deutlich effizienter zu erbringen als deren zeitlich versetzte Ausstattung. Besonders in RollOuts macht man sich dieses Prinzip zunutze und plant, steuert und produziert die Neuausstattung von Arbeitsplätzen in grossem Stil innerhalb vergleichsweise kurzer Zeit (bezogen auf die Menge der Arbeitsplätze).

Malus/Bonus-Abrechnung

Gemäß 2.2 kann ein Dienst bzgl. einer bestimmten Dienstgüte mehrere Dienstgüte-Bänder haben. Für die Überschreitung/Unterschreitung jedes dieser Bänder kann eine Malusregel oder eine Bonusregel gelten. Das nachfolgende Bild verdeutlicht dies.



Im Beispiel gehen wir davon aus, dass es für die Überschreitung von α_2 einen Bonus I_α gibt, nicht mehr dagegen für Überschreitung von β_2 oder gar γ_2 . Für die Unterschreitung von α_1 gibt es einen Malus M_α , für die Unterschreitung von β_1 einen Malus M_β und für die von γ_1 einen Malus M_γ . Die Malus seien ebenso wie die Bonus in €/Min angegeben. Dann ergibt sich für den Zeitraum des Beispiels der Malus M zu:

$$M = M_\alpha \cdot (t_6 - t_5) + M_\alpha \cdot (t_{10} - t_7) + M_\beta \cdot (t_9 - t_8)$$

Man beachte die Dauer für M_β . In der Malusgestaltung ist diese Kumulation von Malus natürlich entsprechend zu berücksichtigen in der Größe von M_α , M_β und M_γ . Der Bonus I ergibt sich im Beispiel zu:

$$I = I_\alpha \cdot (t_2 - t_1) + I_\alpha \cdot (t_4 - t_3)$$

Wir betrachten im folgenden nur Malus/Bonus mit der Einheit €/ (Mengeinheit * Zeiteinheit). Gilt der Malus/Bonus für eine bestimmte Mengeneinheit, so soll die Meßgröße die Zahl der Mengeneinheiten widerspiegeln. Die Zeiteinheit, in der das Dienstgüteband verletzt wird, wird normal gemessen über diskrete (Zahl von Ereignissen in der Zeiteinheit) Messung, weil nur in bestimmten Perioden gemessen werden kann oder weil ereignisgesteuert Alarme anfallen, die dann auf die Zeiteinheit aggregiert werden. Die Aggregationsvorschrift ist dabei i.a. MIN, MAX, AVG, SUM o.ä.. Natürlich kann die Zeiteinheit dabei auch recht groß sein, etwa das gesamte Geschäftsjahr. Beispielsweise könnte die Verfügbarkeit einer Ressource im Mittel, Minimum, Maximum und ihrer Varianz für das Gesamtjahr zur Malus/Bonus-Bestimmung herangezogen werden (für Minimum und Maximum müßten natürlich bestimmte Zeitintervalle, etwa Tage be-

trachtet werden, d.h. Minimum=Minimum der Tagesmittelwerte; andernfalls wäre Min=0 und Max=100 nicht sehr aussagekräftig).

Allgemein:

Sei B ein (ausdifferenzierter) Dienst und Q_i^B die Menge der Dienstgüter zu B sowie zu jedem Q_i^B T_{ij}^B die Menge der Dienstgütebänder definiert jeweils durch untere und obere Grenze α_{ij}^B bzw. β_{ij}^B . Wir können o.E.d.A. davon ausgehen, dass Bonusregeln für Überschreitungen, Malusregeln für Unterschreitung gelten (ansonsten ersetzt man die Schwellwerte durch ihr Negatives und ebenso die Meßgröße zur Überwachung). Dann seien I_{ij}^B die Bonuswerte und M_{ij}^B die Maluswerte gemessen jeweils in €/(Mengeneinheit*Zeiteinheit). Malus- und oder Bonuswerte können natürlich für einzelne Dienstgütebänder auch 0 sein. Die Meßgröße zu Dienstgüter Q_i^B sei $X_{ij}^B(t)$. Die Funktionen $X_{ij}^B(t)$ und $Y_{ij}^B(t)$ seien definiert durch:

$$X_{ij}^B(t) := \begin{cases} \alpha_{ij}^B - X & \text{falls } X < \alpha_{ij}^B \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$



$$Y_{ij}^B(t) := \begin{cases} X - \beta_{ij}^B & \text{falls } X > \beta_{ij}^B \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$



