

Universität Hamburg
Fachbereich Informatik

Seminararbeit zum Seminar Green-IT

**Konsolidierung - Gestaltung dynamischer IT-Landschaften mit Hilfe
der Virtualisierung**

vorgelegt von

Johannes Bumüller

geb. am 1. August 1984 in Singen (Htwl.)

Matrikelnummer 61xxxxx

eingereicht am 30. März 2012

Betreuer: Timo Minartz

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Konsolidierung in der IT	4
1.2	Brückenschlag zwischen Konsolidierung und Green-IT	4
2	Einführung in die Virtualisierung	5
2.1	Ursprung	5
2.2	Desktopvirtualisierung	5
2.3	Servervirtualisierung	5
2.3.1	Motivation	5
2.3.2	Funktionsweise	6
2.3.3	Vorteile	7
2.3.4	Probleme	7
2.3.5	Green IT	8
2.4	Cloudcomputing	8
2.4.1	Software as a Service (SaaS)	8
2.4.2	Platform as a Service (PaaS)	9
2.4.3	Kritik	9
3	Grüne Anwendung der Virtualisierung	10
3.1	Motivation	10
3.1.1	Typische Probleme im Rechenzentrum	10
3.1.2	Eine mögliche Lösung	10
3.2	Live-Migration	10
3.2.1	Voraussetzungen	10
3.2.2	Ablauf	11
3.3	Kriteriengesteuerter Betrieb	11
3.3.1	Manuelle Migration	11
3.3.2	Halbautomatische Migration	12
3.3.3	Vollautomatische Migration	12
3.3.4	Auslagerung in die Cloud	13
4	Fallbeispiel	14
4.1	Ausgangslage	15
4.1.1	Annahmen	15
4.2	Zielszenario I - Virtualisierte Infrastruktur	16
4.3	Zielszenario II - Komplette Serverstruktur in die Cloud	16

Inhaltsverzeichnis

4.4	Analyse von Kosten und Energieverbrauch	17
5	Zusammenfassung	19

Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
API	Application Programming Interface
AWS	Amazon Webservices
DKRZ	Deutsches Klimarechenzentrum
ECC / EC2	Electronic Computer Cloud
IT	Informationstechnologie
VM	Virtuelle Maschine
VMM	Virtual Maschine Monitor

1 Einführung

1.1 Konsolidierung in der IT

Der Begriff der Konsolidierung dominiert die Informationstechnik (IT) bereits seit vielen Jahren. Grundsätzlich ist damit das Verkleinern von IT-Systemen gemeint, zugleich wachsen jedoch die Anforderungen an die IT von Jahr zu Jahr. Auf den ersten Blick scheinen diese Ziele nicht vereinbar. Das Ziel dieser Arbeit ist es, zu zeigen, dass dies kein Widerspruch sein muss. Durch bessere Auslastung vorhandener Infrastrukturen, kann ein erheblicher Anteil vorhandener Informationsinfrastrukturen eingespart werden. Hieraus resultieren Kosteneinsparungen aus einer Vielzahl von Gründen, einige sind Einsparungen durch:

- **Geringere Hardwarekosten.**

Durch gerade freigewordene Ressourcen kann etwa die nächste Anschaffung neuer Hardware in ein späteres Geschäftsjahr geschoben werden. Oder bei der künftigen Neugestaltung einer Serverlandschaft weniger Hardware gekauft werden.

- **Geringerer Energieverbrauch.**

Werden weniger Server stärker belastet, hat dies positive Auswirkungen auf den Energieverbrauch, wie im Verlauf dieser Arbeit gezeigt wird.

- **Reduktion des Stellplatzbedarfs.**

Vor allem in großen Rechenzentren herrscht oft ein besonderes Platzproblem. Durch die Reduktion der Anzahl an Hardwarekomponenten verringert sich auch der Platzbedarf der IT-Systeme.

1.2 Brückenschlag zwischen Konsolidierung und Green-IT

Neben den Kosteneinsparungen sollten Allerdings die Einflüsse der Informationstechnik auf die Umwelt nicht vergessen werden. Bislang wurde die IT eher als umweltschädlich angesehen. Bei richtigem Einsatz, kann die Informationstechnik jedoch zur Umweltschonung beitragen, wie diese Arbeit zeigen soll. Der Verantwortung gegenüber der Umwelt entzieht die Informatik sich bereits seit einigen Jahren nicht mehr, die Konsolidierung trägt einen entscheidenden Teil dazu bei. So implizieren geringere Hardwarekosten bedingt den Umweltschutz, da einerseits im Vorhinein weniger Selizium aufgewendet wird und somit die Entsorgungsmenge geringer ist.

Ebenfalls kann die Reduktion des Stellplatzbedarfs positiven Einfluss auf die Umwelt haben. Möglicherweise kann somit die sonst erforderliche Erschließung neuen Baugrundes vermieden werden. Unmittelbaren Einfluss haben die Energieeinsparungen, über besonders umweltschonenden Strom, ist gar nicht bezogener Strom noch der effektivste Umweltschutz.

2 Einführung in die Virtualisierung

Unter alle dem ist dies lediglich ein Teil der Green IT auf dem sich auszuruhen ungenügend wäre. Eine Green IT Strategie ist ein ganzheitlicher Ansatz der auch vorsieht Informationssysteme umweltschonend zu beschaffen, betreiben und zu entsorgen. In allen Bereichen wirkt eine effiziente Konsolidierung unterstützend, ist für sich allein allerdings nicht ausreichend wirksam.

2 Einführung in die Virtualisierung

2.1 Ursprung

Die Idee der Virtualisierung geht bereits auf die Sechzigerjahre zurück. Mit dem Beginn der Virtualisierung war Rechenleistung noch rar und sehr teuer. Annehmbare Leistungen haben nur Großrechenanlagen erbracht, sogenannte Mainframes. Die Benutzer hatten auf ihren Schreibtischen Computer die lediglich dazu dienten, eine Verbindung zu einem Mainframe herzustellen. Der Mainframe führte dann das eigentliche Programm aus.

Zwischen 1980 und 2000 erfuhr die Informatik eine rasante Hardwareentwicklung. Die Clientcomputer wurden leistungsfähiger und günstiger. Diese Entwicklung führte dazu, dass auf den Schreibtischen genügend Rechenleistung zur Verfügung stand und bereits in den Achtzigern ein Abrücken von der Virtualisierung stattfand.

Mit wachsender Sensibilität für Umweltschutz und dem Ansatz der Konsolidierung kam die Virtualisierung in verschiedenen Ausprägungen wieder auf und gewinnt seit nunmehr einem Jahrzehnt immer weiter an Bedeutung. Im folgenden sollen die verschiedenen Ausprägungen näher beleuchtet werden.

2.2 Desktopvirtualisierung

Die Desktopvirtualisierung sei in dieser Arbeit lediglich kurz erwähnt. Der Fokus wird auf der im nächsten Abschnitt vorgestellten Servervirtualisierung liegen.

