



Virtuelle Serverkonzepte

mit Microsoft Virtual PC, Virtual Server
und VMware Workstation, GSX Server

<i>Erarbeitet durch</i>	<i>Betreuer</i>	<i>Datum</i>
Roland Knöpfli Stefan Okle	Pietro Brossi	Winterthur, 1.7.2005 Version 1.0

Disclaimer

© 2001-2005 Zürcher Hochschule Winterthur (ZHW)

Die ZHW behält sich alle Rechte an der vorliegenden Arbeit und den digitalen Dokumenten auf der CD. Die Arbeit darf ohne schriftliche Genehmigung der Autoren oder der ZHW in keiner Art und Weise (Fotokopie, Mikrofilm, PDF oder mit Hilfe eines anderen Verfahrens), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Erteilung einer Genehmigung unterliegt einer Bewilligung durch die ZHW.

Die Autoren sowie die ZHW übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit der Angaben in der vorliegenden Arbeit. Im Weiteren haften die Autoren oder die ZHW unter keinen Umständen für mittelbare oder unmittelbare Folgeschäden oder besondere Schadensfolgen, die sich aus oder in Verbindung mit der Arbeit ergeben, gleichgültig, ob diese aufgrund unerlaubter Handlungen, eines Vertrages oder sonstigen Gründen in Verbindung mit dieser Dokumentation entstehen.

Diese Dokumentation verfolgt keinerlei kommerzielle Zwecke, sämtliche Produkte- und Firmennamen werden lediglich zu Auswertungs- und Analysezwecken genannt. Die Autoren weisen darauf hin, dass die in der Dokumentation verwendeten Soft- und Hardwarebezeichnungen und Markennamen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz unterliegen.

Management Summary

Dieses Dokument vermittelt einen Einblick in die Möglichkeiten, welche sich durch den Einsatz von Virtualisierungstechnologie in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) ergeben.

Bei der Virtualisierung handelt es sich um eine Technologie, welche es erlaubt, virtuelle Ausführungsumgebungen auf einem Computer bereitzustellen, um darin Applikationen isoliert von anderen Systemen betreiben zu können. Schon früh hat IBM eine Vorreiterrolle übernommen, indem sie Hostsysteme bereits in den 80er Jahren mit Virtualisierungstechnologie ausrüsteten. Als Ende der 90er Jahre VMware als erster Anbieter die Virtualisierung auf Basis der Intel x86-Prozessorarchitektur ermöglichte, wurde diese Technologie für eine breitere Öffentlichkeit interessant und vor allem erschwinglich.

Den Trend zur Virtualisierung erkannten auch andere Softwareanbieter und entwickelten ihrerseits Lösungen. Vor allem Connectix, welche im Jahr 2003 von Microsoft übernommen wurde, konnte ihr Produkt „Virtual PC“ erfolgreich am Markt positionieren. Auch die OpenSource Community entwickelte einige konkurrenzfähige Produkte in diesem Marktsegment.

Im Rahmen dieser Arbeit werden die vier Produkte Microsoft Virtual PC und Virtual Server sowie VMware Workstation und GSX Server genauer untersucht. Sie eignen sich am besten für den professionellen Einsatz in KMUs.

In einer ersten Gegenüberstellung wurde festgestellt, dass sich die Produkte vom Funktionsumfang her deutlich unterscheiden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Produkte für verschiedene Einsatzgebiete entwickelt wurden. Microsoft's Virtual PC und VMware's Workstation sind für den Einsatz auf Arbeitsplatzrechnern vorgesehen und bieten dementsprechend mehr Komfort bei den Bedienungsfunktionen. Die Server Produkte Microsoft Virtual Server und VMware GSX Server haben den Anderen aufgrund der Marktausrichtung in technischer Hinsicht einiges voraus.

Die Einsatzmöglichkeiten dieser Produkte im produktiven Umfeld sind sehr vielseitig. Als Grundlage für die meisten Einsatzszenarien dient jedoch der Ansatz der Konsolidierung. Dabei werden mehrere Betriebssysteme auf einer physischen Hardware parallel betrieben. Dies erhöht die durchschnittliche Auslastung der Hardwareressourcen und kann den TCO positiv beeinflussen. Allerdings muss beachtet werden, dass in einer konsolidierten Serverumgebung ein Hardwareausfall mehrere Systeme betreffen kann. Ein anderes Einsatzgebiet ist die temporäre Bereitstellung von virtuellen Servern. Diese können zu Testzwecken dienen oder bei Software Migrationen eingesetzt werden.

Für die nähere Zukunft haben namhafte Hard- und Softwarehersteller Produkte und Technologien angekündigt, welche die Entwicklung der Virtualisierungstechnologie weiter vorantreiben sollen. Dies zeigt, dass die Virtualisierung auch weiterhin an Bedeutung gewinnen wird.

Management Summary (English)

This document shows the possibilities, which arise as a result of the use of virtualisation technology in small and medium-sized enterprises (SME).

Virtualisation is a technology that provides virtual execution environments on a computer in order to run applications completely isolated from others. IBM took over the role of the pioneer in the 80's, by equipping host systems with virtualisation technology. When in the end 90's VMware as first vendor made it possible to use virtualisation on the basis of Intel's x86 computer architecture, the technology became interesting for a broader public and above all affordable.

Also different software providers recognized the trend to virtualisation and developed solutions on their part. Above all Connectix, which was bought by Microsoft in 2003, could successfully position its product "Virtual PC" at the market. But also the open source community developed some competitive product for the upcoming virtualisation market.

In the context of this work the four products Microsoft Virtual PC and Virtual Server as well as VMware Workstation and GSX Server were examined more exactly. They are suitable best for the professional use in SME's.

In a first confrontation it was stated that the products differ clearly in functional range. This is to be attributed to the fact that the products were developed for different application areas. Microsoft's Virtual PC and VMWare's Workstation are intended for the use on desktop computers and offer accordingly more comfort with the operating functions. The server product Microsoft Virtual Server and VMware GSX Server provide more functionality on technical side.

The possible fields of application of these products are very versatile. For most application areas however the consolidation attempt serves as a basis. Thereby several operating systems are operated collateral on a physical hardware. This increases the average utilisation ratio of hardware resources and can positively affect the TCO. However it should be kept in mind that in a consolidated server environment a single hardware malfunction can affect several systems.

Another application area is the temporary supply of virtual server. Another application area is the temporary supply of virtual server. These can serve for test purposes or software migrations.

For the near future well-known hard- and software producers announced products and technologies, which should further the development of the virtualisation technology. This points out that virtualisation will gain in importance furthermore.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	1
2	Aufbau des Dokuments	2
2.1	Struktur	2
2.2	Dokumentkonvention	2
2.2.1	Referenzen	2
2.2.2	Glossar	2
2.2.3	Quellen	3
2.2.4	Abkürzungen	3
2.3	Technische Konventionen	3
3	Einführung	5
3.1	Begriff „Virtuelle Maschinen“	5
3.1.1	Ursprüngliche Definition	5
3.1.2	Gängige Definition	5
3.1.3	Virtuelles Betriebssystem	6
3.1.4	Parallele Virtuelle Maschinen	6
3.2	Geschichte	6
3.3	Ansätze zur Virtualisierung	7
3.3.1	Standalone Betrieb	7
3.3.2	Host/Gast Betrieb	8
3.4	Virtualisierungslösungen	8
3.4.1	IBM	8
3.4.2	Microsoft	8
3.4.3	VMware	9
3.4.4	Open Source Community	9
3.5	Abgrenzung	10
3.5.1	GRID Computing	10
3.5.2	Host Virtualisierung	10
3.6	Produkte	10
3.6.1	Versionen	11
3.6.2	Unterschiede VMware Workstation 4.5/5.0	11
4	Einsatzgebiete	13
4.1	Konsolidierung	13
4.2	Software Migration	15
4.3	Betrieb von Legacy Software	16
4.4	Entwicklungsumgebung	16
4.5	Redundante Systeme	16
4.6	Betriebliche Sicherheit	17
4.7	Konzeptionelle Sicherheit	18
5	Produkte	19
5.1	Übersicht	19
5.1.1	Microsoft Virtual PC	19
5.1.2	Microsoft Virtual Server	20
5.1.3	VMware Workstation	20

5.1.4	VMware GSX Server	21
5.2	Funktionsvergleich	22
5.2.1	Systemkomponenten	22
5.2.2	Architektur	24
5.2.3	Operationelle Funktionen	29
5.2.4	Performance	33
5.2.5	Supportleistungen	36
5.2.6	Kosten	37
5.3	Auswertung	37
5.3.1	Microsoft Virtual PC 2004	38
5.3.2	VMware Workstation 4.5 & 5.0	38
5.3.3	VMware GSX Server 3.1	39
5.3.4	Microsoft Virtual Server 2005	39
5.4	Einsatzgebiete	40
5.4.1	Konsolidierung	40
5.4.2	Software Migration	43
5.4.3	Betrieb von Legacy Software	47
5.4.4	Entwicklungsumgebung	52
5.4.5	Redundante Systeme	56
5.4.6	Betriebliche Sicherheit	60
5.4.7	Konzeptionelle Sicherheit	62
6	Ausblick	65
6.1	Trend	65
6.2	Zeitpunkt	66
6.3	Software	66
6.3.1	Microsoft	66
6.3.2	Novell	67
6.3.3	Red Hat	67
6.3.4	VMware	67
6.3.5	XEN	67
6.4	Hardware	67
6.4.1	IBM	67
6.4.2	Intel	68
6.4.3	AMD	68
7	Zusammenfassung	69
8	Glossar	70
9	Quellenverzeichnis	73
10	Anhang	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Produkte Versionsnummern	11
Tabelle 2: Host-Betriebssysteme	25
Tabelle 3: Gast-Betriebssysteme	26
Tabelle 4: Virtualisierte Hardware: Festplatten	27
Tabelle 5: Virtualisierte Hardware: Netzwerkkarte	28
Tabelle 6: Performance: Betriebsmodi	33
Tabelle 7: Kosten	37
Tabelle 8: Auswertung: Gewichtung der Kriterien	37
Tabelle 9: Auswertung: Resultate	38
Tabelle 10: Bewertungsskala - Beurteilung Einsatzgebiete	40
Tabelle 11: Konsolidierung - Kriterien	42
Tabelle 12: Konsolidierung - Beurteilung	42
Tabelle 13: Software Migration - Kriterien	46
Tabelle 14: Software Migration - Beurteilung	47
Tabelle 15: Betrieb von Legacy Software – Konfiguration alt	48
Tabelle 16: Betrieb von Legacy Software – Konfiguration neu	48
Tabelle 17: Betrieb von Legacy Software - Kriterien	51
Tabelle 18: Betrieb von Legacy Software - Beurteilung	52
Tabelle 19: Entwicklungsumgebung - Kriterien	55
Tabelle 20: Entwicklungsumgebung - Beurteilung	56
Tabelle 21: Redundante Systeme - Hardware	57
Tabelle 22: Redundante Systeme - Kriterien	59
Tabelle 23: Redundante Systeme - Beurteilung	59
Tabelle 24: Betriebliche Sicherheit - Kriterien	61
Tabelle 25: Betriebliche Sicherheit - Beurteilung	62
Tabelle 26: Konzeptionelle Sicherheit - Kriterien	64
Tabelle 27: Konzeptionelle Sicherheit - Beurteilung	64

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Ursprüngliche Definition	5
Abb. 2: Virtuelles Betriebssystem	6
Abb. 3: Standalone Betrieb	7
Abb. 4: Host/Gast Betrieb	8
Abb. 5: Konsolidierung	14
Abb. 6: Software Migration	15
Abb. 7: Redundante Systeme	16
Abb. 8: Betriebliche Sicherheit	17
Abb. 9: Konzeptionelle Sicherheit	18
Abb. 10: Screenshot Produkte - Microsoft Virtual PC 2004	19
Abb. 11: Screenshot Produkte - Microsoft Virtual Server 2005	20
Abb. 12: Screenshot Produkte - VMware Workstation 5.0	21
Abb. 13: Screenshot Produkte - VMware GSX Server 3.1	22
Abb. 14: Virtual Server: Ausschnitt Webinterface	24
Abb. 15: Virtuelle Netzwerke: Bridged	29
Abb. 16: Virtuelle Netzwerke: NAT	30
Abb. 17: Virtuelle Netzwerke: Host-only	30
Abb. 18: Leistungsdaten „Einfacher Gast-Betrieb“	34
Abb. 19: Speicherbelegung Mehrfacher Gast-Betrieb	35
Abb. 20: Beispiel TCO Reduktion durch Serverkonsolidierung, Quelle: VMware Inc.	41
Abb. 21: Konvertierung Physisch in Virtuell	45
Abb. 22: Betrieb von Legacy Software Beispiel (1/3)	49
Abb. 23: Betrieb von Legacy Software Beispiel (2/3)	50
Abb. 24: Betrieb von Legacy Software Beispiel (3/3)	50
Abb. 25: Aufbau Testumgebung im Einsatzgebiet Entwicklung	54
Abb. 26: Beispiel: Redundante Systeme	58
Abb. 27: Beispiel: Konzeptionelle Sicherheit	63

Dokumentenverwaltung

Dokument Historie

Version	Status	Datum	Verantwortliche(r)	Änderungsgrund
0.9	Draft	10.06.05	R. Knöpfli, S. Okle	Erste Vorabversion wurde dem Betreuer zur Durchsicht abgegeben.
1.0	Final	01.07.06	R. Knöpfli, S. Okle	Diverse Korrekturen und Ergänzungen basierend auf dem Draft.