Dann gilt für den Malus M im Geschäftsjahr T für die Service-Menge S_K einer Kundengruppe K:

$$M_K = \sum_{B \in S_K} \sum_i \sum_j M_{ij}^B * \int_T X_{ij}^B(t) dt$$

und für den Bonus I im Geschäftsjahr T:

$$I_K = \text{MAX} \left\{ M_K, \sum_{B \in S_K} \sum_i \sum_j I_{ij}^B * \int_T Y_{ij}^B(t) dt \right\}$$

und für die Malus/Bonus M im Geschäftsjahr T gesamt:

$$M = \sum_K (M_K - I_K)$$

Rabatt-Abrechnung

Rabattregeln gelten für den Abruf eines Dienstes zu bestimmten Zeit- oder Mengenstaffeln. Es gibt 2 Arten von Rabattregeln:

- Dispositions-Rabatt
- Verbrauchs-Rabatt

Im ersten Fall wird ein Service entsprechend differenziert, dass bei erhöhter Abnahme von Serviceeinheiten in einem bestimmten Zeitintervall günstigere Preise für bestimmte Kostenarten gelten, d.h. es gibt entsprechend unterschiedliche ausdifferenzierte Services.

Im zweiten Fall haben wir es mit einer Bonusregelung im Sinne Bonus für den Kunden zu tun.

Im ersten Fall ist die Verrechnung bereits durch 3.4.1 gegeben.

Im zweiten Fall haben wir eine ähnliche Formel wie für den IT-Bonus. Wir nehmen an, dass die oben definierten Dienstgütebänder die Bänder für Rabatte bereits umfassen (zugeh. Malus, Bonus können ja als 0 definiert sein). Seien D_{ij}^B die Verbrauchsrabattwerte für den Kunden, dann gilt für den Gesamtrabatt D im Geschäftsjahr T:

$$D = \sum_B \sum_i \sum_j D_{ij}^B * \int_T Y_{ij}^B(t) dt$$

3.4.3 Leistungsverrechnung gesamt

Die Umsatz R der Services gegenüber den Kundengruppen im Geschäftsjahr T ergibt sich dann gesamt zu:

$$R = U - M - D \quad (\text{LV-Formel})$$

$$= \sum_B \sum_{F_s} P_s^B * \int_T V_s^B(t) dt - \left(\sum_K \text{MAX} \left\{ \sum_{B \in S_K} \sum_i \sum_j \left(M_{ij}^B * \int_T X_{ij}^B(t) dt - I_{ij}^B * \int_T Y_{ij}^B(t) dt \right), 0 \right\} \right. \\ \left. + \sum_{B \in S_K} \sum_i \sum_j D_{ij}^B * \int_T Y_{ij}^B(t) dt \right)$$

Hierin durchläuft B alle ausdifferenzierten Services für alle Kundengruppen K (inkl. die zu Dispositionsrabatten), S_K ist dabei die Menge der Services für Kundengruppe K , F_s durchläuft die Kostenarten zu B und P_s^B den Serviceeinheitspreis, $V_s^B(t)$ die Meßgröße zu Service B und Kostenart F_s ,