Bei der Desktopvirtualisierung geht es darum, die für alltägliche Büroaufgaben überdimensionierten PC's auf den Schreibtischen durch deutlich schlankere und energieeffizientere Computer, sogenannte *ThinClients* zu ersetzen. Solche ThinClients haben lediglich ein Minimum an Rechenleistung. Diese Art von Computer, dient ähnlich wie in den Ursprüngen angedacht, nur dazu sich auf einen entfernten Server zu verbinden der dann das Programm ausführt.

2.3 Servervirtualisierung

2.3.1 Motivation

Ein zentrales Ziel der Servervirtualisierung ist es vorhandene Server weiter auszulasten, da aktuelle Serveranlagen im Schnitt nur zu 20% in Anspruch genommen werden (vgl. [BaHo2007]). Wie ei-

2 Einführung in die Virtualisierung

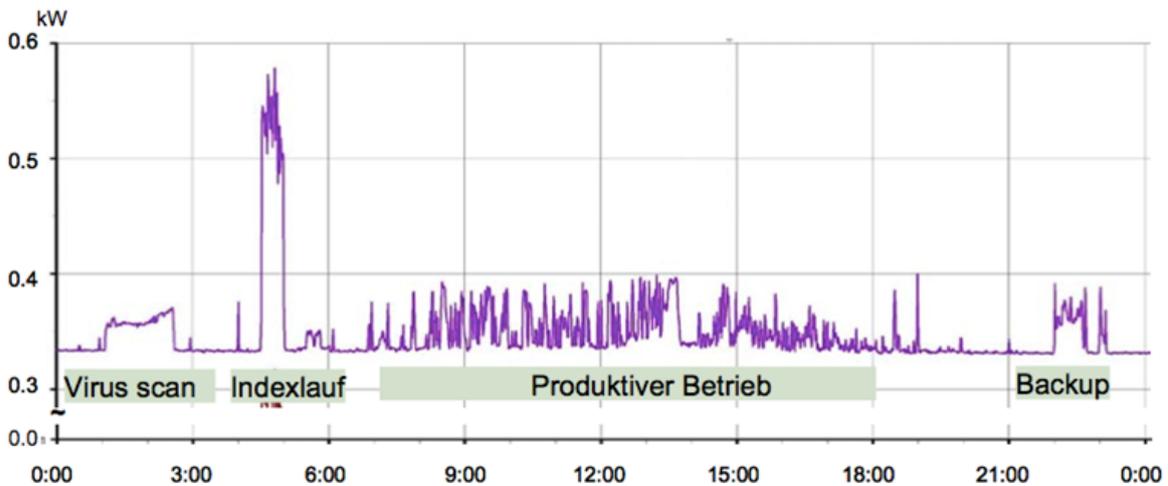


Abbildung 1: Stromverbrauch im Tag eines Datenbankservers (entnommen aus [KoKo2007]).

ne entsprechende Studie von [KoKo2007] zeigt, sind leicht ausgelastete Server nicht nur ineffizient genutzte Hardwarekomponenten, sondern auch ineffizienter Stromverbrauch.

Die obige Grafik zeigt den Tag im Leben eines Datenbankservers. Insbesondere zeigt sich, dass ein Server, der kaum Anfragen zu bearbeiten hat – wie das typischerweise im Zeitraum zwischen *Backup* und *Virus scan* der Fall ist – noch immer ca. 340 kW Strom verbraucht. In Spitzenzeiten wie etwa beim Indexlauf, ist der Verbrauch mit rund 570 kW weniger als doppelt so hoch. (vgl. [KoKo2007], S. 9)

Daraus folgt, dass das Zusammenlegen zwei leicht ausgelasteter Server zu einem stark ausgelasteten Server den Stromverbrauch insgesamt reduziert. Genau diesen Ansatz verfolgt die Servervirtualisierung.

2.3.2 Funktionsweise

Die Servervirtualisierung ermöglicht es mehrere *virtuelle* Server gemeinsam auf einem *dedizierten* Server (Host) zu betreiben. Eine schematische Darstellung der Servervirtualisierung findet sich in Abbildung 2 wieder. Dabei wird auf einem *physischen* Server ein *virtual machine Monitor (VMM)* installiert. Dieser verteilt die Ressourcen des Servers auf die darunterliegenden *Virtuellen Maschinen (VM)*. So stellt der VMM jeder virtuellen Maschine eigene Hardwareressourcen wie etwa Arbeits-, Festplattenspeicher, CPU-Leistung oder eine Grafikkarte – von der tatsächlichen Hardware abstrahiert – bereit. Somit verhält sich jede virtuelle Maschine für sich wie ein eigener *physischer* Rechner. Jeder dieser Rechner benötigt ein eigenes Betriebssystem, welches frei gewählt werden kann, solange eine Kompatibilität mit der vom VMM *emulierten* Hardware gegeben ist.

2 Einführung in die Virtualisierung

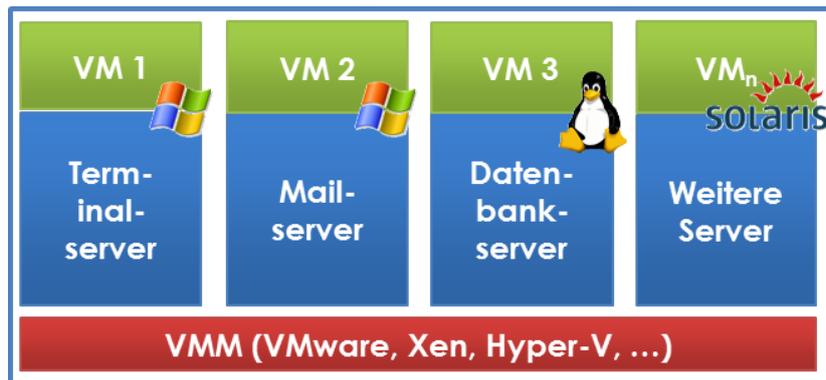


Abbildung 2: Struktur der Servervirtualisierung.

2.3.3 Vorteile

Die Servervirtualisierung bringt eine Reihe von Vorteilen für IT-Landschaften mit sich. So wird durch die Abstraktion der VM's von der physischen Hardware das darunterliegende System portabler. Wodurch Virtuelle Maschinen schneller auf neue umweltschonendere Hardware portiert werden könnten, soweit der VMM diese unterstützt. Portierungsvorhaben vereinfachen sich auch insofern als dass lediglich der Host auf die neue Hardware angepasst werden muss, die darunter liegenden Systeme sind durch die Abstraktion der Hardware nicht betroffen.

Im Übrigen bringt die Servervirtualisierung auch neue Backupstrategien etwa durch Snapshots¹ mit sich, diese können die Wartungsaufgaben an großen Serverumgebungen weiter vereinfachen².

2.3.4 Probleme

Neben den Vorteilen der Virtualisierung, sind auch potentielle Probleme zu beachten. Einerseits benötigt die durch den VMM eingezogene *Zwischenschicht* für ihre Aufgaben zusätzliche Rechenleistung. Bei aktuellen VMM's liegt der *Overhead* bei rund 5%. Betrachtet man die Tatsache, dass bis zu 80% sonst nicht genutzter Hardwareressourcen abgerufen werden können, lässt sich dieser vernachlässigen (vgl. hierzu auch [BaKL2009]).