Dokument wurde mit folgenden Tools erstellt

Microsoft Word 2003 (Textverarbeitung)

Microsoft Excel 2003 (Tabellenkalkulation, Diagramme)

Microsoft Visio 2003 (Grafiken)

1 Vorwort

Diese Dokumentation wurde im Rahmen einer Projektarbeit im Studiengang Kommunikation und Informatik an der Zürcher Hochschule Winterthur erstellt.

Erarbeitet wurde sie durch Roland Knöpfli und Stefan Okle, beides Studierende im Abschlussemester. Betreut wurde das Projektteam durch den Studiengangleiter Pietro Brossi. An dieser Stelle sei ihm herzlich für seine Unterstützung gedankt.

Virtuelle Server werden immer mehr als Hilfsmittel in modernen Server-Umgebungen eingesetzt. Die für diesen Zweck angebotenen Softwarelösungen bieten immer mehr Funktionalität für den User, werden dadurch aber auch immer komplexer in der Handhabung. Gleichzeitig steigen aber die Anforderungen an die Administratoren solcher Systeme bezüglich der Hardware und Software.

Da diese Arbeit virtuelle Serverkonzepte hinsichtlich der Eignung für kleinere und mittlere Unternehmen (**KMU**) betrachtet, werden vier Softwarepakete von den Herstellern Microsoft und VMware genauer unter die Lupe genommen. Andere auf dem Markt verfügbaren Produkte sind entweder zu wenig verbreitet oder aber sie kommen nur in Host Systemen zum Einsatz, welche in KMU's nicht eingesetzt werden.

Die gewählten Produkte werden hinsichtlich ihres Funktionsumfangs im Bezug auf das Serverumfeld „Windows/Linux“ verglichen, getestet und bewertet. Aber auch die Tauglichkeit der Produkte im Zusammenhang mit verschiedenen Einsatzszenarien wird geprüft.

2 Aufbau des Dokuments

2.1 Struktur

Dieses Dokument ist in vier Teilbereiche gegliedert.

Einführung	Am Anfang wird eine Einführung ins Thema der Virtualisierung gegeben. Nach einem Rückblick auf die Geschichte der Virtualisierung werden die wichtigsten verfügbaren Virtualisierungslösungen beschrieben.
Einsatzgebiete	Im anschliessenden Kapitel wird auf die möglichen Einsatzgebiete dieser Technik eingegangen.
Produkte	Danach werden vier Softwarelösungen miteinander verglichen. Diese Gegenüberstellung enthält einen Vergleich des Funktionsumfanges, der gebotenen Performance, der Kosten und der Supportleistungen. Eine detaillierte Nutzwertanalyse schliesst diesen ersten Vergleich ab. Im Weiteren werden dieselben Produkte hinsichtlich ihrer Eignung für die Verwendung in Zusammenhang mit den vorhin beschriebenen Einsatzgebieten betrachtet.
Ausblick	Zum Schluss wird ein Ausblick in die Zukunft gewagt. Diese Vorschau beinhaltet sowohl die kommenden Entwicklungen im Software als auch im Hardware Sektor.

2.2 Dokumentkonvention

2.2.1 Referenzen

Wird im Dokument auf ein bestimmtes Kapitel verwiesen, wird die entsprechende Kapitelnummer wie folgt erwähnt.

Bsp. *Kapitel 6.1.2*

2.2.2 Glossar

Begriffe, die im Glossar ausführlicher beschrieben werden, sind im Dokument in blauer Schrift hervorgehoben. Der Glossar befindet sich im *Kapitel 8*.

Bsp. **Cluster**

2.2.3 Quellen

Auf Quellen wird mit einer Nummer verwiesen, die sich aus der entsprechenden Kapitelnummer und einer Laufnummer zusammensetzt. Diese Referenznummer wird in grauer Schrift, rechtsbündig dargestellt. Das Quellenverzeichnis befindet sich im *Kapitel 9*.

Bsp. [6.2-1]

2.2.4 Abkürzungen

In der Dokumentation werden Begriffe, die oft wiederholt werden in abgekürzter Form verwendet. Beim ersten Auftauchen eines solchen Begriffes im Text, wird die fortan verwendete Abkürzung in Klammern erwähnt.

Bsp. Virtuelle Maschine (VM)

2.3 Technische Konventionen

An dieser Stelle werden einige technische Begriffe erklärt, die in diesem Dokument öfters verwendet werden:

Begriff	Erklärung
Gast (-PC/-Rechner/-System)	Gemäss dem in <i>Kapitel 3.3.2</i> beschriebenen Ansatz der Host/Gast Virtualisierung ist mit einem Gast PC eine Virtuelle Maschine gemeint, in welcher ein Betriebssystem betrieben wird. Ein Gast PC existiert nur virtuell und setzt einen physischen Host PC voraus.
Gast-Betriebssystem	Beschreibt das Betriebssystem, unter welchem ein Gast PC betrieben wird.
Host (-PC/-Rechner/-System)	Gemäss dem in <i>Kapitel 3.3.2</i> beschriebenen Ansatz der Host/Gast Virtualisierung ist ein Host PC ein physischer Rechner, welcher eine Umgebung für den Betrieb Virtueller Maschinen zur Verfügung stellt.
Host-Betriebssystem	Beschreibt das Betriebssystem, welches für den Betrieb des Host PCs zuständig ist.
Image	Ist ein Abbild einer Betriebssysteminstallation inklusive aller Daten. Für das Erstellen eines solchen Images wird ein Programm verwendet, das den kompletten Festplatteninhalt ausliest und in einer so genannten Image Datei abspeichert. Dieses Image kann im Falle eines kompletten Systemabsturzes einfach auf eine Festplatte wiederhergestellt (zurückkopiert) werden.
Physical to Virtual (P2V)	Beschreibt den Vorgang, welcher eine physische

	Betriebssysteminstallation eins zu eins in eine Virtuelle Maschine überträgt. Das Betriebssystem kann danach in der Virtuellen Maschine weiterbetrieben werden. Die Abkürzung P2V wird von VMware auch als Produktname verwendet.
Virtualisierungslösung(en)	Damit sind Produkte gemeint, welche es erlauben Virtuelle Maschinen zu betreiben. Es kann sich dabei um Software und Hardware basierende Lösungen handeln.
Virtualisierungsmonitor	Bezeichnet eine Applikation mit welcher die Funktion von Virtuellen Maschinen gesteuert und überwacht werden kann.
Virtualisierungssoftware	Beschreibt ein Software Produkt, mit welchem Virtuelle Maschinen betrieben werden können.
Virtualisierungstechnologie	Beschreibt die Technologie, welche benötigt wird, um Virtuelle Maschinen zu betreiben.
Virtuelle Hardware	Bezeichnet die Hardware, welche einem Gast-Betriebssystem zur Verfügung stehen.
Virtuelle Maschine (VM)	Eine Virtuelle Maschine ist eine Anwendungsumgebung, in welcher ein kompletter Computer (inkl. diverser Hardwarekomponenten) virtuell dargestellt wird. Dadurch wird es möglich ein Betriebssystem in diese virtuelle Umgebung zu installieren und zu betreiben.
Virtuelles Betriebssystem	Beschreibt ein Betriebssystem, welches in einer virtuellen Anwendungsumgebung betrieben wird.
VM Image	Beschreibt die Gesamtheit der Dateien, in welchen alle für den Betrieb einer Virtuellen Maschine notwendigen Daten abgelegt sind.

3 Einführung

3.1 Begriff „Virtuelle Maschinen“

Für den Begriff Virtuelle Maschinen existieren verschiedene Definitionen. Im Rahmen dieser Dokumentation wird der Begriff gemäss der ursprünglichen Definition und der Definition als virtuelles Betriebssystem verwendet. (vgl. Kapitel 3.1.1, 3.1.3)

[3.1-1]

3.1.1 Ursprüngliche Definition

Allgemein gesehen beschreibt der Begriff „Virtuelle Maschinen“ die Simulation einer gewissen Anzahl technisch identischer Ausführungsumgebungen auf einem einzigen Computer, wobei jede Ausführungsumgebung den Hostrechner exakt emuliert. Dies erzeugt für jeden User einer dieser Virtuellen Maschinen die Illusion einen eigenen kompletten Computer zu betreiben. Die Virtuellen Maschinen sind dabei voneinander isoliert, laufen aber alle auf einer physischen Maschine.

Die Software, welche auf dem Hostsystem läuft und diese Virtuellen Maschinen betreibt und überwacht wird Virtual Machine Monitor oder Hypervisor genannt.

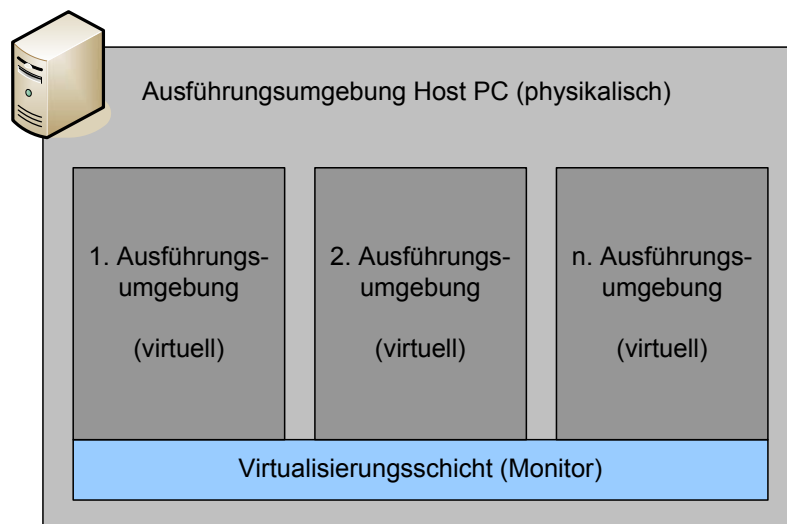


Abb. 1: Ursprüngliche Definition

3.1.2 Gängige Definition

Die zweite und gebräuchlichere Definition einer Virtuellen Maschine ist folgende: Eine Virtuelle Maschine ist eine Software, welche eine Applikation in einer isolierten Umgebung ausführen kann. Da diese von der Software erzeugte Anwendungsumgebung von den umgebenden Systemen unabhängig agieren kann, ergeben sich einige interessante Anwendungsfälle. So kann diese Virtuelle Maschine für verschiedene Plattformen entwickelt werden. Dadurch, dass die erzeugte Anwendungsumgebung immer dieselbe ist, können darin Applikation plattformunabhängig betrieben werden.

Die Java Virtual Machine (**JVM**) entspricht weitgehend dieser Definition.

3.1.3 Virtuelles Betriebssystem

Der Begriff Virtuelle Maschine wird aber auch verwendet, um eine Umgebung zu beschreiben, welche mittels einer Software ein komplettes Betriebssystem für den User emuliert. Währenddessen läuft auf dem Computer ein eigenes natives Betriebssystem.

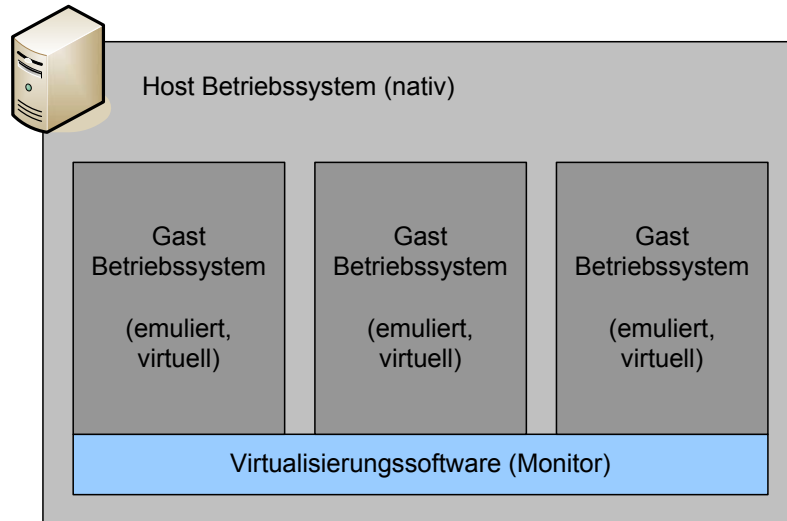


Abb. 2: Virtuelles Betriebssystem

3.1.4 Parallele Virtuelle Maschinen

In jüngster Zeit wird der Begriff der Virtuelle Maschine auch gebraucht, um eine Parallele Virtuelle Maschine (PVM) zu beschreiben. In diesem Fall erlaubt es die Virtualisierungssoftware eine Umgebung zu erzeugen, die mehrere physische Computer zusammenfasst, so dass der User das Gefühl hat auf einer einzigen Maschine zu arbeiten.