M_{ij}^B die Malus zu Service B , Dienstgüte Q_i und Dienstgüteband T_{ij}^B , $X_{ij}^B(t)$ die Malus-Meßgröße zu Service B , Dienstgüte Q_i und Dienstgüteband T_{ij}^B gemäß 3.4.2 (Malus/Bonus Allgemein), I_{ij}^B die Bonus zu Service B , Dienstgüte Q_i und Dienstgüteband T_{ij}^B , $Y_{ij}^B(t)$ die Bonus-Meßgröße zu Service B , Dienstgüte Q_i und Dienstgüteband T_{ij}^B gemäß 3.4.2 (Malus/Bonus Allgemein), D_{ij}^B die Verbrauchs-Rabatte zu Service B , Dienstgüte Q_i und Dienstgüteband T_{ij}^B , $Y_{ij}^B(t)$ die Bonus-Meßgröße zu Service B , Dienstgüte Q_i und Dienstgüteband T_{ij}^B gemäß 3.4.2 (Rabatt-Abrechnung).

3.5 Zusammenfassung

Das vorliegende Modell der IT-Leistungsverrechnung mit dem Ansatz der Ermittlung des Leistungsgraphen, der L-Metrik und dem Konzept der ρ -optimalen Kostenstellen bietet folgende Vorteile:

- Transparenz des Leistungsportfolios
- Unterstützung zum Outsourcing einzelner Leistungen
- Steuerbarkeit der Granularität von Kostenstellen als Gruppen von Leistungen über Variation des Skalierungsfaktors ρ
- Services generell in verschiedenen Kostenstellen
- Organisationskonformität der Kostenstellen mit Entwicklung hin zu service-orientierter Organisation
- Ausdifferenzierung der kundenbezogenen Services kann flexibel erweitert werden, ohne den Pricing-Teil der aggregierten Leistungen und Services zu tangieren
- Berücksichtigung von Kostenarten und Malus/Bonus/Rabatt-Regeln

Bei hunderten von Leistungen, die eine IT-Organisation anbietet, ist klar, dass man ohne Werkzeugunterstützung verloren ist. Für die Verwaltung der Kostenstellen, Kontierungsverfahren und Verbuchung von Verbrauchskosten bietet sich etwa [SAP](#) inkl. Frontend-Erweiterungen an. Für die Verwaltung des Leistungsgraphen und die Ableitung der Kostenstellen für bestimmte Skalierungen ρ werden Zusatzwerkzeuge benötigt. Das [Zusatzwerkzeug](#) muss Leistungen, ihre Beziehungen und Verrechnungsfaktoren verwalten können, es muß die Ausdifferenzierung der Services unterstützen, die Ermittlung ρ -optimaler Kostenstellen, die Erstellung des Servicekatalogs ermöglichen und vor allem vielerlei Auswertungen zum Leistungsgeflecht bereitstellen, etwa um das Outsourcing gewisser Leistungen beurteilen zu können.

4 Vorgehensmodell zur Einführung einer Leistungsverrechnung

Im folgenden werden die Schritte zur Einführung einer Leistungsverrechnung auf Basis des in 3 beschriebenen Modells beschrieben.

- ❶ Bestimmung des Leistungsgraphen und Auszeichnung der Services
- ❷ Bestimmung der Eigenkosten der Leistungen und der Verrechnungsfaktoren
- ❸ Bestimmung einer geeigneten Skalierung ρ und der ρ -optimalen Kostenstellen
- ❹ Ausdifferenzierung der Services
- ❺ Kostenart-Ermittlung für ausdifferenzierte Services und Preisgestaltung
- ❻ Festlegung von Dienstgüte-Bändern für ausdifferenzierte Services
- ❼ Design und Implementierung der Service-Einheiten und der Meßverfahren zur Verbrauchsabrechnung
- ❽ Design und Implementierung des Reportings
- ❾ Festlegung von Preisen und Malus/Bonus-Regeln
- ❿ Vereinbarung von SLA mit Kundenzielgruppen
- ⓫ Messung und Überwachung der Diensterbringung
- ⓬ Reporting und Abrechnung