Der Aufbau von zuverlässigen, virtuellen Umgebungen bedarf allerdings besonderen Wissens, welches möglicherweise eingekauft werden muss und somit zusätzliche Kosten wie auch Abhängigkeiten hervorrufen kann. Diese Nebeneffekte gilt es bei der Umsetzung eines Virtualisierungskonzepts zu beachten und zu kontrollieren.

¹Ein Snapshot (Schnappschuss) speichert nicht ein komplettes aktuelles Abbild einer VM, sondern registriert ab diesem Zeitpunkt alle Änderungen, um den Ursprünglichen Status jederzeit wieder herstellen zu können. Somit ist ein Snapshot eine besonders schnelle Methode um den aktuellen Stand einer VM zu „sichern“

²Eine genaue Behandlung neuer Backupstrategien durch Virtualisierung würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, insofern sei an dieser Stelle auf ... oder ... verwiesen.

2 Einführung in die Virtualisierung

Der *Virtual Maschine Monitor* benötigt bei all seinen Vorteilen eine gesonderte Wartung, welche zusätzliche Kosten verursacht, an anderer Stelle führt die Virtualisierung allerdings auch zu Einsparung von Wartungskosten. Die genauen Verhältnisse sind von der individuellen Umgebung abhängig und sollten auch untersucht werden.

Die Auswahl der Virtualisierungssoftware³ ist sehr detailliert abzuwägen, da sich hieraus auch Abhängigkeiten zu einem bestimmten Anbieter ergeben können.

2.3.5 Green IT

Zur Umsetzung einer ganzheitlichen Green IT Strategie ist die Servervirtualisierung eine unerlässliche Komponente. Durch die bessere Auslastung vorhandener Hardware wird indirekt die Verwendung von umweltschädlichem Silizium reduziert und der Energiebedarf im laufenden Betrieb verringert.

Wichtig ist, dass das Virtualisierungskonzept nachhaltig geplant und strukturiert wird, im Sinne der Green IT wäre es fatal, wenn etwa der Schritt zu neuen und umweltschonenderen Technologien durch einen veralteten VMM verhindert werden würde.

2.4 Cloudcomputing

Mit dem Cloudcomputing liegt eines der bislang neusten Virtualisierungskonzepte vor. Hier wird Rechenleistung in großen meist entfernt gelegenen Rechenzentren bereitgestellt.

2.4.1 Software as a Service (SaaS)

Das Konzept *Software as a Service* lässt sich vereinfacht als ein Extremum der Desktopvirtualisierung beschreiben. Hierbei werden bestimmte Anwendungen auf einem entfernten Rechnersystem bereitgestellt. Typischerweise sind dies Webanwendungen, zu deren Verwendung lediglich ein Webbrowser erforderlich ist. Somit benötigt der Client lediglich ein sehr geringes Maß an Rechenleistung, da dieser ausschließlich für das Darstellen der Websites einer Anwendung zuständig ist. Der Server bzw. die Serverlandschaft, worin die Anwendung betrieben wird, übernimmt alle rechenaufwendigen Aufgaben.

Hinsichtlich *Green IT* gilt es zu diesem Konzept folgende Kritikpunkte festzuhalten:

- **Unsicherheit über Serverlandschaft**

Der Betrieb der Rechenanlagen zur Bereitstellung einer Anwendung liegt in der Hand des SaaS-Anbieters, dadurch herrscht Unklarheit inwieweit die Anwendung „grün“ betrieben wird.

³Eine Virtualisierungssoftware (wie z.B. VMware, Citrix Xen oder Microsoft Hyper-V) übernimmt die Rolle des *Virtual Maschine Monitor*

2 Einführung in die Virtualisierung

- **Betrieb der Clients**

Bei der Verwendung von SaaS sind die in Abschnitt 2.2 vorgestellten ThinClients eher untypisch, was oft zu mehr Stromverbrauch, als nötig führt.

2.4.2 Platform as a Service (PaaS)

Bei einem *Platform as a Service* Konzept wird nicht wie bei SaaS eine Anwendung, sondern lediglich Rechenleistung bereitgestellt. Ein Unternehmen kann sich so voll dynamisch, je nach Bedarf, Rechenleistung *mieten*. Wie genau eine PaaS-Struktur implementiert ist und bereitgestellt wird variiert von Anbieter zu Anbieter. Bei *Amazon Webservices (AWS)* beispielsweise werden virtuelle Server komplett, mit Betriebssystem bereitgestellt, wobei in anderen Fällen etwa bei *Microsoft Azure* die Rechenleistung abstrakt zur Verfügung steht und Anwendungen über eine *API* indiziert werden.

In beiden Fällen ist jedoch zu beachten, dass eine große Unsicherheit hinsichtlich der **Green IT** Strategie besteht. Zwar schreiben sich viele Anbieter „grün“ auf die Fahnen, wie umweltfreundlich der verwendete Strom und die Wertschöpfungskette der Hardwarekomponenten, allerdings tatsächlich ist bleibt meist verborgen.

2.4.3 Kritik

Insbesondere gilt es beim Cloudcomputing hervorzuheben, dass die Unternehmens-IT mindestens zum Teil in fremde Hände gegeben wird. Es ist einerseits zu hinterfragen inwieweit dies mit den Werten eines Unternehmens zu vereinbaren ist.

Zu bewerten sind die Risiken insbesondere von zwei Gesichtspunkten:

- **Datensicherheit**

Ist es zweckmäßig existenzrelevante Unternehmensdaten in die Cloud zu speichern? Insbesondere sollte dann die Frage beantwortet werden, ob die Zusage eines Cloudanbieters „, das alle Daten sicher sind“ genügt oder ob ein eigenes hausinternes Backup erforderlich wird. Ansonsten ist mindestens zu überprüfen, wie der Cloud-Anbieter die Sicherheit der Daten gewährleistet.

- **Datenschutz**

Daten enthalten meist auch Informationen über Kunden oder Geschäftspartner, es ist daher zu hinterfragen inwieweit solche sensiblen Daten einem besonderen Schutz bedürfen und ob dieser bei dem Anbieter gegeben ist.

Für alle Virtualisierungstechnologien sollte immer beachtet werden dass man sich in eine gewisse Abhängigkeit begibt. Entweder in Form von Rahmenverträgen wie im Cloucomputing, oder aber durch die Verwendung einer Software, die potentiell an eine bestimmte Plattform gebunden ist. Daher ist bei der Wahl des Dienstleisters wichtig hier individuell auf Abhängigkeiten und Bedarfe zu achten.