3.2 Geschichte

Das Konzept der Virtuellen Maschine ist nicht neu. Anfang der 60er Jahre entwickelte sich zunehmendes Interesse an der Möglichkeit, eine Rechenmaschine zu Virtualisieren, da das bisherige Timesharing Verfahren zur Lösung des Mehrbenützerbetriebs zu komplex und rechenaufwändig wurde. Mitte der 60er Jahre wurde die erste Virtuelle Maschine, das CP-40 (Kontroll Programm für IBMs System/360 Modell 40 Mainframes) Projekt am Massachusetts Institute of Technology (MIT) realisiert. Desinteressiert an der neuen Technologie, dauerte es bis in die 80er Jahre, bis sich IBM doch entschloss, in Virtuelle Maschinen zu investieren, was zu einer Reihe von Produkten führte. Bekannt wurden diese Produkte unter dem Namen AS/400. Rechner dieses Typs boten dem Anwender mit dem Betriebssystem OS/400 eine Grundlage zum Betrieb von mehreren Anwendungsumgebungen auf einer Hardware. Es werden immer noch Rechner, die auf dem AS/400 aufbauen verkauft, diese tragen seit einigen Jahren den Namen IBM iSeries Server.

[3.2-1]

3.3 Ansätze zur Virtualisierung

Es gibt zwei mögliche Ansätze, auf einem Computersystem Virtuelle Maschinen zu implementieren:

[3.3-1]

3.3.1 Standalone Betrieb

Im Standalone Betrieb laufen alle Virtuellen Maschinen gleichberechtigt auf dem Monitor. Dieser übernimmt sämtliche Aufgaben eines Betriebssystems, d.h. Scheduling, Ressourcenmanagement, I/O (Treiber) und ist der einzige Prozess der im Kernmodus läuft. Ein grosser Nachteil bei diesem Ansatz ist, dass für jede neue Hardware ein eigener Treiber für den Monitor geschrieben werden muss, da nicht auf einen vorhandenen Betriebssystemtreiber zurückgegriffen werden kann.

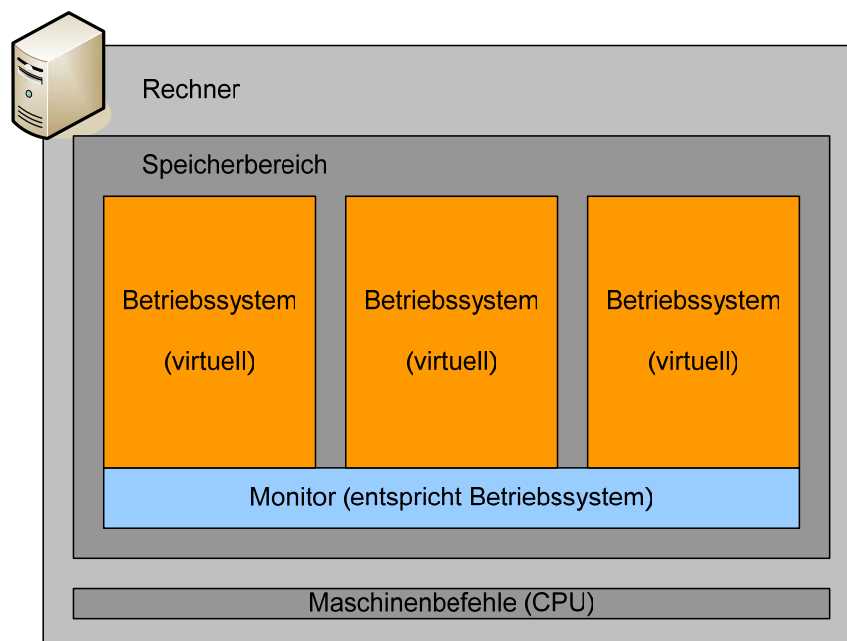


Abb. 3: Standalone Betrieb

Das Produkt VMware ESX Server sowie die von IBM OS/400 gebotenen Virtualisierungsmöglichkeiten entsprechen weitgehend dieser Definition.

3.3.2 Host/Gast Betrieb

Im Host/Gast Betrieb laufen die Virtuellen Maschinen als gewöhnliche Anwendungen unter einem Betriebssystem. Der Monitor muss sich nur um die Schnittstelle zwischen den Virtuellen Maschinen und der bereits abstrahierten Hardware im Betriebssystem kümmern. Neue Hardware ist unkompliziert solange Treiber für das Host-Betriebssystem verfügbar sind.

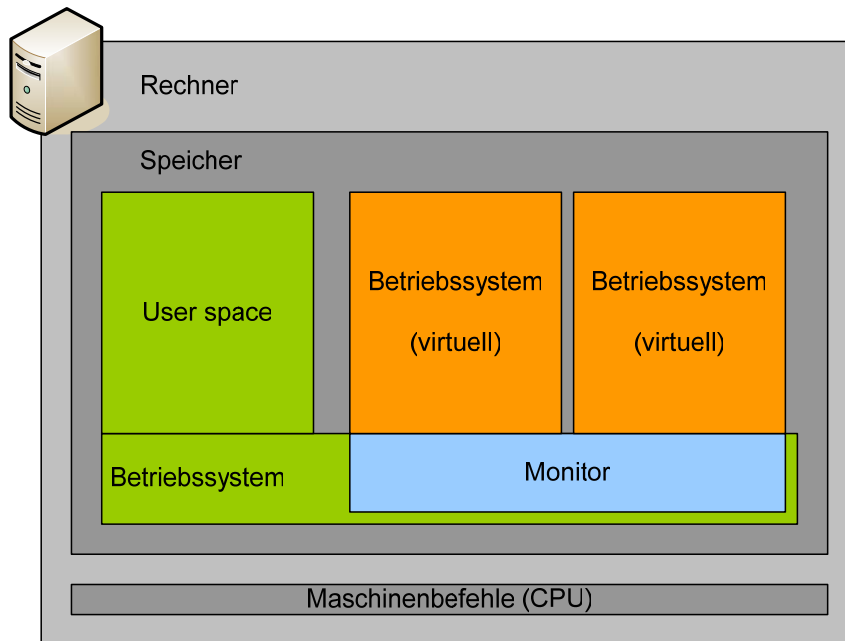


Abb. 4: Host/Gast Betrieb

3.4 Virtualisierungslösungen

3.4.1 IBM

Der Computer-Riese IBM mit Hauptsitz in Armonk bei New York bietet schon seit den 80er Jahren Virtualisierungslösungen an. Verwendet wird das [Parallel-Sysplex-Konzept](#), welches unübertroffene Flexibilität, Skalierbarkeit und Zuverlässigkeit erreicht. IBM arbeitet mit diesem Ansatz seit jeher in seiner Mainframe-Umgebung.

Erst im vergangenen Jahr hat IBM die Virtualisierungs-Idee auch im Bereich Midrange (i- und pSeries Servern) eingeführt.

3.4.2 Microsoft

Microsoft, die grösste Softwarefirma der Welt mit Hauptsitz in Redmond bei Seattle erwarb sich im Februar 2003 die Virtualisierungstechnologie der Firma Connectix.

Anfangs hatte Microsoft mit dem Produkt Virtual PC eine Lösung für den Desktop Einsatz eingeführt. Seit September 2004 mischt Microsoft mit dem Produkt Virtual Server auch im Server Bereich mit.

[3.4-1]

3.4.3 VMware

Die Firma VMware, mit Hauptsitz in Palo-Alto (Kalifornien) wurde 1998 gegründet. Im Jahre 2003 wurde VMware von dem Unternehmen EMC aufgekauft.

Bereits im Jahre 1999 brachte VMware die Desktop-Lösung „VMware Workstation“ auf den Markt. Die Serverlösungen GSX und ESX folgten zwei Jahre später. Im Jahre 2003 gelang VMware mit Hilfe des Produktes VirtualCenter, welches das Verwalten von mehreren Virtuellen Maschinen erlaubt, der endgültige Durchbruch im Enterprise Segment. Sowohl HP als auch IBM ergänzen ihr Angebot unter anderem mit Technologien von VMware. So greift beispielsweise IBM für seine xSeries- und BladeCenter-Systeme auf den Virtualisierungsspezialisten zurück.

[3.4-2]

3.4.4 Open Source Community

Neben den kommerziellen Anbietern von Virtualisierungslösungen gibt es auch Produkte im Open Source Bereich. Im Folgenden wird auf drei Open Source Virtualisierungslösungen eingegangen.

3.4.4.1 Bochs

Das Programm emuliert einen x86-Prozessor und erlaubt es so, entsprechende Betriebssysteme und Anwendungen auf einer Virtualisierungsschicht auszuführen. Im Gegensatz zu Virtual-PC-Konzepten wie das von VMware bietet Bochs aber eine Software-Emulation der CPU.

Damit ist Bochs zwar deutlich langsamer als Konkurrenten aus dem Virtual-PC-Lager, erlaubt aber, x86er Software auf anderen CPUs wie PowerPC oder Alpha auszuführen. Dazu emuliert die Software 386-, 486- und Pentium-CPU's.

[3.4-3]

3.4.4.2 UML

Bei User Mode Linux (**UML**) handelt es sich um einen modifizierten Linux-Kernel, der als regulärer Prozess auf einem Linux- (oder Windows-) Hostsystem ausgeführt werden kann. Die Gastsysteme benutzen dabei virtuelle Festplatten, die auf dem Host als Dateien abgebildet sind, und die Gäste können über virtuelle Ethernets und serielle Adapter untereinander und mit dem Host kommunizieren.

Das UML-Projekt wurde von Jeff Dike initiiert und ursprünglich entwickelt, um das Debugging des Linux-Kernels zu vereinfachen, indem ein in Entwicklung befindlicher Linux-Kernel im User-Space eines anderen Linux-Systems ausgeführt wird, so dass beispielsweise der GNU Debugger und andere bei der Entwicklung von regulären Linux Programmen übliche Softwaretools eingesetzt werden können.

3.4.4.3 XEN

XEN wurde an der Universität in Cambridge entwickelt. Im Gegensatz zu anderen Virtualisierungslösungen verzichtet XEN auf die Emulation eines kompletten PC's und beschränkt sich auf die Verteilung und Verwaltung der Ressourcen auf die einzelnen Gast-Betriebssysteme. Die Performance erreicht dadurch fast diejenige eines nativ laufenden Betriebssystems. XEN läuft nur auf **x86**-Architektur und kann auch nur x86-Systeme hosten. Mögliche Gäste sind Linux, NetBSD oder FreeBSD.

IBM könnte XEN einen entscheidenden Schub verpassen. So will Big Blue im Rahmen seines sHype-Projekts eine sichere Virtualisierungsschicht namens Secure Hypervisor entwickeln und diese später in XEN integrieren.

Das könnte auch für Novell und Red Hat interessant sein, schliesslich arbeiten sie derzeit an Plänen, eine Virtualisierungstechnologie in ihre jeweilige Linux Distribution zu integrieren. XEN ist hier der eindeutige Favorit. Dessen Entwickler haben die Firma XenSource gegründet, um Anwendern den nötigen Support bieten zu können.

3.5 Abgrenzung

Die im Folgenden detailliert betrachteten Produkte verwenden alle den Host/Gast Ansatz für die Virtualisierung. (vgl. Kapitel 3.3.2)

3.5.1 GRID Computing

Den **GRID** Ansatz wird im Folgenden nicht betrachtet, da er für gewisse Einsatzgebiete wie Migrationen oder den Betrieb von Testumgebungen nicht geeignet ist. Zudem werden GRID's vorwiegend im Forschungsumfeld zur Bewältigung grosser Rechenaufgaben eingesetzt und haben in KMUs praktisch keine Einsatzgebiete.

3.5.2 Host Virtualisierung

Der vorwiegend von IBM vorangetriebene Ansatz der Host Virtualisierung, welcher bereits in den AS/400 Systemen eingesetzt wurde, wird in dieser Arbeit nicht genauer betrachtet. Die AS/400 Server und deren Nachfolger werden vorwiegend im Bereich Enterprise Server eingesetzt und sind auch preislich für KMU's eher uninteressant.

3.6 Produkte

Da sich diese Arbeit auf virtuelle Serverkonzepte für KMU's konzentriert, wird im Detailvergleich auf folgende Produkte näher eingegangen:

- Microsoft Virtual PC
- Microsoft Virtual Server
- VMware Workstation
- VMware GSX Server

Diese vier Produkte werden von namhaften Herstellern gepflegt, die bereits viele Erfahrungen im Bereich der Virtualisierung sammeln konnten. Ähnliche Produkte von anderen Firmen werden nicht betrachtet, da sie nur selten und wenn, dann nur in sehr speziellen Einsatzgebieten verwendet werden.

Die Produkte von Microsoft und VMware sind da vielfach flexibler und werden in den verschiedensten Umfeldern eingesetzt.

3.6.1 Versionen

Die verwendeten Softwareprodukte besitzen folgende Versionsnummern:

Hersteller	Produkt	Version(en)
Microsoft	Virtual PC 2004	build-582
Microsoft	Virtual Server 2005	1.1.465.0 EE
VMware	Workstation	4.5.2 build-8848 5.0.0 build-13124
VMware	GSX Server	3.1.0 build-9089

Tabelle 1: Produkte Versionsnummern

Die eingesetzten Betriebssysteme waren:

Hersteller	Produkt	Version(en)
Microsoft	Windows XP Professional	SP1
Microsoft	Windows 2003 Server Enterprise Edition	SP0

Zur Ermittlung der Performance im Einfachen Gast-Betrieb (*vgl. Kapitel 5.2.4.1*) wurde SiSoft Sandra in der folgenden Version verwendet.