[Abweichungsanalysen

Änderungen an SLA und/oder Servicekatalog]

A Abkürzungen

AP	Arbeitsplatz
BPM	Business Process Management
CRS	Customer Related Service (Komb. von Dienst und Kunde)
DB	Datenbank
FB	Fachbereich(e)
HW	Hardware
ITIL	IT Infrastructure Library
KA	Kostenart
LV	Leistungsverrechnung
OE	Operation Enabling
Org	Organisation oder Organisationseinheit
OV	Objektverteilung
RFC	Request for Change (synonym zu CR)
SL	Service Level
SLA	Service Level Agreement
SLM	Service Level Management
SM	Service Management falls Prozeß-Kontext, Server Management falls Org-Kontext
SW	Software
UHD	User Help Desk

B Literatur

- 1 IT-Servicemanagement, versch. Autoren, HMD 237, Juni 2004
- 2 IT-Management/Gründlich verrechnet, Jana Paul-Zirvas IBM, www.informationweek.de 08.04.2004
- 3 Prozessorientierte Leistungsverrechnung auf Basis von ITIL, www.norcom.de, 2004
- 4 Praxishandbuch Service-Level-Management, M. G. Bernhard, H. Mann, W. Lewandowski, J.Schrey, Symposion Publishing, 2003
- 5 Diplomarbeit: Konzeption zur Leistungsverrechnung interner IT-Leistungen in einem Dienstleistungsunternehmen, F. Plachta, Rheinische Fachhochschule, 2003
- 6 IT-Management/IT-Kosten: Das Ende der Pauschalen, T. Dieckmann Ascertech AG, www.informationweek.de 25.12.2002
- 7 Strategisches IT-Controlling, versch. Autoren, HMD 217, Feb. 2001
- 8 Service-Level-Management in der IT, M. G. Bernhard, W. Lewandowski, H. Mann, Symposion publishing, Okt. 2000
- 9 Service-orientiertes IT-Management, R.Zarnekow, A.Hochstein, W.Brenner, Mai 2005

C Induktionsbeweis-Unterstützung

In diesem Kapitel wird erläutert, wie Induktionsbeweise auf dem Leistungsgraphen unterstützt werden können.

Der Leistungsgraph G_S (Leistungsgraph ohne Strategieknoten und (Dienst,Kunde)-Pärchen) ist aufgrund seiner Rekrusionsfreiheit ein vorwärtsgerichteter Graph mit den Basisleistungen als Quellen und den Diensten als Senken.

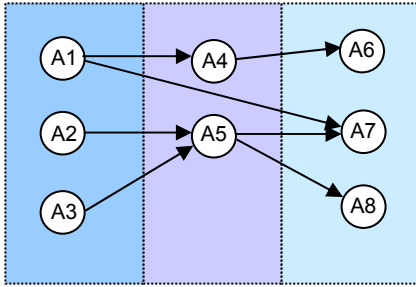
Jedem Knoten A_i läßt sich eine charakteristische ganze Zahl zuordnen:

$$\lambda(A_i) := \text{MAX}(\text{Weglänge irgendeines Knotens in } G_S \text{ zu } A_i)$$

wir nennen sie den Layer-Index. Wir sagen, ein Knoten A_i gehört zur Schicht l wenn $\lambda(A_i)=l$. Für Induktionsbeweise über den Layer-Index wäre es hilfreich, wenn sich die Schichten homogen verhalten würden. Damit ist folgende Bedingung gemeint:

Sind Λ_1, Λ_2 2 Schichten, sodass Layer-Index $\lambda(\Lambda_1) < \lambda(\Lambda_2)$, $A, B \in \Lambda_1, C \in \Lambda_2 \Rightarrow$ Alle Wege von A nach C haben gleiche Länge $w(A,C)$, dasselbe gilt für B nach C und es gilt: $w(A,C)=w(B,C)$.