3 Grüne Anwendung der Virtualisierung

3.1 Motivation

3.1.1 Typische Probleme im Rechenzentrum

Als Beispiel sei im Folgenden das **Deutsche Klimarechenzentrum (DKRZ)** genannt. Das Rechenzentrum unterhält mit dem Blizzard einen besonders leistungsfähigen Supercomputer zur Berechnung von Klimamodellen. Die Rechanlage hat einen besonderen Kühlbedarf, welcher durch eine geeignete Klimaanlage sicher gestellt wird. Ändern sich die äußeren Bedingungen allerdings unvorhergesehen stark und steigen die Temperaturen über 40°, kann die Klimaanlage die nötige Kühlung nicht mehr bewerkstelligen, was zu einer Abschaltung der Anlage führen könnte.

In einem weiteren Fall könnte etwa bei einem Stromausfall das Ziel bestehen die Anlagen unter knapper Notstromleistung so lange als möglich zu betreiben.

3.1.2 Eine mögliche Lösung

In beiden Fällen könnte sich als Lösung das Schmälern der Rechenleistung anbieten, so stehen alle Anlagen weiterhin zur Verfügung, allerdings mit reduzierter Rechenleistung. Eine solche Lösung lässt sich besonders effektiv mit Hilfe der Virtualisierung umsetzen und soll im Folgenden vorgestellt werden. In diesem Abschnitt sollen dazu gegebenen Instrumente moderner Virtualisierungslösungen erklärt werden, um dann mit dem „Kriteriengesteuerten Betrieb“ ein Modell vorzustellen, welches automatisch die Ressourcenverwaltung abwickelt.

3.2 Live-Migration

Die *Live-Migration* ist eine für diesen Anwendungsfall elementare Anforderungen an den *Virtual Maschine Monitor*. Die Live-Migration ermöglicht es virtuelle Maschinen von einem Host auf den anderen zu kopieren, dass der Vorgang für Clients im Netzwerk vollkommen transparent bleibt.

3.2.1 Voraussetzungen

Die Live-Migration erwartet eine gewisse Systemstruktur um sicherzustellen, dass die Migration besonders schnell abläuft. Wie eine solche Infrastruktur aussehen sollte zeigt Abbildung 3.

Hierbei benötigt das Netzwerk der Hosts in welchem die virtuellen Server betrieben werden, zusätzlich eine Speicherstruktur für die virtuellen Festplatten⁴. Die virtuellen Server greifen so über das

⁴Eine virtuelle Festplatte ist eine Datei, in dieser werden die Daten eines virtuellen Servers gespeichert. Für das Betriebssystem auf dem Server wird diese dann wie eine „normale“ Festplatte dargestellt.

3 Grüne Anwendung der Virtualisierung

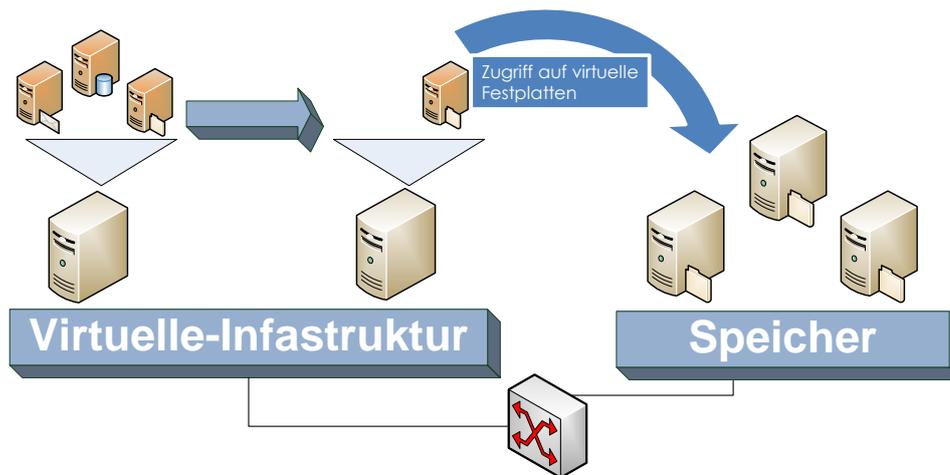


Abbildung 3: Für Live Migration geeignete Systemstruktur.

Netzwerk auf ihre virtuellen Festplatten zu. Dies macht die virtuelle Maschine unabhängig von ihrem Host.

3.2.2 Ablauf

Bei der Einleitung einer *Live-Migration*, wird die virtuelle Maschine auf den neuen Zielhost kopiert. Auf dem neuen Zielhost bleibt die Maschine noch deaktiviert und für das Netzwerk unsichtbar. Da die virtuellen Festplatten im Speichernetzwerk liegen, geht der Kopiervorgang verhältnismäßig schnell. Dennoch kann die initiale Kopie des Arbeitsspeicherabbildes und des Maschinenstatus einige Sekunden erfordern. Nach Abschluss der ersten Kopie werden alle *zwischenzeitlichen* Änderungen von der noch aktiven VM auf die neue VM kopiert, ist die Differenz der VM-States klein genug findet der eigentliche *failover* statt, die letzten Änderungen werden kopiert, die neue VM aktiviert und die alte VM deaktiviert.

Dieses Vorgehen stellt sicher, dass der virtuelle Server dauerhaft erreichbar bleibt.

3.3 Kriteriengesteuerter Betrieb

Mit dem Begriff „Kriteriengesteuerter Betrieb“ ist gemeint (virtuelle) Serverstrukturen anhand bestimmter Kriterien zu betreiben, d.h. Ressourcen nach Bedarf zu schmälern oder zu erweitern ohne dabei Ausfallzeiten in Kauf zu nehmen. Im Folgenden werden verschiedene Möglichkeiten des „Kriteriengesteuerten Betriebs“ unter Zuhilfenahme der *Virtualisierung* vorgeschlagen.

3.3.1 Manuelle Migration

Bei der *manuellen* Migration wird im Vorfeld bereits ein Aktionsplan aufgestellt, welcher exakt definiert welche virtuelle Maschine auf welche Host geht und welche Hosts abgeschaltet werden.

3 Grüne Anwendung der Virtualisierung

Tritt eine definierte Grenzüberschreitung auf, nehmen die Administratoren manuell eine Umverteilung gemäß Aktionsplan vor und schalten entsprechend dem Plan die Hosts ab. Einerseits können die Administratoren so auch individuell auf unvorhergesehene Zwischenfälle reagieren, allerdings ist auch dauerhaft die Gefahr menschlichen Versagens gegeben. Die Reaktionszeit ist verhältnismäßig langsam.

3.3.2 Halbautomatische Migration

Ziel der *halbautomatischen* Umsetzung ist es das Risiko menschlichen Versagens zu reduzieren und die Reaktionsgeschwindigkeit erheblich zu erhöhen.

Daher sieht diese Umsetzung vor, dass im Vorfeld ähnlich wie bei der manuellen Migration erstellte Aktionspläne in Form von ausführbaren Konfigurationsskripten gefasst werden. Diese Methode setzt voraus, dass der *Virtual Maschine Monitor* eine entsprechende Shell bereitstellt⁵. Im Falle einer Grenzüberschreitung führt ein Administrator das entsprechende Konfigurationsskript aus. Alternativ könnte auch das Anstoßen des Konfigurationsskripts automatisiert werden.