Hersteller	Produkt	Version(en)
SiSoftware	Sandra Lite	2005.2.10.50

3.6.2 Unterschiede VMware Workstation 4.5/5.0

Das Produkt VMware Workstation 4.5 wird im weiteren noch stellenweise erwähnt und beleuchtet, obwohl das Produkt vor kurzem durch die Version 5.0 ersetzt wurde.

Dies geschieht aus mehreren Gründen:

- Da VMware Workstation 5.0 noch recht neu ist, muss mit vereinzelten Bugs gerechnet werden. Diese Tatsache hindert viele noch daran, das Produkt im produktiven Umfeld einzusetzen. Wenn sich aber in den nächsten Monaten zeigt, dass das Produkt stabil und somit auch für professionelle Anwendungen geeignet ist, wird VMware Workstation 4.5 an Relevanz verlieren.
- Bedingt durch einige Funktionserweiterungen beim Wechsel von VMware 4.5 auf 5.0 wurde das Dateiformat angepasst, in welchem die Virtuellen Maschinen gespeichert werden. Dieses geänderte Datenformat ist inkompatibel mit Workstation 4.5 und VMware GSX Server.
VMware Workstation 5.0 kann das alte Dateiformat verwenden und auch in das neue Format konvertieren. Für den Weg zurück bietet VMware keine Möglichkeit. Zwar kann man mit VMware Workstation 5.0 auch Dateien im alten Format erzeugen, nur können dann die neu eingeführten Funktionen nicht genutzt werden.

Aus diesen Gründen ist der Einsatz von VMware Workstation 4.5 durchaus noch eine Zeit lang gerechtfertigt. Spätestens mit der nächsten Version von GSX Server wird sich dieses Kompatibilitätsproblem wieder lösen und es wird nichts mehr gegen den Einsatz von VMware Workstation 5.0 sprechen.

4 Einsatzgebiete

An dieser Stelle wird auf die wichtigsten Einsatzgebiete von modernen Virtualisierungslösungen eingegangen.

4.1 Konsolidierung

Unter dem Begriff Konsolidierung versteht man im Server Bereich den Zusammenschluss von mehreren Anwendungen oder Systemen auf eine physische Hardware Plattform. Da moderne Server meist nur zu durchschnittlich 20 Prozent ausgelastet sind, ergeben sich durch die Konsolidierung mehrere Optimierungsmöglichkeiten. Verschiedene Ressourcen lassen sich dadurch effizienter nutzen:

- Energieverbrauch
- Beanspruchter Platz im Rechenzentrum
- CPU Leistung
- Hauptspeicher
- I/O Leistung

Diese Ressourcen-Optimierung dient als Grundlage für eine flexible Skalierung und unterschiedliche Lastenverteilung, welche bei Bedarf schnell und unkompliziert geändert werden können.

Da jedes Gastsystem streng gekapselt ist, haben Instabilitäten eines Gastsystems keine Auswirkung auf das Hostsystem oder auf die anderen Virtuellen Maschinen. Somit kommen auch unternehmenskritische Anwendungen für den Einsatz in einer Virtuellen Maschine in Frage. Auch das parallele Betreiben von Test- und Produktivsystemen ist aus diesem Grund möglich. Allerdings muss beachtet werden, dass mit Virtuellen Maschinen nur eine Redundanz auf Basis der Virtualisierungssoftware möglich ist.

Das untenstehende Schema zeigt die Konsolidierung mehrerer Server in einem physischen Server als Virtuelle Maschinen.

[4.1-1]

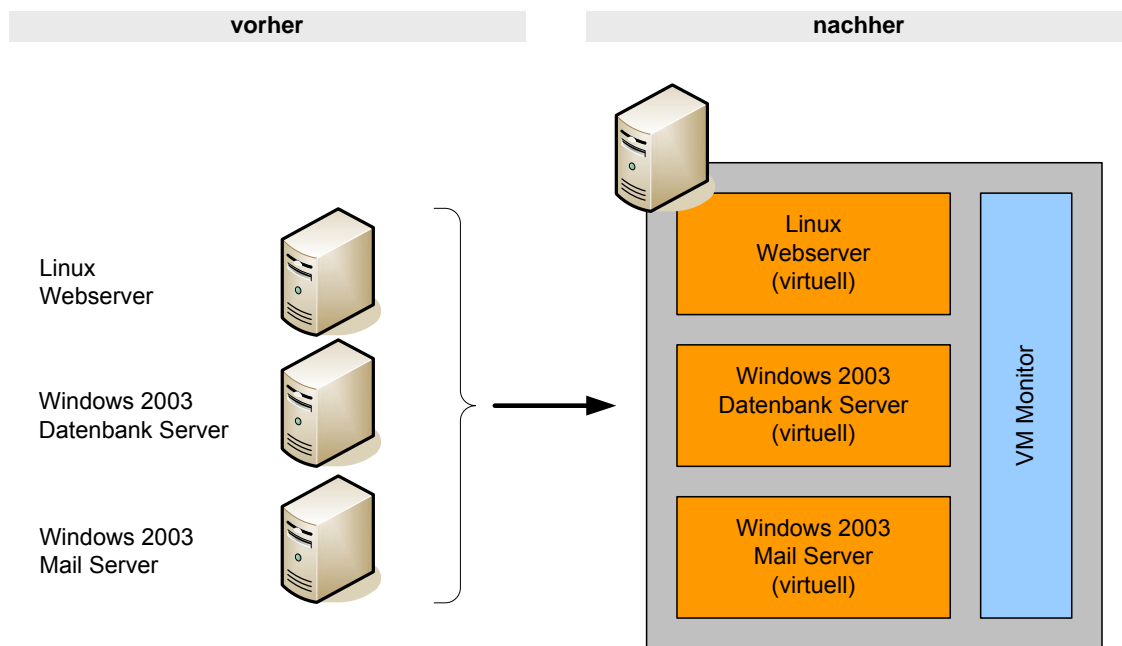


Abb. 5: Konsolidierung

4.2 Software Migration

In der Vergangenheit war eine Migration von einer Technologieplattform zur anderen immer damit verbunden, dass während einer meist nicht ganz kurzen Übergangszeit die alte und die neue Hardware Plattform parallel betrieben werden musste. Die Folgen waren doppelte Kosten und Administrationsaufwand. Auch die Komplexität erhöhte sich und führte somit zu höheren Risiken, da die Administratoren sich nicht auf eine Architektur konzentrieren konnten.

Dank den fließenden Übergängen, welche durch die Virtualisierung möglich sind, vereinfacht sich eine Migration in mehrfacher Hinsicht. Das Resultat ist eine sichere Migration, da die Applikationen als virtuelle Umgebungen vorhanden sind und mehrere Instanzen der Applikationen gleichzeitig betrieben werden können.

Das untenstehende Schema zeigt die Migration von Windows NT 4.0 nach Windows 2003. Windows NT 4.0 wird dafür mit einem geeigneten Tool in ein virtuelles Image umgewandelt und auf dem neuen Zielsystem in einer Virtuellen Maschine laufen gelassen.

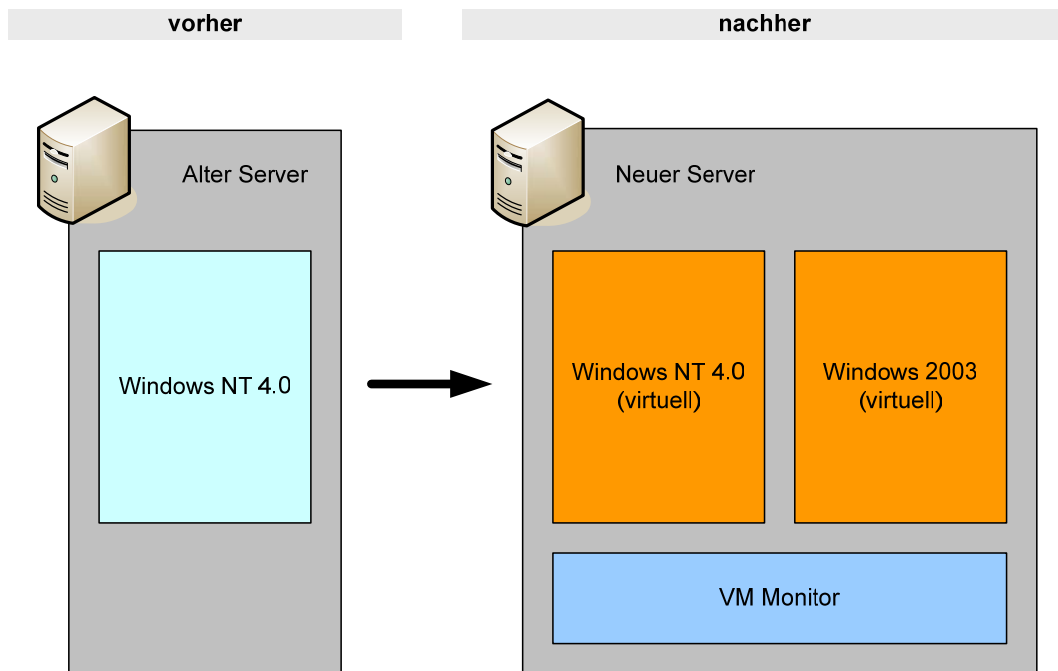


Abb. 6: Software Migration

4.3 Betrieb von Legacy Software

Bei einem Umstieg auf neue Hardware oder Betriebssysteme, gibt es immer wieder Probleme mit bestimmten Anwendungen, welche weiterhin benötigt werden aber auf einer neuen Hardware nicht mehr laufen. Vielfach handelt sich um **Legacy- Applikationen**. Mit der Virtualisierung ist es möglich, ein älteres Betriebssystem und somit auch die alte Anwendung auf einer aktuellen Hardware Plattform weiterhin nutzen zu können. Beispielsweise wird es so möglich, eine ältere Version des Microsoft SQL Servers, die nur unter Windows NT Server läuft, auch auf modernster Hardware weiter zu betreiben. Fehlende Treiberunterstützung für Windows NT stellt dank der Virtualisierungstechnologie kein Hindernis dar.

4.4 Entwicklungsumgebung

Entwickler haben in einem Unternehmen besondere Anforderungen an Hard- und Software. Vielfach werden für das Entwickeln von Applikationen mehrere Betriebssystem-Plattformen benötigt, ein ideales Gebiet für die Virtualisierung. Damit lassen sich unterschiedliche Betriebssysteme oder auch Kopien derselben auf einem physischen Rechner betreiben. So ist es den Entwicklern möglich auf einem Rechner Applikationen auf verschiedenen Betriebssystemen zu entwickeln und auszutesten. Dabei können die verschiedenen Gastsysteme auf Verlangen gestartet oder, bei genügend Ressourcen auf dem Hostsystem, auch parallel betrieben werden.

4.5 Redundante Systeme

Virtualisierungstechnologie kann dazu beitragen Redundanzen zu schaffen, ohne dafür zusätzliche Hardware anzuschaffen. So könnte zum Beispiel ein Backup Print Server (**BPS**) in einer Virtuellen Maschine auf einem Rechner betrieben werden, der primär als Webserver eingesetzt wird. Umgekehrt könnte ein Backup Webserver (**BWS**) als Virtuelle Maschine auf der Hardware betrieben werden, wo bereits der primäre Print Server (**PPS**) läuft. Im Normalfall verursachen der BWS sowie der BPS fast keine Last. Fällt aber durch einen Hardwaredefekt ein Rechner aus, laufen beide Systeme – wenn auch ein wenig eingeschränkt – weiter.

Die folgende Grafik zeigt die oben erwähnte Konfiguration.

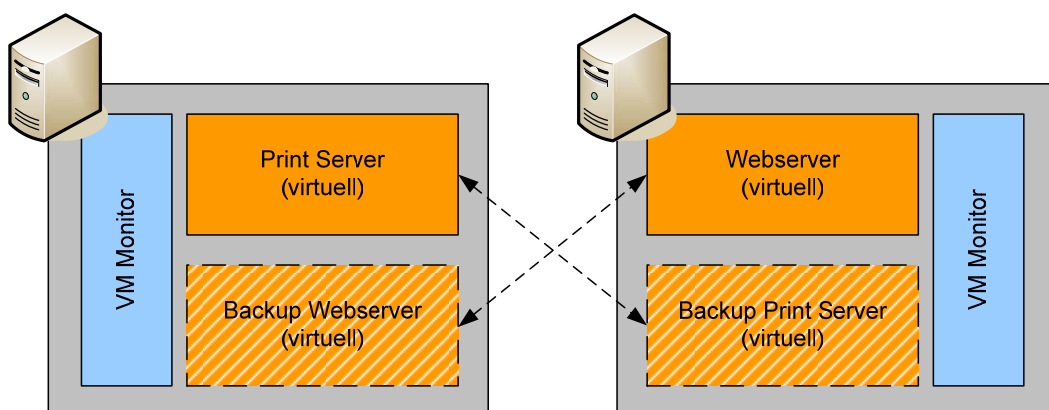


Abb. 7: Redundante Systeme

Dieses Anwendungsbeispiel ist durchaus auch mit drei physischen Rechnern, auf denen jeweils drei Virtuelle Maschinen laufen, denkbar.