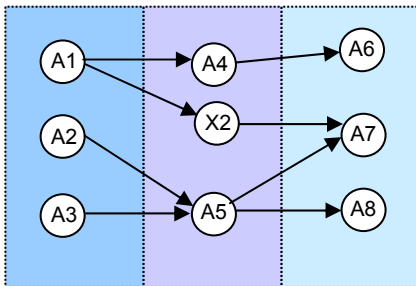
Beispiel:



Schicht 1 Schicht 2 Schicht 3

Schichten nicht homogen, da A7 aus Schicht 1 über Wege der Länge 1 und 2 erreicht wird.

Führen wir für 2 Knoten A_i und A_j mit $x_{ij} > 0$ und $\lambda(A_i)+1 < \lambda(A_j)$ Hilfsknoten $X_{\lambda(A_i)+1}, \dots, X_{\lambda(A_j)-1}$ ein, mit $x_{p,p+1}=1$ für alle $p=\lambda(A_i), \dots, \lambda(A_j)$, und machen wir das für alle derartige Knotenpaare, so entsteht ein Schichten-homogener Graph. Im Beispiel würde sich der erweiterte Graph folgendermaßen darstellen:



Schicht 1 Schicht 2 Schicht 3

Schichten homogen

Aufgrund der Konstruktion bleiben Anteile eines Knotens aus Teilgraph G_S an bestimmten Diensten erhalten und damit die Abstände der Knoten von Teilgraph G_S unverändert. Wir nennen den um die Hilfsknoten erweiterten Graphen den Hüllgraphen \hat{G}_S von G_S . Der Hüllgraph hat einen entscheidenden Vorteil für Induktionsbeweise: Lässt man die Schicht p der Dienste weg, so ist Schicht $p-1$ im um 1 Schicht reduzierten Graphen die neue Dienst-Schicht. Das könnte man natürlich auch in G_S . Das Problem ist nur, dass dann die Gewichtesumme ausgehender Kanten eines Knotens nicht mehr 1 sein müßte. Im Hüllgraphen ist diese Bedingung nach wie vor erfüllt.

Bezeichnet zu einem Hilfsknoten X A_X und B_X die beiden Knoten aus G_S , deren Kante $A_X \rightarrow B_X$ durch X (und evtl. weitere Hilfsknoten) untergliedert wurde, so gilt, wenn wir X der Organisationseinheit von B_X zuordnen:

Lemma 1: Ist $X \in \hat{G}_S \setminus G_S$ innerhalb derselben Organisationseinheit wie B_X , so gilt:
 $d(X,C)=d(B_X,C)$ für alle Knoten $C \in G_S$ und $d(X,B_X)=0$.

Beweis:

Sei S ein Service und δ der Anteil von B_X an S . Der Anteil von X an B_X ist 1 aufgrund der Konstruktion. Daraus folgt, dass der Anteil von X an S ebenfalls δ ist. Daraus ergibt sich sofort die Behauptung.

Ein Hilfsknoten X ist damit insbes. in jeder ε -Umgebung des Zielknotens B_X . Daraus folgt, dass unter allen ρ -optimalen Zerlegungen des Hüllgraphen \hat{G}_S (gemäß 3.3) mindestens eine dabei ist mit der Eigenschaft, dass für alle Hilfspunkte X gilt: X und B_X sind in derselben Teilmenge der Zerlegung. Restringiert man eine solche Zerlegung auf G_S , so stellt die resultierende Zerlegung, wie man leicht zeigt, eine ρ -optimale Zerlegung von G_S dar. In ein Lemma gefaßt:

Lemma 2: Ist Π eine ρ -optimale Zerlegung von \hat{G}_S , so ist $\Pi|_{G_S}$ eine ρ -optimale Zerlegung von G_S

Aufgrund von Lemma 2 ist es ausreichend, ρ -optimale Zerlegungen von \hat{G}_S zu untersuchen. Damit können die Vorteile eines Induktionsbeweises über die Zahl der Schichten genutzt werden.