Der Nachteil gegenüber der manuellen Migration ist insbesondere die fehlende Flexibilität. Ist ein individuelles Reagieren erforderlich, welches der Aktionsplan nicht vorsieht, wäre ein Anpassen des Konfigurationsskripts erforderlich.

3.3.3 Vollautomatische Migration

Mit der *vollautomatischen* Umsetzung des „Kriteriengesteuerten Betriebs“ wird eine vollkommen dynamische IT-Umgebung umgesetzt. Die Idee hierzu basiert auf dem sogenannten *Sandpiper* (Wood et al 2007). Für den „Kriteriengesteuerten Betrieb“ soll dieser leicht angepasst werden.

Sandpiper⁶ - Dynamische Verteilung von IT-Ressourcen

Im Folgenden soll die Funktionsweise des Sandpiper näher dargestellt werden, diese lehnen sich an Wood et al (2007) an.

Beim Sandpiper soll ein Netz aus Hosts aufgebaut werden welche begrenzte Systemressourcen und einen *Virtual Maschine Monitor* bereitstellen. Die virtuellen Maschinen welche in dem Netz betrieben werden, sollen dann je nach Verfügbarkeit und Auslastungssituation auf die einzelnen Hosts ausgewogen verteilt werden.

Die Abbildung 4 stellt den exemplarischen Aufbau eines *Sandpiper* dar. Jeder Host hat neben den betriebsrelevanten virtuellen Maschinen, eine VM die explizit dem Sandpiper zur Vergütung steht.

⁵Dies ist bei den gängigen Virtualisierungslösungen der Fall.

⁶Der *Sandpiper* wurde am LASS (Laboratory for Advanced System Software) der Universität von Massachusetts entwickelt. Die Implementation wurde auf Basis von Xen durchgeführt und der Quellcode ist in der Sprache Python frei verfügbar.

3 Grüne Anwendung der Virtualisierung

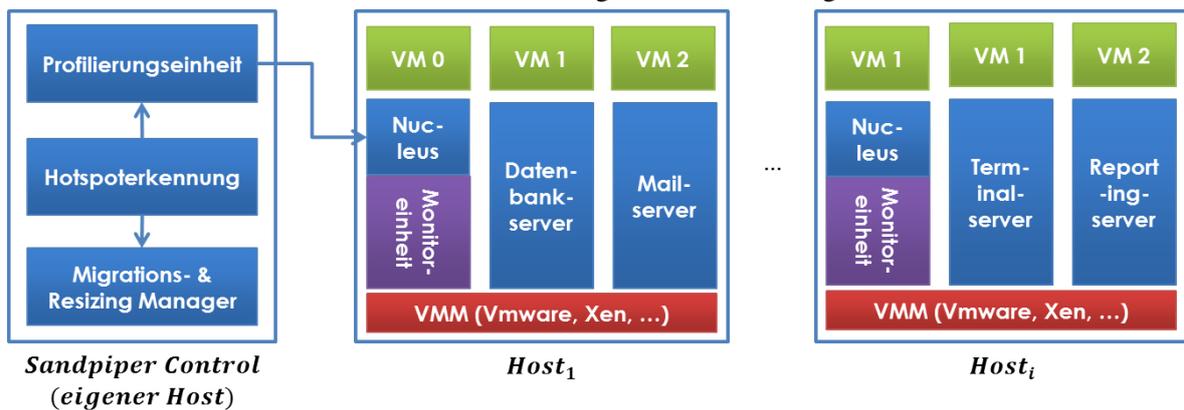


Abbildung 4: Struktur des Sandpiper in Anlehnung an [WSVY2007]

Die VM₀, auf dieser Maschine läuft einerseits die Monitoreinheit, welche die aktuellen Leistungskennzahlen der übrigen virtuellen Maschinen und des Hosts ausliest. Der *Nucleus* fragt diese ab und stellt die Informationen für den Sandpiper Control bereit. Die übrigen virtuellen Maschinen können frei zwischen den Hosts umverteilt werden.

Über *Host₁* bis *Host_i* gibt es einen weiteren Host der als *Sandpiper Control* agiert, dieser ist für die Verwaltung der Übrigen Hosts und deren virtuellen Maschinen verantwortlich. Er besteht aus drei Komponenten, der *Profilerungseinheit* der *Hotspoterkennung* und dem *Migrations- und Resizing Manager*.

Die Profilerungseinheit ruft am *Nucleus* der einzelnen Hosts die Leistungsdaten ab und gibt diese an die Hotspoterkennung weiter welche die Leistungsdaten analysiert um überlastete Maschinen zu erkennen. Bei Bedarf startet die Hotspoterkennung den Migrations- und Resizing-Manager welcher die Maschinen geeignet umverteilt.

Anpassungen für den Kriteriengesteuerten Betrieb

Der *Sandpiper* scheint für den Kriteriengesteuerten Betrieb eine geeignete Ergänzung zu sein. Im Unterschied zur herkömmlichen Funktion bei welcher der Sandpiper „aktiv“ agiert, soll nun die Initiative von außen erfolgen und dann direkt die Umverteilung angestoßen werden.

Insofern wäre der Sandpiper insbesondere bei der *Hotspoterkennung* anzupassen, diese muss eine Schnittstelle bereitstellen um von „außen“ angesprochen zu werden. So könnte ein Temperaturfühler die Hotspoterkennung ansprechen und die aktuelle Temperatur übermitteln. Die Hotspoterkennung wäre dann dahingehend zu erweitern dass sie entsprechende (im Sinne der Wärmeabgabe) ineffiziente Hosts abschaltet und in Verbindung damit die Umverteilung der VM's anstößt.

3.3.4 Auslagerung in die Cloud

Das Thema Outsourcing hat ab 2010 mit dem verstärkten Aufkommen von Cloudcomputing eine ganz neue Bedeutung bekommen. Während beim klassischen Outsourcing zumeist feste Rechenanla-

4 Fallbeispiel

gen gemietet werden und die Angebote, mit langen Vertragslaufzeiten verbunden, sehr statisch sind, gestalten sich die neuen Kontrakte im Rahmen von Cloud Computing-Angeboten deutlich dynamischer.

Rechenleistung auf Bestellung

Statt fix bestimmte Serverleistungen zu reservieren, die nur selten eine Auslastung von 50% übersteigen, wird Rechenleistung auf Abruf bereitgestellt aber nur dann verwendet, wenn diese auch tatsächlich benötigt wird. So wird die Rechenleistung und damit implizit der Energieverbrauch so effizient als möglich verwaltet.