4.6 Betriebliche Sicherheit

Virtuelle Maschinen können auch eingesetzt werden, um die betriebliche Sicherheit in gewissen Punkten zu verbessern. Dadurch, dass Images von virtuellen Betriebssystemen beliebig von einem Rechner auf einen anderen transferiert werden können, und danach auf dem neuen System problemlos lauffähig sind, ergeben sich Vorteile gegenüber physischen Systeminstallationen.

So könnte zum Beispiel das Image einer Virtuellen Maschine regelmässig gesichert und beim Ausfall des entsprechenden Systems innert Minuten auf einer anderen Hardware installiert und gestartet werden. Das Ersatzsystem muss dafür lediglich mit derselben Virtualisierungssoftware ausgestattet sein.

In der folgenden Grafik wird aufgezeigt, wie das Backup einer Virtuellen Maschine im Falle eines Ausfalls von Server 1 einfach in einem anderen Rechner weiterbetrieben werden kann.

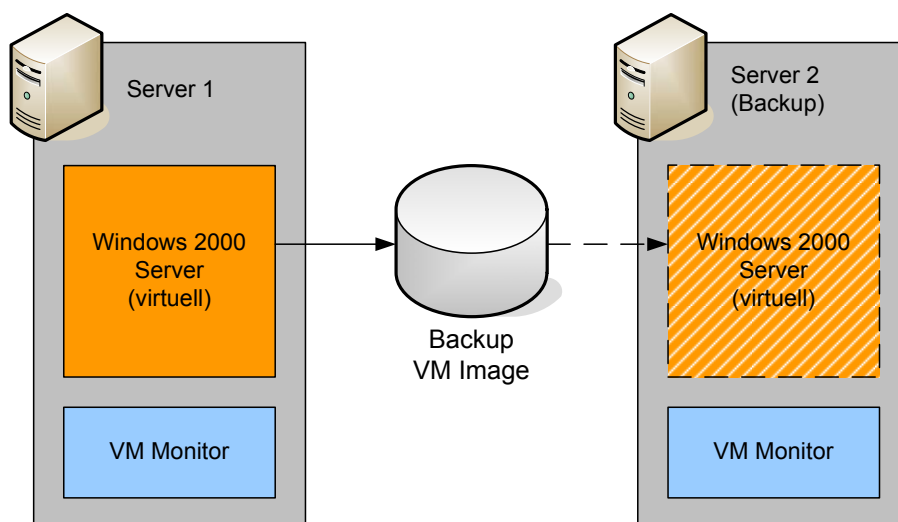


Abb. 8: Betriebliche Sicherheit

4.7 Konzeptionelle Sicherheit

Virtuelle Maschinen bieten auch einiges für die konzeptionelle Sicherheit. Mit deren Hilfe können zum Beispiel Applikationen und Daten, welche besonderen Schutz benötigen, in separate Virtuelle Maschinen untergebracht werden. Dank der Trennung Host/Gast und unter den Gästen können so Applikation und Daten (z.B. für das Human Resource Management) auf nur einem physischen Server geschützt untergebracht werden.

Im Bereich Netzwerk wäre z.B. das Einrichten einer Demilitarisierten Zone (**DMZ**) mit Hilfe von virtuellen Netzwerkkomponenten und Virtuellen Maschinen möglich. Den KMU's gäbe dies die Möglichkeit mit wenigen physischen Servern eine höhere Netzwerksicherheit zu implementieren.

Die folgende Grafik zeigt den gleichzeitigen Betrieb von verschiedenen Virtuellen Maschinen, welche dank der Kapselung je nach Sicherheitsanforderung getrennt geschützt werden können.

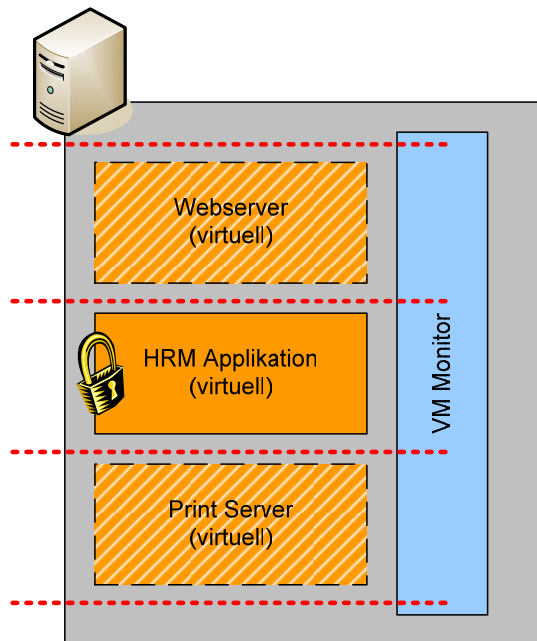


Abb. 9: Konzeptionelle Sicherheit

5 Produkte

Im Folgenden werden die drei Produkte Microsoft Virtual PC, Microsoft Virtual Server, VMware Workstation und VMware GSX Server genauer betrachtet. Nach einer kurzen Übersicht über die Produkte werden verschiedene Faktoren wie gebotene Funktionen, Performance und Lizenzkosten verglichen.

5.1 Übersicht

5.1.1 Microsoft Virtual PC

Das Produkt Virtual PC wurde für den Einsatz auf Arbeitsplatzrechnern konzipiert. In diesem Einsatzgebiet konkurrenziert dieses Produkt mit VMware Workstation.

Die aktuelle Version, Virtual PC 2004, wurde Ende 2003 veröffentlicht. Seither hat Microsoft keine neue Versionen angekündigt oder Updates bereitgestellt, die den Funktionsumfang erweitern.

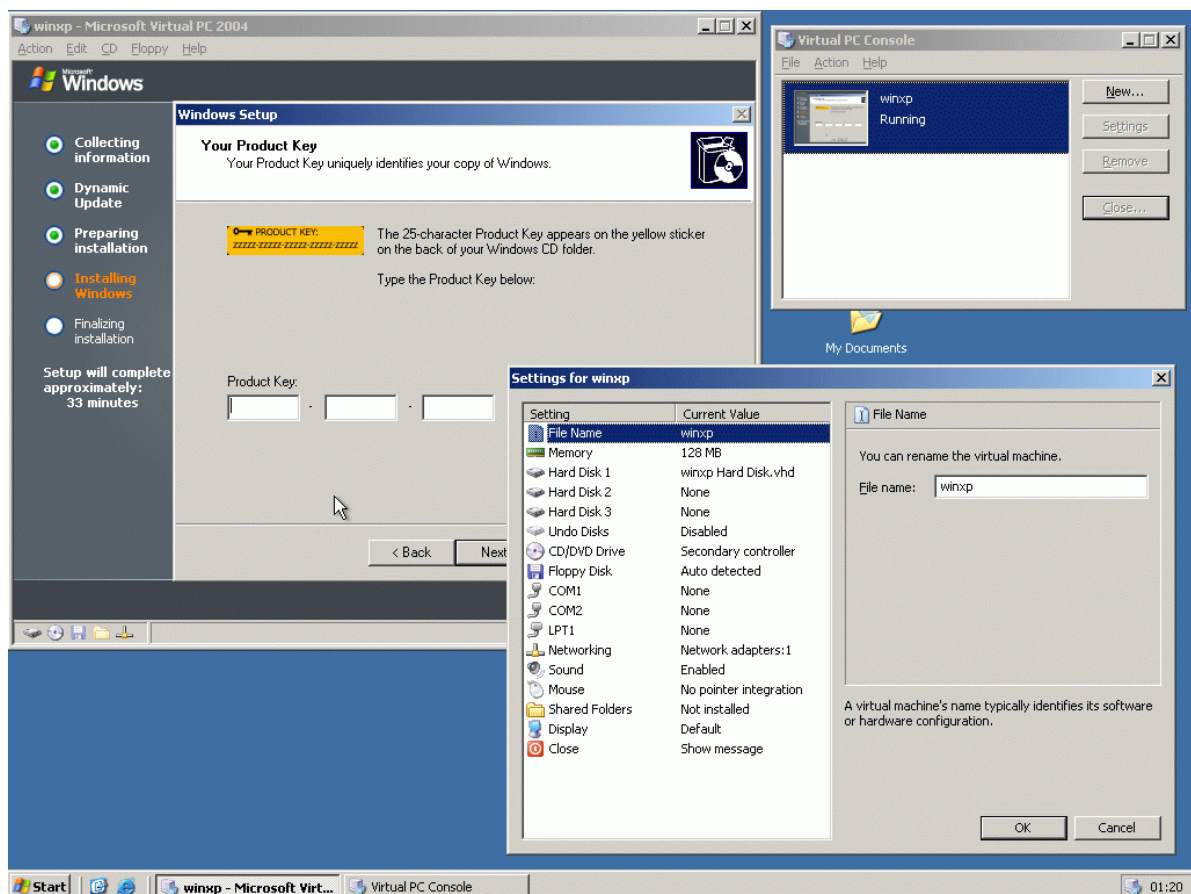


Abb. 10: Screenshot Produkte - Microsoft Virtual PC 2004

5.1.2 Microsoft Virtual Server

Microsoft's Virtual Server ist, wie es der Name schon sagt, für den Einsatz auf Servern konzipiert. Der Virtual Server kann als direkter Konkurrent zum GSX Server von VMware angesehen werden. Beide bieten ähnliche Features und zielen auf denselben Markt.

Im September 2004 wurde der Virtual Server in der Version 2005 erstmals eingeführt. Mitte 2005 soll dann das erste Service Pack für Virtual Server veröffentlicht werden. Es wird vor allem neue Funktionen mit sich bringen.

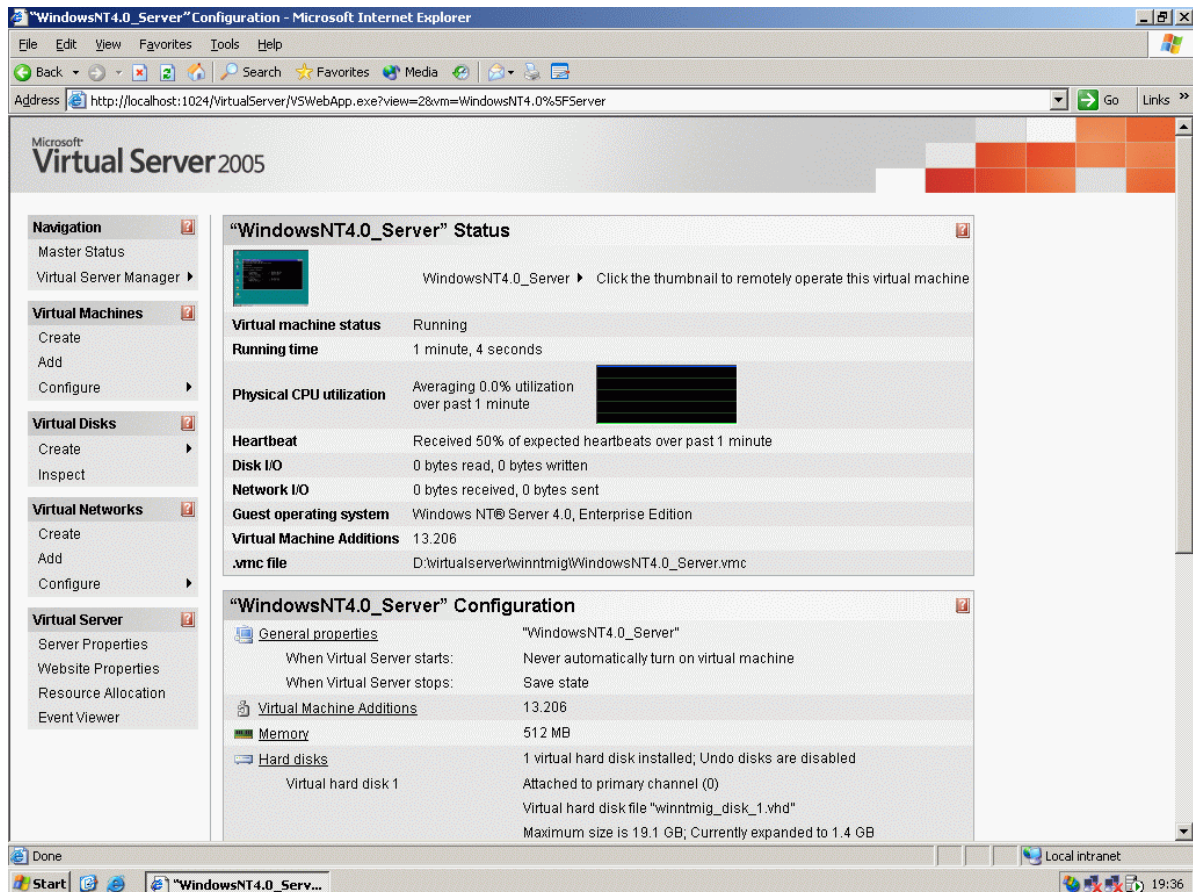


Abb. 11: Screenshot Produkte - Microsoft Virtual Server 2005

5.1.3 VMware Workstation

Wie der Name schon erraten lässt, ist die kleinste Produktversion von VMware für den Einsatz mit Workstations vorgesehen. Zwar bauen die Workstation und die nächst grössere GSX Server Variante auf derselben Grundlage auf, da die Einsatzgebiete aber unterschiedlich sind, variieren die gebotenen Features.

Seit dem Release der Version 4.0 des Softwarepakets im April 2004 gab es im vergangenen Jahr ein Softwareupdate auf die Version 4.5. Dabei kamen vorwiegend neue Funktionen und die Unterstützung für mehr Arbeitsspeicher hinzu.

Im vergangenen April wurde die fünfte Generation von VMware Workstation veröffentlicht. Diese Version verspricht neben zusätzlichen Funktionen eine verbesserte Performance.

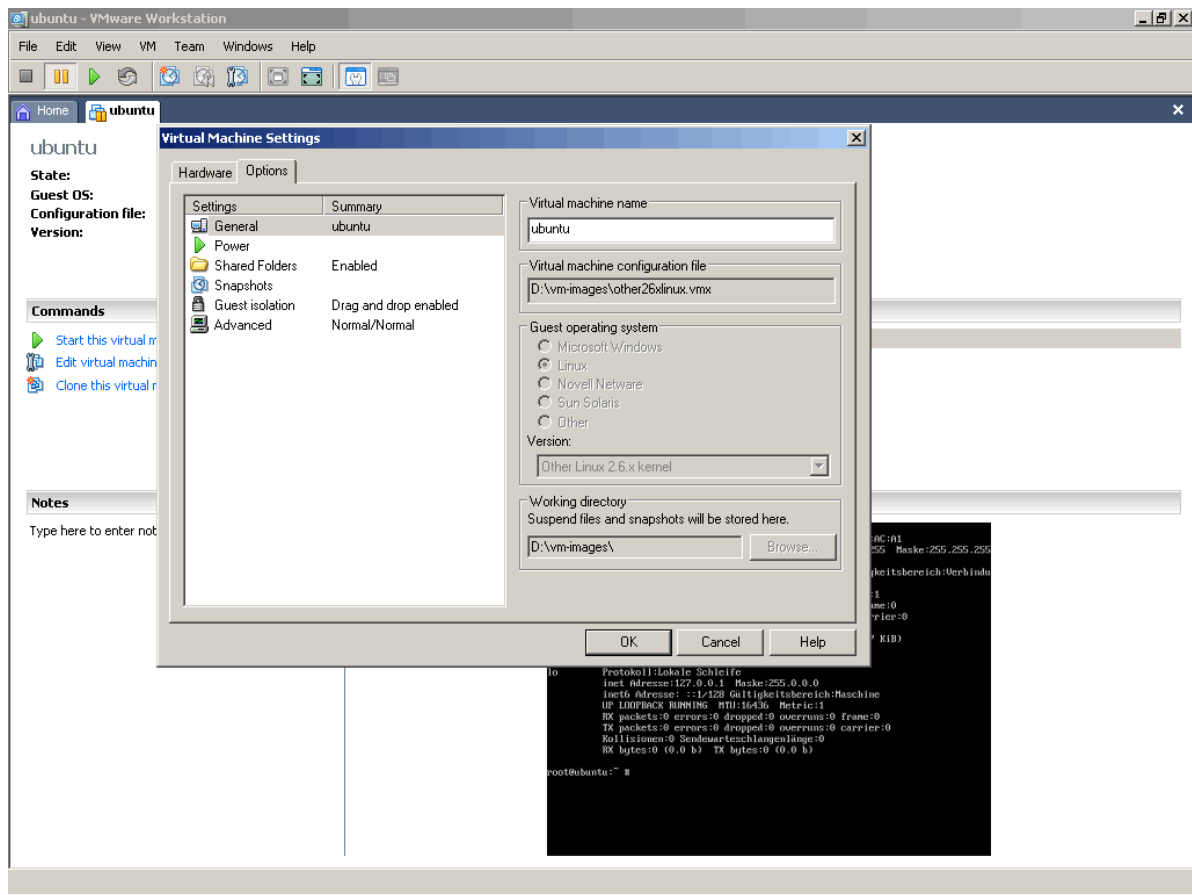


Abb. 12: Screenshot Produkte - VMware Workstation 5.0

5.1.4 VMware GSX Server

Das Produkt GSX Server ist für den Einsatz in einer Virtuellen Serverinfrastruktur in einem Unternehmen vorgesehen. Abgesehen von zusätzlichen Features bietet diese Version Unterstützung für diverse Zusatztools, die vor allem das Management von mehreren GSX Servern vereinfachen.

Ende 2000 wurde die erste Version des GSX Servers veröffentlicht. In der momentan dritten Version erhielt GSX Server im vergangenen Jahr ein Update auf die Version 3.1. Die Version 3.2 befindet sich zurzeit noch in der Beta Phase.

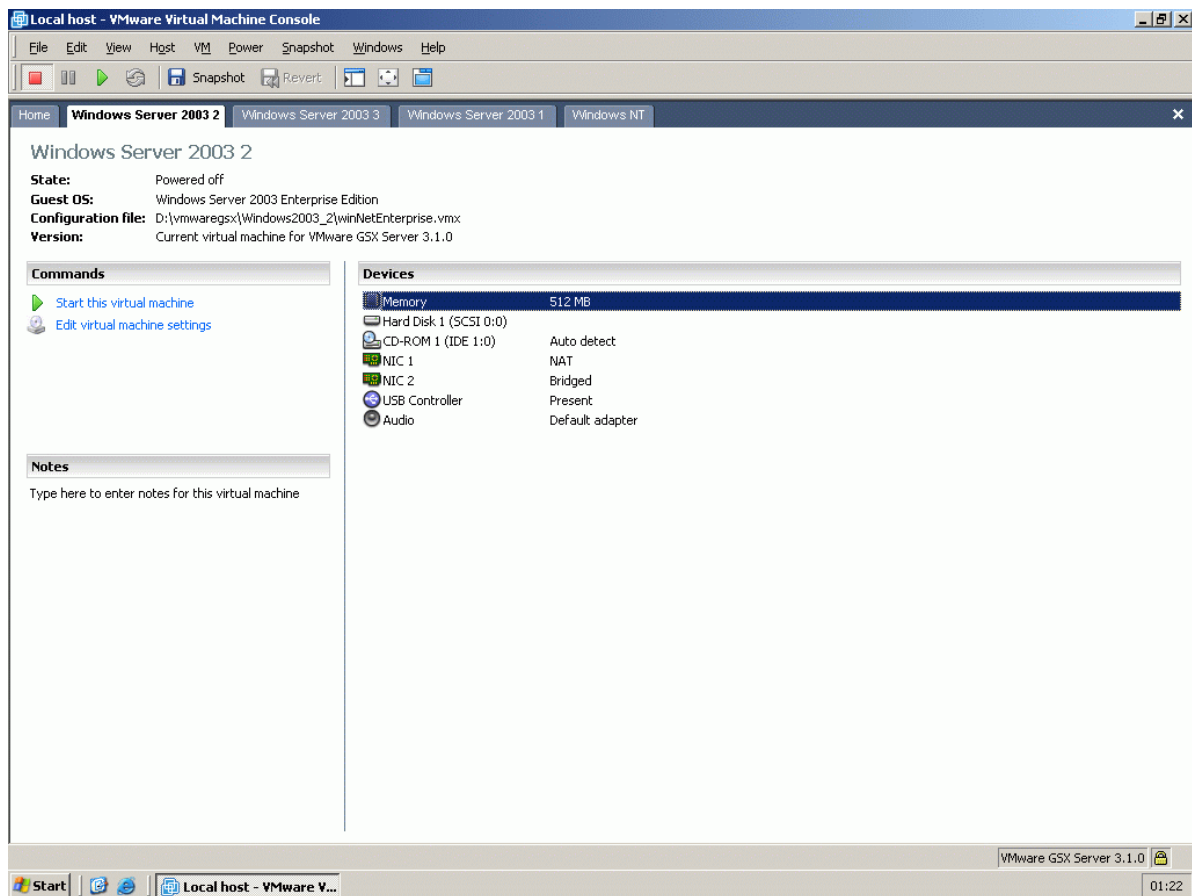


Abb. 13: Screenshot Produkte - VMware GSX Server 3.1

5.2 Funktionsvergleich

Im Folgenden werden die vier erwähnten Produkte miteinander verglichen. Nach einer Übersicht über die Applikationen werden die virtualisierte Hardware, der gebotene Funktionsumfang, die Lizenzkosten sowie die Performance der Systeme gegenübergestellt.

Eine detaillierte Funktionsmatrix befindet sich im *Anhang A*.

5.2.1 Systemkomponenten

5.2.1.1 Übersicht

Alle vier Produkte müssen auf einem Host-Betriebssystem betrieben werden. Die zwei Produkte VMware Workstation und Microsoft Virtual PC werden als normale Userapplikationen installiert. Die Administration ist nur lokal über die Benutzeroberfläche der Userapplikation des entsprechenden Produktes möglich, was für die Einsatzgebiete im Bereich Workstation aber vollkommen ausreicht.

Die Serverprodukte (VMware GSX Server / Microsoft Virtual Server) werden als Systemdienste installiert und beim Systemstart automatisch im Hintergrund gestartet. Die Administration der Serverprodukte erfolgt entweder über eine zusätzliche Remote-

Applikation (VMware GSX) oder per Web-Interface (VMware GSX und Microsoft Virtual Server), so ist eine ortsunabhängige Verwaltung verschiedener Virtueller Maschinen möglich.

Virtual Machine Additions / VMware Tools

Sowohl Microsoft wie auch VMware liefern zusätzlich ein Tool, welches im Gastsystem installiert werden sollte. Dieses Tool ist für den optimalen Betrieb erforderlich und bietet dem Anwender einiges an zusätzlichen Funktionen. VMware installiert mit diesem Tool zusammen im Gastsystem noch Treiber für die virtuelle Grafikkarte.

Scripting

Für die Ablauf-Automatisierung bieten Microsoft Virtual Server, VMware GSX Server und neu VMware Workstation 5.0 eine Scripting-Funktion an. Virtual Server und VMware GSX können über eine eigene [API](#) mit fast jeder erdenklichen Programmiersprache angesprochen werden.

5.2.1.2 Microsoft Virtual PC 2004

Die Einrichtung der Software erfolgt problemlos innerhalb weniger Minuten, inklusive eines notwendigen Neustarts. Nach dem Start bietet ein Wizard die Einrichtung der ersten Virtuellen Maschine an. Innerhalb von vier Dialogboxen werden die grundlegenden Einstellungen gemacht. Der Wizard fragt dabei nach dem Namen der Virtuelle Maschine, dem Typ des Gast-Betriebssystems, der gewünschten Speicherzuordnung und ob eine neue virtuelle Festplatte erstellt werden soll.

5.2.1.3 VMware Workstation 4.5, 5.0 und GSX Server 3.1

Da im Bereich Installation und Handling der Applikation die drei VMware-Produkte sehr ähnlich sind werden sie hier im gleichen Abschnitt beschrieben. Unterschiede zu den verschiedenen Versionen werden speziell erwähnt.

Die Installation von VMware Workstation auf einem Windows-Betriebssystem ist sehr einfach. Mit ein paar Mausklicks ist das Produkt fertig installiert und betriebsbereit. Beim GSX Server muss für das Webinterface der IIS (Windows) oder Apache (Linux) installiert sein.

Die VMware Produkte für Linux verlangen vom Anwender, zumindest für die Installation, gute Kenntnisse im Umgang mit Linux. Diese sind zum einen auf die fehlende grafische Oberfläche der Installationsprozedur, aber auch auf die Eigenheiten der verschiedenen Linux Distributionen zurückzuführen. Gute Kenntnisse speziell im Netzwerkbereich von Linux sind bei der Version GSX Server nützlich.

Für das Erstellen einer Virtuellen Maschine hilft bei allen VMware Produkten ein Wizard. Dieser kann mit zwei verschiedenen Detailstufen (Typical und Custom) gestartet werden. Bei der Detailstufe „Typical“ werden dem Benutzer nur die nötigsten Optionen zur Auswahl angeboten, den Rest wird entweder vom Wizard mit geeigneten Werten eingestellt oder auf Standartwerte gesetzt. Für erfahrene Benutzer bietet die Detailstufe „Custom“ einiges mehr Optionen an, so können die meisten Optionen bereits bei der Installation von einer neuen VM konfiguriert werden.

5.2.1.4 Microsoft Virtual Server 2005

Innert wenigen Minuten ist der Virtual Server von Microsoft installiert. Angenehm ist, dass anschliessend kein Neustart erforderlich ist und die Software sofort startbereit ist. Für das Management hat Microsoft den Virtual Server mit einer rein Web-basierten Oberfläche ausgestattet, was zum Beispiel auch die Fernwartung über das Internet erlaubt. Mit wenigen Mausklicks kann der Benutzer neue Gäste einrichten. Das nachträgliche Ändern der Konfigurationen ist sehr einfach.

Um die Bildschirm der Gäste in normaler Grösse zu sehen und dort Eingaben über Tastatur und Maus vornehmen zu können, ist eine Fernbedienung erforderlich.

Dafür verwendet Microsoft das Verfahren Virtual Machine Remote Control (VMRC). Aus Sicherheitsgründen ist der Server-Part von VMRC deaktiviert und muss zuerst über das Web-basierte Management-Tool freigeschaltet werden. Danach können die Gäste, wahlweise entweder über ein Webbrowser oder über die VMRC-Client-Software für Windows, ferngesteuert werden.