Komplette Infrastruktur in der Cloud

Eine Großzahl der Szenarien beim Einsatz von Cloudcomputing sieht vor, dass alle Serverstrukturen in der „Cloud“ betrieben werden. Dieses Vorgehen gilt als besonders kosteneffizient, da sich der Cloudanbieter um aufwendige Aufgaben wie Backup und Redundanz kümmert, im Übrigen können so die hohen Anschaffungskosten der Hardware gemieden oder zumindest reduziert werden. Fraglich ist, ob sich der Betrieb in der „Cloud“ für Unternehmen tatsächlich eignen, neben den Vorteilen sind einige kritische Risikofaktoren⁷ nicht von der Hand zu weisen. Insbesondere hinsichtlich Datenschutz und der Informationssicherheit sind hier Entscheidungen zu treffen.

Migration in die Cloud bei Engpässen

Eignet sich die *ausschließliche* Verwendung der „Cloud“ für ein Unternehmen nicht, könnte das Cloudcomputing als ergänzende Komponente in Frage kommen. Dabei könnte die „Cloud“ genau dann genutzt werden, wenn ein Engpass in der eigenen IT-Infrastruktur besteht.

In diesem Falle könnte sich das Cloudcomputing auch als ein Hilfsmittel des *Kriteriengesteuerten Betriebs* anbieten. So könnte bei Auftreten eines Engpasses die Migration in die Cloud erfolgen, um beispielsweise⁸ die Temperatur im Serverraum als Problem auszuschließen. In Eine detaillierte Analyse der Risiken, die eine solche Migrationsstrategie mit sich bringt, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, nähere Ausführungen hierzu finden sich insbesondere in [WSRM2011].

4 Fallbeispiel

Ziel dieses Absatzes ist es, insbesondere einen typischen Anwendungsfall der Virtualisierung am Beispiel eines kleinen Unternehmens durchzuspielen.

⁷In Absatz 2.4.3 wurden einige Risikofaktoren, insbesondere im Hinblick auf Datenschutz und Datensicherheit angeführt.

Für weitere Vertiefungen zum Thema Cloudcomputing vergleiche auch [AFGJ2009]

⁸Vergleiche hierzu auch der Absatz 3.1.1 „Typische Probleme im Rechenzentrum“

4 Fallbeispiel

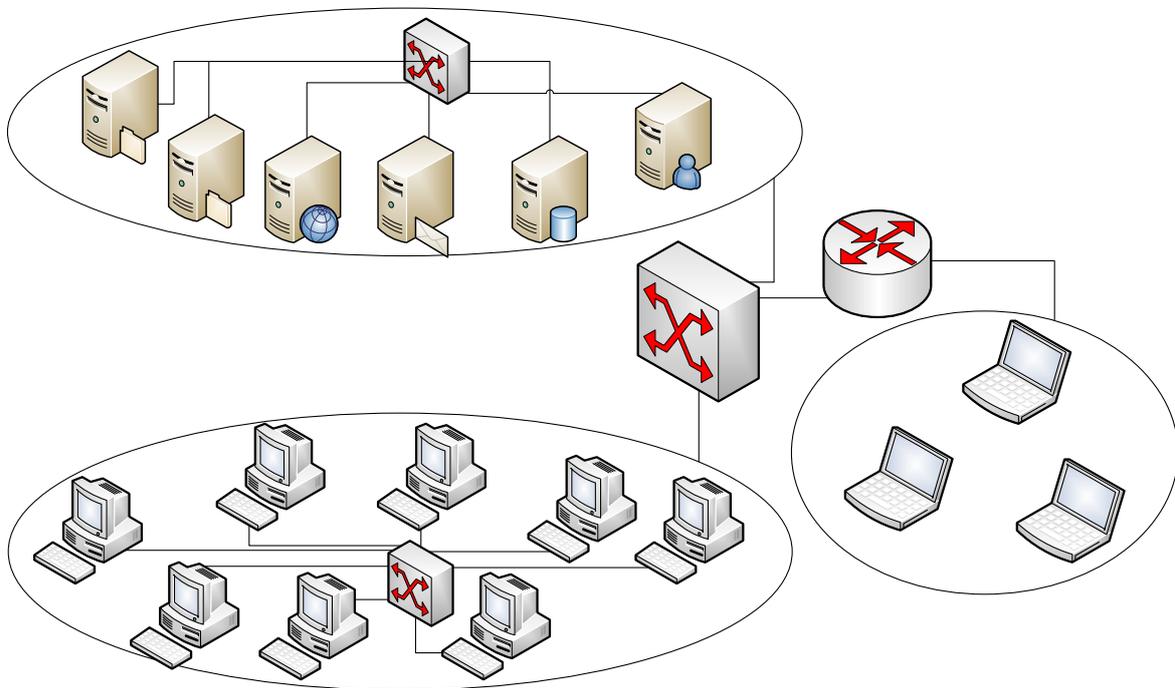


Abbildung 5: Fallbeispiel, Netzwerkdiagramm der Meier Maschinenbau GmbH

4.1 Ausgangslage

Die Firma Meier Maschinenbau GmbH, betreibt ein hausinternes IT-System, wie in Abbildung 5 dargestellt, mit sechs dedizierten Servern, jeder Server übernimmt eine eigene Aufgabe. Davon bilden zwei *Fileserver* das Storage Area Network (SAN), ein Server dient als *eMailserver*, ein weiterer stellt das *Intranet* bereit. Zur Datenhaltung existiert im Netzwerk ein dedizierter *Datenbankserver* und in einem *Active Directory*, welches ebenfalls einen eigenen Server hat, werden die Benutzerrechte und -profile verwaltet. Eine solche Aufteilung, wobei für einzelne Anwendungsfälle eigene Server betrieben werden, wird häufig vorgenommen um zu verhindern, dass die Dienste sich gegenseitig tangieren. Der Nachteil dieser Struktur ist, dass die Server ungenügend ausgelastet werden, was mit ineffizientem Energieverbrauch verbunden ist.

4.1.1 Annahmen

Um das dem Rahmen dieser Arbeit entsprechend vereinfacht rechnen zu können, liegen dem Beispiel einige *vereinfachende* Annahmen zu Grunde, insbesondere gilt hierbei:

1. Wartungsaufwand

Durch Virtualisierungsarbeiten entstehen einerseits Verringerungen beim Wartungsaufwand,

4 Fallbeispiel

insbesondere für die Hardware, andererseits nimmt der Aufwand durch spezielle Anforderungen an den VMM zu. Im Folgenden sei vorausgesetzt, dass sich die Verhältnisse aufheben.

2. Serverbetrieb

Die Server werden 24/7, also rund um die Uhr, betrieben.

3. Hardwareanschaffung

Um auch die Anschaffungskosten einzubeziehen, sei vorausgesetzt, dass die Hardware noch nicht angeschafft wurde. Die Kosten eines Servers können je nach Anwendungsfall sehr stark variieren, im Folgenden wurde mit einem universell einsetzbaren Server kalkuliert, wodurch Kosten von 2150 Euro angesetzt wurden.

4. Abschreibung

Es wird davon ausgegangen, dass die IT-Infrastruktur nach exakt fünf Jahren komplett wertlos ist und Neuanschaffungen nötig werden.