Die Bedienung erweist sich an gewissen Stellen noch als etwas unausgereift. So wurde zum Beispiel die unter Windows übliche "Durchsuchen"-Schaltfläche nicht implementiert. Der Benutzer muss deshalb immer den kompletten Verzeichnispfad eintippen, was sehr mühsam ist.

Diese Problematik wird im folgenden Screenshot veranschaulicht:

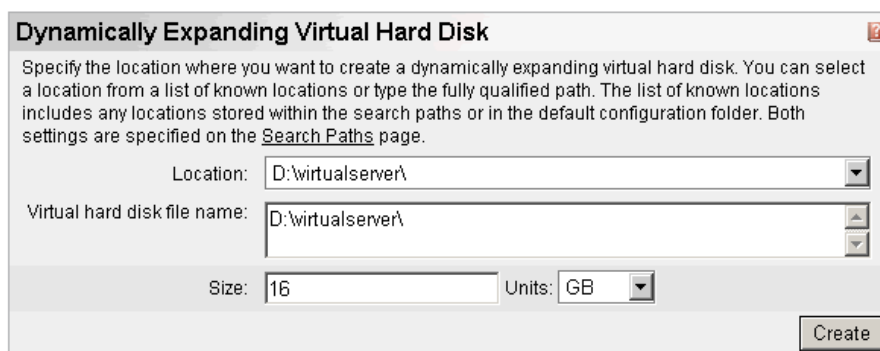


Abb. 14: Virtual Server: Ausschnitt Webinterface

5.2.2 Architektur

5.2.2.1 Prozessor

Alle vier Produkte sind auf die Virtualisierung von Intel x86 kompatiblen Systemarchitekturen ausgerichtet. Jeder eingesetzte Host PC muss also dieser Architektur entsprechen, damit die Produkte verwendet werden können.

Alternative Architekturen wie [SPARC](#), [PowerPC](#), [RISC](#), [IA-64](#) oder andere Systeme können nicht eingesetzt werden.

Die von den Virtualisierungsmonitoren erzeugte virtuelle Hardware entspricht ebenfalls der Intel x86 Architektur. Dies wirkt sich auf die unterstützten Gast-Betriebssysteme aus.

In jüngster Vergangenheit propagierte sowohl AMD mit [AMD64](#) als auch Intel mit [EM64T](#) Prozessoren, die um einen 64 Bit Befehlssatz erweitert wurden, aber trotzdem zu Intels x86 Architektur kompatibel sind. VMware hat bereits auf diesen Trend reagiert und unterstützt sowohl in der neusten Workstation Version als auch bei VMware GSX Server

diese beiden Architekturen. Auch Microsoft hat kürzlich angekündigt mit den kommenden Versionen von Virtual Server ebenfalls auf den 64 Bit Zug aufzuspringen.

[5.2-1]

Prozessoren, die in naher Zukunft im Bereich Virtualisierung eingesetzt werden, sind die Opteron Modelle von AMD und die XEON Prozessoren von Intel. Beide sind Multiprozessor fähig und unterstützen die 64 Bit Erweiterung AMD64 beziehungsweise EM64T. Später ist es auch möglich, dass der von IBM, Toshiba und Sony für die kommende Spielekonsole Playstation 3 entwickelte Cell Prozessor im Bereich Virtualisierung Einzug hält. Berichten zufolge soll der Cell Prozessor zehn Mal mehr Leistung als ein aktueller Pentium 4 Prozessor bieten.

[5.2-2]

5.2.2.2 Host-Betriebssysteme

Bei den unterstützten Host-Betriebssystemen zeigen sich zwischen den vier Produkten erste grundlegende Unterschiede.

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Windows 9x/ME	-	-	-	-
Windows 2000	✓	✓	-	-
Windows XP	✓	✓	✓ ¹	-
Windows NT Server	-	✓ ²	-	-
Windows 2000 Server	-	✓	-	✓
Windows 2003 Server	-	✓	✓	✓
Linux Distributionen	-	✓	-	✓
andere	-	-	-	-

Tabelle 2: Host-Betriebssysteme

Microsoft

Beide Produkte von Microsoft unterstützen als Host-Betriebssystem ausschliesslich Produkte aus der Windows Reihe. Virtual PC läuft unter keinem Server-Betriebssystem, was nachvollziehbar ist, da dieses Produkt für den Workstation Betrieb gedacht ist. Virtual Server beschränkt sich auf nur ein unterstütztes Hostsystem: Windows 2003 Server.

VMware

Alle Produkte von VMware bieten neben der Unterstützung für diverse Windows Betriebssysteme auch eine breite Unterstützung für verschiedene Linux Distributionen. Das für den Desktop Einsatz gedachte VMware Workstation ist im Vergleich zum direkten Konkurrenten Virtual PC auch unter diversen Windows Server Versionen einsetzbar.

¹ Virtual Server kann unter Windows XP Professional betrieben werden. Ein offizieller Support seitens Microsoft fehlt allerdings.

² Unterstützung für Windows NT nur noch mit VMware Workstation 4.x. Die aktuelle Version 5 bietet keine Unterstützung für Windows NT als Host-Betriebssystem.

VMware GSX Server kann anders als Microsofts Virtual Server auch noch in Verbindung mit dem älteren Windows 2000 Server verwendet werden.

5.2.2.3 Gast-Betriebssysteme

Da alle Produkte die x86 Architektur virtualisieren, sind rein theoretisch alle x86 kompatiblen Betriebssysteme lauffähig. Jedoch bieten die Hersteller nur für gewisse Betriebssysteme auch einen technischen Support an.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der offiziell unterstützten Gast-Betriebssysteme.

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Windows 9x/ME	✓	✓	-	✓
Windows NT Workst.	✓	✓	-	✓
Windows 2000	✓	✓	-	✓
Windows XP	✓	✓	-	✓
Windows NT Server	-	✓	✓	✓
Windows 2000 Server	-	✓	✓	✓
Windows 2003 Server	-	✓	✓	✓
Linux Distributionen	-	✓	- ³	✓
andere	MS-DOS, OS/2	MS-DOS NetWare, Solaris, FreeBSD	MS-DOS, OS/2	MS-DOS NetWare, Solaris, FreeBSD

Tabelle 3: Gast-Betriebssysteme

Microsoft

Wie schon bei den Host-Betriebssystemen, beschränkt Microsoft die offizielle Unterstützung für Gast-Betriebssysteme fast ausschliesslich auf die eigene Windows Produktfamilie. Lediglich MS-DOS und OS/2 werden noch offiziell unterstützt. Selbstverständlich lassen sich auch andere Betriebssysteme installieren, Supportleistungen von Microsoft kann man dann aber nicht erwarten. Es existieren jedoch inoffizielle Listen, die über Kompatibilität mit anderen Betriebssystemen informieren.

[5.2-3]

VMware

Sowohl VMware Workstation als auch GSX Server bieten Unterstützung für die gesamte Produktpalette von Microsoft Betriebssystemen. Dies reicht von Windows 3.1 bis XP und Windows NT Server bis zu Windows 2003 Server.

³ Laut Microsoft wird der Virtual Server mit dem Erscheinen des ersten Service Packs auch verschiedene Linux Distributionen offiziell unterstützen.

Abgesehen von den Windows Betriebssystemen werden noch gängige Linux Distributionen, Novell NetWare, Sun Solaris, FreeBSD und MS-DOS offiziell unterstützt. Für OS/2 bietet VMware keinen Support.

5.2.2.4 Virtualisierte Hardware

Damit die Gastsysteme auch richtig genutzt werden können, müssen sie auf gewisse Hardwareressourcen des Hostsystems Zugriff haben. Deshalb virtualisieren die Produkte von Microsoft und VMware gewisse Hardwarekomponenten.

Prozessor

Die Gastsysteme bekommen bei den Lösungen beider Hersteller den Prozessor des Hostsystems eins zu eins zugeteilt. Host- und Gastsystem teilen sich die gesamte CPU-Leistung.

Arbeitsspeicher

Virtual PC und Virtual Server von Microsoft können jeweils mit maximal 4 GB Arbeitsspeicher umgehen. Einem Gastsystem kann also maximal 4 GB Arbeitsspeicher zugewiesen werden.

Die Produkte von VMware können maximal 3,6 GB Arbeitsspeicher verwalten und den Gastsystemen zuweisen.

Festplatten

Die Microsoft Lösungen können jedem Gastsystem maximal drei virtuelle Festplatten zur Verfügung stellen. VMware Workstation und GSX Server bieten eine Festplatte mehr. Diese virtuellen Festplatten erscheinen bei allen Produkten als Imagedateien auf dem Hostsystem.

Ausser Virtual PC können alle anderen Virtualisierungslösungen auch physische Laufwerke den Gastsystemen zuordnen. Im Gegensatz zum Virtual Server können den Produkten von VMware einzelne Partitionen zugewiesen werden.

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Anz. virtuelle Festplatten	3	4	3	4
VM Image Datei	✓	✓	✓	✓
Physisches Laufwerk	-	✓	✓	✓
Partition	-	✓	-	✓

Tabelle 4: Virtualisierte Hardware: Festplatten

Wechseldatenträger

Alle Produkte können den Gastsystemen CD- bzw. DVD-ROM und Diskettenlaufwerke zur Verfügung stellen. Anstelle von physischen Medien können auch Image Dateien geladen werden.

SCSI

Ausgenommen von Virtual PC können alle Produkte einen oder mehrere SCSI Controller emulieren. VMware Workstation bietet einen, GSX drei und Microsoft Virtual Server vier Controller an.

Über diese Controller können neben virtuellen Festplatten auch CD/DVD-ROM Laufwerke, Tape Laufwerke und Scanner angeschlossen werden.

Bei allen drei genannten Produkten können physische Laufwerke direkt angesprochen werden.

Grafikkarte

Alle vier Produkte virtualisieren auch eine Grafikkarte. Microsoft stellt dem Gastsystem einen S3 Trio64 SVGA Grafikkontroller zur Verfügung. VMware virtualisierte einen VMware SVGA Kontroller.

Für die Grafikkarte von S3 bedarf es keiner Treiberinstallation, da diese Karte schon länger existiert und fast alle Betriebssysteme einen Treiber bereithalten. Bei Gastsystemen die unter VMware Workstation oder GSX Server laufen, muss der Grafikkartentreiber nachträglich manuell installiert werden.

Seriell-/Parallel Schnittstelle

Sämtliche Produkte stellen den Gastsystemen mehrere virtualisierte serielle oder parallele Schnittstellen bereit.

Diese virtuellen Schnittstellen können an eine physische gelinkt werden. Alternativ kann der Output auch in eine Datei auf dem Hostsystem umgeleitet werden.

USB

VMware stellt den Gastsystemen bei der Workstation und der GSX Variante zwei Universal Serial Bus (USB) Controller zur Verfügung, die dem Standard 1.1 entsprechen. Die Produkte von Microsoft bieten keinerlei Unterstützung für USB Geräte.

Netzwerkkarte

Alle Produkte virtualisieren mehrere Netzwerkkarten. Microsoft Virtual PC, Virtual Server und VMware GSX Server jeweils maximal vier und VMware Workstation maximal drei. Bis auf VMware Workstation in der neusten Version handelt es sich bei den virtuellen Netzwerkkarten um Fast-Ethernet Karten mit einer Transferrate von maximal 100 Megabits pro Sekunde. VMware Workstation 5 bietet bereits Gigabit Ethernet Controller.

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Anz. virtuelle NICs	4	3	4	4
Transferrate (MBit/s)	10/100	10/100/1000 ⁴	10/100	10/100

Tabelle 5: Virtualisierte Hardware: Netzwerkkarte

⁴ Unterstützung für Gigabit Ethernet erst ab VMware Workstation 5.0

BIOS

Microsoft verwendet unabhängig vom Hostsystem ein AMI BIOS für die Gastsysteme.

VMware setzt auf eine BIOS von Phoenix.

Das BIOS von VMware ist im Unterschied zur Lösung von Microsoft mit einer **PXE** Umgebung ausgerüstet. Dieses Preboot Execution Environment erlaubt das Booten oder die Installation über das Netzwerk.

Microsoft hat angekündigt PXE mit dem kommenden Service Pack in Virtual Server zu implementieren.

5.2.3 Operationelle Funktionen

5.2.3.1 Virtuelle Netzwerke

Microsoft und VMware stellen virtuelle Netzwerkkarten zu Verfügung. Ob die Pakete des erzeugten Netzverkehrs aus einer Virtuellen Maschine die wahre Welt draussen erreichen, oder ob diese Pakete nur im virtuellen Netz bleiben, hängt massgeblich von der Betriebsmodus des emulierten Adapters ab. Vier Modi stehen zur Verfügung:

Bridged

Ein Adapter vom Typ „Bridged“ leitet alle Pakete aus der Virtuellen Maschine direkt auf eine physische Netzkarte des Hosts weiter. Die Virtuelle Maschine erscheint damit im realen LAN als eigenständiger PC mit eigener MAC-Adresse. Sie benötigt eine eigene IP-Adresse, bzw. kann sich vom DHCP-Server im LAN eine Adresse abholen. Der gesamte Netzwerkverkehr, den die Virtuelle Maschine auf einem Bridged Adapter produziert, erscheint protokollunabhängig komplett am physischen Anschluss der verbundenen Host-Netzwerkkarte und die Virtuelle Maschine ist über diesen Adapter auch direkt von aussen erreichbar.