5. Wissen

Die Schaffung einer virtualisierten Struktur erfordert spezielles Wissen, meist muss dieses beispielsweise durch Beratungsdienstleister eingekauft werden, für den gegebenen Fall sei angenommen dass dieses Wissen bereits im Hause ist, da dieses numerisch nur schwer zu erfassen ist.

4.2 Zielszenario I - Virtualisierte Infrastruktur

Das gegebene Szenario bietet einen idealen Anwendungsfall für Virtualisierung. In diesem Falle soll das SAN fortbestehen wie bislang um etwa die Live-Migration des VMM verwenden zu können, etwa wenn später der *Kriteriengesteuerte Betrieb* eingeführt werden soll. Die übrigen vier Server sollen als virtuelle Maschinen auf zwei Hosts verteilt werden. Damit können im gegebenen (besonders einfach gehaltenen) Szenario bereits zwei dedizierte Server eingespart werden. Diese Situation stellt Abbildung 6 dar.

4.3 Zielszenario II - Komplette Serverstruktur in die Cloud

Eine Alternative wäre es, die Rechenleistung auszulagern (Outsourcing), besonders dynamische Kontrakte werden dann als Cloudcomputing-Angebote bezeichnet. Der Internetdienstleister *Amazon* bietet mit seiner Produktpalette *Amazon Web Services* die sogenannte *Electronic Computer Cloud (ECC)*, bei diesem Angebot können Serverressourcen auf bestimmte Zeit gemietet werden. In diesem Szenario soll die Serverstruktur innerhalb einer Electronic Computer Cloud abgebildet werden. Um die laufenden Kosten zu reduzieren, wird auf Basis von Verträgen mit dreijähriger Laufzeit kalkuliert.

4 Fallbeispiel

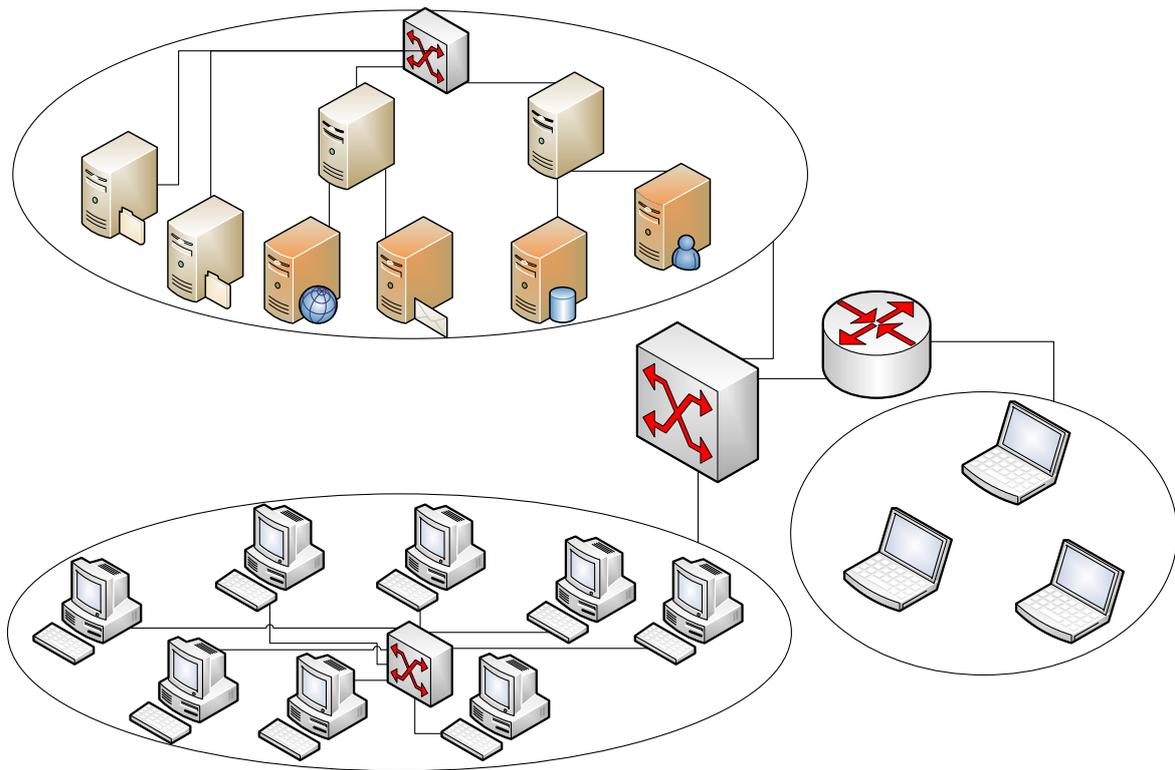


Abbildung 6: Fallbeispiel, Netzwerkdiagramm der Meier Maschinenbau GmbH

4.4 Analyse von Kosten und Energieverbrauch

Bei IT-Systemen sind typischerweise *Anschaffungskosten* und *Betriebskosten* zu betrachten. Für Anschaffungskosten der vorhandenen IT-Infrastruktur werden vereinfacht nur die Kosten für die Server betrachtet. Für die Betriebskosten wird insbesondere der Energieverbrauch betrachtet. Zum Energieverbrauch ergibt sich für das Ausgangssystem (wobei ein Verbrauch der einzelnen Server von je 500 Watt zugrunde gelegt wurde):

$$0,5kw \cdot 24h \cdot 365Tage = 4.380kWh \text{ pro Jahr}$$

$$4380kWh \cdot 6Server = 26.280kWh \text{ pro Jahr}$$

$$26.280kWh \cdot 0,17ct. = 4.467,60 \text{ Euro pro Jahr}$$

Für die virtualisierte Umgebung wurde einer erhöhte Leistungsabnahme der Netzteile in einer Gesamthöhe von 600 Watt angenommen. Diese gilt allerdings lediglich für die zwei Hosts, bei den Speicherservern bleibt diese weiterhin bei 500 Watt. So ergeben sich analog:

$$0,6kw \cdot 24h \cdot 365Tage = 6.132kWh \text{ pro Jahr}$$

$$4.380kWh \cdot 2Server + 6.132kWh \cdot 2Server = 21.024kWh \text{ pro Jahr}$$

$$21.024kWh \cdot 0,17ct. = 3.574,08 \text{ Euro pro Jahr}$$

4 Fallbeispiel

Folgende Tabelle soll der Vergleichbarkeit dienen:

	Ausgangssituation	Virtualisiertes System	System in der Cloud
Anschaffung	$6 \cdot 2150 = 12.900\text{€}$	$4 \cdot 2150 = 8.600\text{€}$	1400€^9
Stromverbrauch	26.280kWh	21.024kWh	<i>unbekannt</i>
Betriebskosten	4.467€	$3.574,08\text{€}$	$12 \cdot 451,64 = 5.491,68\text{€}$

Aus der Tabelle geht bereits ein Trend hervor, wenn auch die Differenzen sehr gering sind. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass das Beispiel recht klein gewählt wurde. Ein Kritikpunkt hinsichtlich *Cloudcomputing in der Green IT* ist anzumerken, dass der Energieverbrauch des Systems nicht bekannt ist. Es lässt sich allenfalls erahnen, dass der Energieverbrauch (aus Kostengründen) relativ gering sein sollte, allerdings ist auch nicht klar, inwieweit die Stromerzeugung mit Green IT kompatibel ist. Diese Unsicherheit gilt es bei Einsatz von Cloudcomputing in Green IT Umgebungen zu beachten.

Auf fünf Jahreslaufzeiten hochgerechnet lassen sich auch die Anschaffungskosten einbeziehen, woraus sich unter Zuhilfenahme des Kapitalwertkriteriums¹⁰ folgende Gesamtersparnisse erzielen. Dabei wird vermutet, dass das Geld was für Anschaffung und Betrieb zu einem Zins¹¹ angelegt werden kann.:

Virtualisierte Umgebung:

Die Ersparnisse der Anschaffungskosten können so für eine Laufzeit von fünf Jahren verzinslich angelegt werden und ergeben so eine Gesamtersparnis von:

$$4.300\text{Euro} \cdot 1,03 = 4938,88 \text{ Euro}$$

Die jährlichen Ersparnisse durch geringere Betriebskosten summieren sich unter Berücksichtigung der Zinsen auf:

$$\sum_{i=0}^4 893,52 \cdot 1,03^i = 4743,25 \text{ Euro}$$

Was auf fünf Jahre eine Gesamtersparnis von $9.728,13\text{€}$ im Vergleich zur Ausgangssituation (ohne Virtualisierung) ergibt.

System in der Cloud (ECC)

Die Ersparnisse der Anschaffungskosten können so für eine Laufzeit von fünf Jahren verzinslich angelegt werden und ergeben so eine Gesamtersparnis von:

$$11.500\text{Euro} \cdot 1,03 = 13.331,65 \text{ Euro}$$

¹⁰Das Kapitalwertkriterium ist ein Instrumentarium der Investitionsrechnung und dient dem Errechnen der Rentabilität von Investitionen.

¹¹Im gegebenen Beispiel wurde ein risikofreier Zins von 3% veranschlagt

5 Zusammenfassung

Die jährlichen Ersparnisse durch geringere Betriebskosten summieren sich unter Berücksichtigung der Zinsen auf:

$$\sum_{i=0}^4 -1.024,08 \cdot 1,03^i = -6.624,17 \text{ Euro}$$

Was auf fünf Jahre eine Gesamtersparnis von 6.707,48 € im Vergleich zur Ausgangssituation ergibt. Hingewiesen sei an dieser Stelle insbesondere auf höheren Betriebskosten, die über die Gesamtlaufzeit einen Verlust von 6.624 € aufweisen. Dabei liegen die Vorteile von Cloudcomputingangeboten nicht unbedingt im niedrigeren Preis, sondern oft auch in der Flexibilität und dem darauf basierenden *pay-as-you-go*-Prinzip¹². So könnten die Server in der Nacht einige Stunden einfach deaktiviert werden, was die Betriebskosten nochmals erheblich senken würde¹³.

5 Zusammenfassung

Die Virtualisierung ist eine Technologie die es ermöglicht vorhandene, bislang ungenutzte, Serverressourcen besser auszulasten und so durch effizientere Nutzung, den Energieverbrauch zu senken. Wird also die Virtualisierung richtig eingesetzt, so kann sie eine entscheidende Komponente in einer Green-IT-Strategie bilden. Es wäre allerdings zu kurz gegriffen allein durch Einsatz der Virtualisierung bereits von einem *Green-IT-System* zu sprechen, Green-IT umfasst deutlich mehr, hier ist beispielsweise auch auf die Beschaffungskette und umweltfreundliche Entsorgung ein Augenmerk zu richten, darüber wäre über die Reduktion des Energieverbrauchs hinaus auf die Quelle der Energie zu achten.

Eine zusätzliche Steigerung der Energieeffizienz kann durch den in dieser Arbeit vorgestellten „Kriterien gesteuerten Betrieb“ erzielt werden. Hier werden virtuelle Maschinen, je nach Bedarf auf Hosts verteilt und dynamisch verwaltet. Dies macht eine virtuelle IT-Infrastruktur noch dynamischer und ermöglicht einerseits, falls der aktuelle Rechenaufwand es erfordert Rechenressourcen hinzuzunehmen um die Leistung zu steigern, oder aber falls die Rechenressourcen überflüssig sind, diese abzuschalten um Strom zu sparen. Eine ähnliche Stellung nimmt das Cloudcomputing ein, allerdings mit dem Preis dass die Daten zu externen Anbietern ausgelagert werden müssen.

Die Motivation für die Gestaltung einer „grünen“ wurde in dieser Arbeit durch einen groben Vergleich der Anschaffungs- und Betriebskosten unterstützt.

¹²Da neben einer eventuellen Grundgebühr, nur für das gezahlt werden muss was konsumiert wird. Ein Server kostet also nur wenn er auch läuft.

¹³Es sei am Rande erwähnt dass Cloudcomputing auch Vorteile bringt wenn Systeme schnell und sehr stark erweitert werden müssen

Literatur

- [KoKo2007] Whitepaper von Fujitsu Siemens Computers und Knürr: Energie-effiziente Infrastrukturen für das Rechenzentrum - Juli 2007.
- [CFHH2005] Live Migration of Virtual Machines - Christopher Clark, Keir Fraser, Steven Hand, Jacob Gorm Hansen, Eric Jul, Christian Limpach, Ian Pratt, Andrew Warfield - 2005.
- [WSRM2011] CloudNet WAN Live Migration - Timothy Wood, Prashant Shenoy, K.K. Ramakrishnan, Jacobus Van der Merwe - 2011.
<http://lass.cs.umass.edu/papers/pdf/cloudnetvee11.pdf>
- [AFGJ2009] Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing - Michael Armbrust, Armando Fox, Rean Griffith, Anthony D. Joseph, Randy H. Katz, Andrew Konwinski, Gunho Lee, David A. Patterson, Ariel Rabkin, Ion Stoica, Matei Zaharia - Februar 2009.
- [WSVY2007] 4th USENIX Symposium on Networked Systems Design & Implementation 2007: Black-box and Gray-box Strategies for Virtual Machine Migration - Timothy Wood, Prashant Shenoy, Arun Venkataramani, and Mazin Yousif
http://www.usenix.org/events/nsdi07/tech/full_papers/wood/wood.html (Zugriff am 23.10.2011)
- [NeLH2005] USENIX Annual Technical Conference 2005: Fast Transparent Migration for Virtual Machines - Michael Nelson, Beng-Hong Lim, and Greg Hutchins.
- [MSSS2011] A survey of corporate IT - Let it rise - The Economist Oktober 2008.
<http://www.economist.com/node/12411882/print>
- [BaKL2009] Servervirtualisierung - Informatik Spektrum März 2009 - Christian Baun, Marcel Kunze, Thomas Ludwig
- [BaHo2007] The Case for Energy-Proportional Computing - IEEE Whitepaper 2007 - Luiz André Barroso, Urs Hölzle