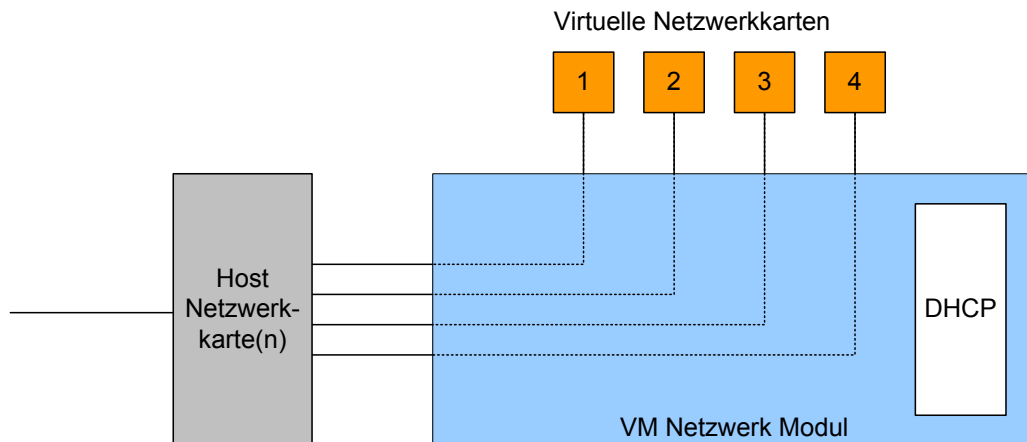


Abb. 15: Virtuelle Netzwerke: Bridged

NAT

Auch die Pakete aus einer Virtuellen Maschine mit NAT-Adapter gelangen ins physische LAN. Allerdings verwendet die Virtuelle Maschine dafür die Identität (MAC-Adresse, IP-

Adresse) des Hosts. Damit ist keine freie IP-Adresse im LAN für diese Virtuelle Maschine notwendig. Die Virtuelle Maschine ist dafür aber nicht direkt aus dem LAN heraus erreichbar. Nur Antwortpakete auf Anfragen aus der Virtuellen Maschine gelangen zurück, etwa beim Surfen im Internet. Für einen Zugriff von aussen gibt es allerdings noch die Möglichkeit des [Port-Forwarding](#).

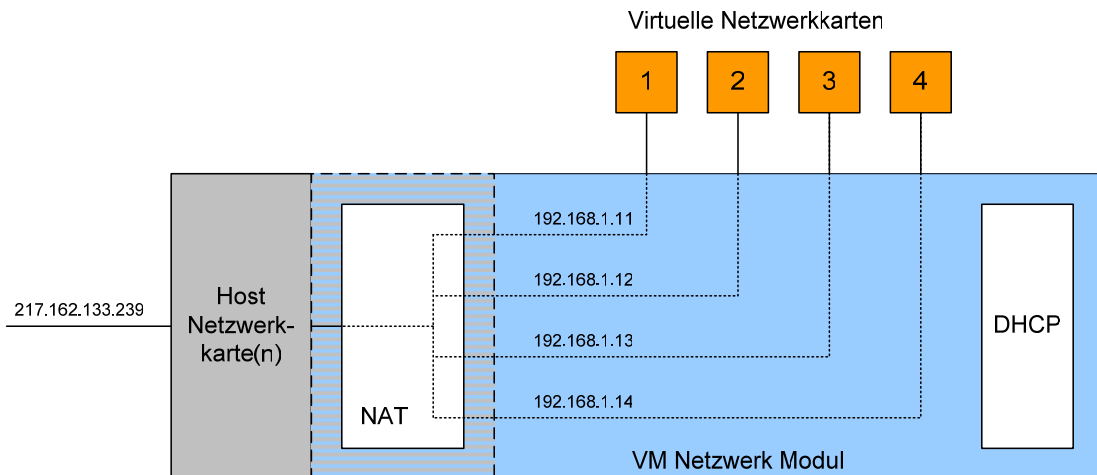


Abb. 16: Virtuelle Netzwerke: NAT

Host-only

Eine Virtuelle Maschine mit Host-only Adapter ist vom physischen LAN getrennt. Nur mit dem Host selbst ist eine uneingeschränkte Kommunikation in beiden Richtungen möglich. Dazu besteht zwischen Host und den Virtuellen Maschinen ein virtuelles Netzwerk mit eigenem IP-Adressbereich und internem DHCP-Server für die Virtuellen Maschinen. Die Trennung des virtuellen und physischen Netzes ist allerdings nicht absolut, man könnte mit manuell gesetzten Routing-Einträgen am Host und in der Virtuellen Maschine durchaus den Verkehr aus dem virtuellen Netz ins physische LAN leiten und umgekehrt (*gestrichelte Linie in Abb. 17*)

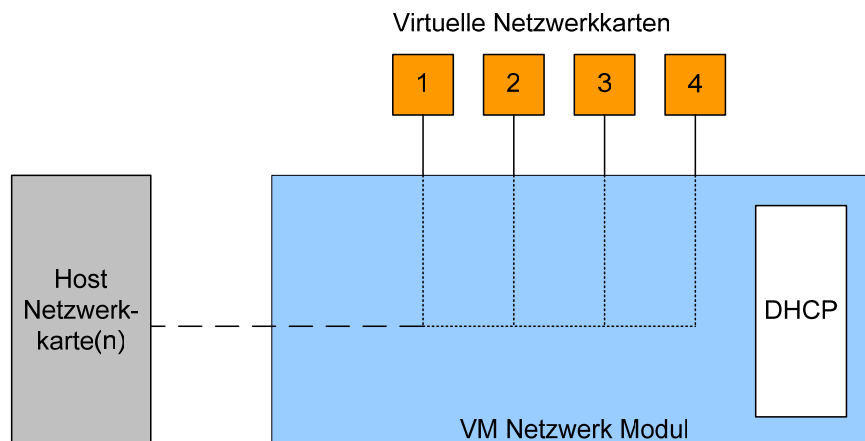


Abb. 17: Virtuelle Netzwerke: Host-only

Bei VMware Workstation, GSX Server und Virtual PC ist NAT für die Gäste bereits integriert, bei Microsoft Virtual Server fehlt diese Funktionalität.

5.2.3.2 Ressourcen Management

Arbeitsspeicher

Bei allen verglichenen Produkten kann der Arbeitsspeicher dynamisch zugewiesen werden, ein Neustart des Gast-Betriebssystems ist dafür nötig.

Festplatte

Die Zuweisung der Grösse der virtuellen Festplatte kann bei VMware und Microsoft dynamisch erfolgen. Das bedeutet, dass die virtuelle Harddisk im Hostsystem nur ungefähr soviel Platz belegt wie auch Daten auf der virtuellen Harddisk vorhanden sind. Dies spart einiges an Speicherplatz. Leider benötigt das Managen (vergrössern/verkleinern) auch Rechenleistung. Zusätzlich besteht auch die Gefahr, dass die maximale Grösse des dynamischen Harddisk-Images die des Hostsystems übersteigt und somit ein instabiles Hostsystem hervorruft. Für den Serverbetrieb ist somit unbedingt die statische Zuweisung vorzuziehen.

Prozess Prioritätsregelung

Bei allen Produkten können Einstellungen betreffend der Prioritätsregelung getroffen werden. Dies kann zum einen die Beziehung zwischen dem Host und den Gästen, zum anderen diejenige zwischen den Gästen betreffen.

Microsoft Virtual PC, VMware Workstation und GSX Server unterstützen die Regelung zwischen dem Host- und den Gastsystemen. Wahlweise kann man den Gästen die maximale Leistung zuteilen oder dem Host gewisse Ressourcen reservieren.

Unter Virtual Server gibt es keine Möglichkeit die Beziehung zwischen Host und Gast zu beeinflussen. Dafür kann man für jeden Gast individuelle Einstellungen treffen und so Einfluss auf die Prioritätsregelung nehmen.

5.2.3.3 Bedienungsfunktionen

VMware und Microsoft haben bei ihren Produkten einige Funktionen eingebaut, welche den täglichen Umgang mit der Applikation beschleunigen und vereinfachen sollte. Die wichtigsten sind hier aufgeführt.

Suspend/Resume

Eines der wichtigsten Features ist sicherlich die Möglichkeit, die virtuellen Gäste mittels Suspend/Resume in eine Art Schlafzustand zuschicken und sie später wieder zu aktivieren. Alle vier Produkte im Vergleich unterstützen diese Funktion.

Momentaufnahmen

Mit einer Momentaufnahme kann ein Abbild der Systemkonfiguration der Virtuellen Maschine erstellt werden. Die Daten auf allen Festplatten der Virtuellen Maschine werden dabei gespeichert. Diese Momentaufnahme kann jederzeit wiederhergestellt werden. So

kann zum Beispiel vor einem Systemupdate der Ausgangszustand gespeichert werden. Schlägt das Update fehl, kann der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt werden. Bei VMware wird diese Funktion „Snapshot“ genannt, bei Microsoft „Undo-Disk“. Technisch gesehen sind die beiden praktisch gleich implementiert, im Handling gibt es allerdings Unterschiede.

In VMware kann diese Funktion bequem über einen einzelnen Klick ausgelöst werden. Beim Virtual Server sind dafür mehrere Arbeitsschritte nötig. Der Vorteil ist, dass dadurch diese Funktion mehr Flexibilität bietet, aber dafür die Benutzerfreundlichkeit darunter leidet. Neu können bei der Version 5.0 von VMware Workstation auch mehrere Snapshots erfasst werden.

Drag&Drop und Shared Folders

Mit Virtual PC und VMware Workstation können zwischen Host- und Gastrechner, die unter Windows laufen, Dateien und Ordner mithilfe der Drag&Drop-Technik in beide Richtungen verschoben werden.

Zusätzlich bieten die zwei Workstation Produkte „Shared Folders“, mit welchen ein Verzeichnis auf dem Host freigegeben werden kann, auf das der Gast über einen Laufwerksbuchstaben zugreifen kann - quasi eine Minidateifreigabe. Mit deren Hilfe können Dateien von freigegebenen Ordnern problemlos vom Host- und Gastsystem gemeinsam genutzt werden.

Screenshot / VideoCapturing

VMware Workstation 4.5 und 5.0 bieten die Möglichkeit direkt Screenshots eines Gastes zu erstellen. Neu in der Version 5.0 können zusätzlich noch die Bildschirm-, Tastatur- und Mausaktivitäten in einer Virtuellen Maschine als Video Datei gespeichert werden. Diese können dann zum Beispiel für Schulungszwecken verwendet werden.

Klonen mit Assistenten

VMware Workstation 5.0 bietet eine Klon-Assistenten. Jede Virtuelle Maschine kann als Vorlage definiert werden, so dass mehrere Anwender ihre Grundinstallation gemeinsam nutzen können. Jede Änderung an einer Virtuellen Maschine wird auf einer neuen verknüpften 'geklonten' Virtuellen Maschine gesichert, um Plattenplatz zu sparen und die Team-Arbeit zu ermöglichen.

Beim Klonen eines Microsoft Windows Systems sollte darauf geachtet werden, dass die SID vom geändert werden muss. Dies ist nötig, da in einem Netzwerk jede SID nur einmal vorkommen darf. Das nachträgliche Ändern der SID kann mit dem Freeware Programm NewSID der Firma Sysinternals gemacht werden.

5.2.4 Performance

Neben dem gebotenen Funktionsumfang der einzelnen Produkte stellt auch die Performance im Betrieb ein wichtiges Vergleichskriterium dar.

Beim Betrachten der Systemleistungen wird zwischen zwei Betriebsmodi unterschieden:

Einfacher Gast-Betrieb:	Neben dem Host-Betriebssystem läuft jeweils nur ein Gast-Betriebssystem.
Mehrfacher Gast-Betrieb:	Neben dem Host-Betriebssystem werden mehrere Gäste gleichzeitig betrieben.

Tabelle 6: Performance: Betriebsmodi

Die Desktop Produkte Microsoft Virtual PC und VMware Workstation sollten vorwiegend auf den einfachen Gast-Betrieb ausgerichtet sein. Der Virtual Server sowie der GSX Server müssen auch im mehrfachen Gast-Betrieb eine gute Leistung bieten.

5.2.4.1 Einfacher Gast-Betrieb

Die Leistungen im einfachen Gast-Betrieb wurden in einem aufwändigen Testverfahren gemessen (vgl. Anhang D, E). Dabei wurde unter Verwendung verschiedener Host-Betriebssysteme die Leistungsdaten der Gäste im Verhältnis zur Leistung der Hosts gestellt. Dadurch konnte festgestellt werden, wie viel Prozent der verfügbaren Leistung durch die Virtualisierung verloren geht.

Gemessen wurden die Leistungen in vier Bereichen:

- CPU Leistung
- Dateisystem (Harddisk)
- Speicherbandbreite (RAM)
- Cache & Speicher

Das folgende Diagramm zeigt, zu wie viel Prozent die Gastssysteme an die Leistung der Hostsysteme herankommen.

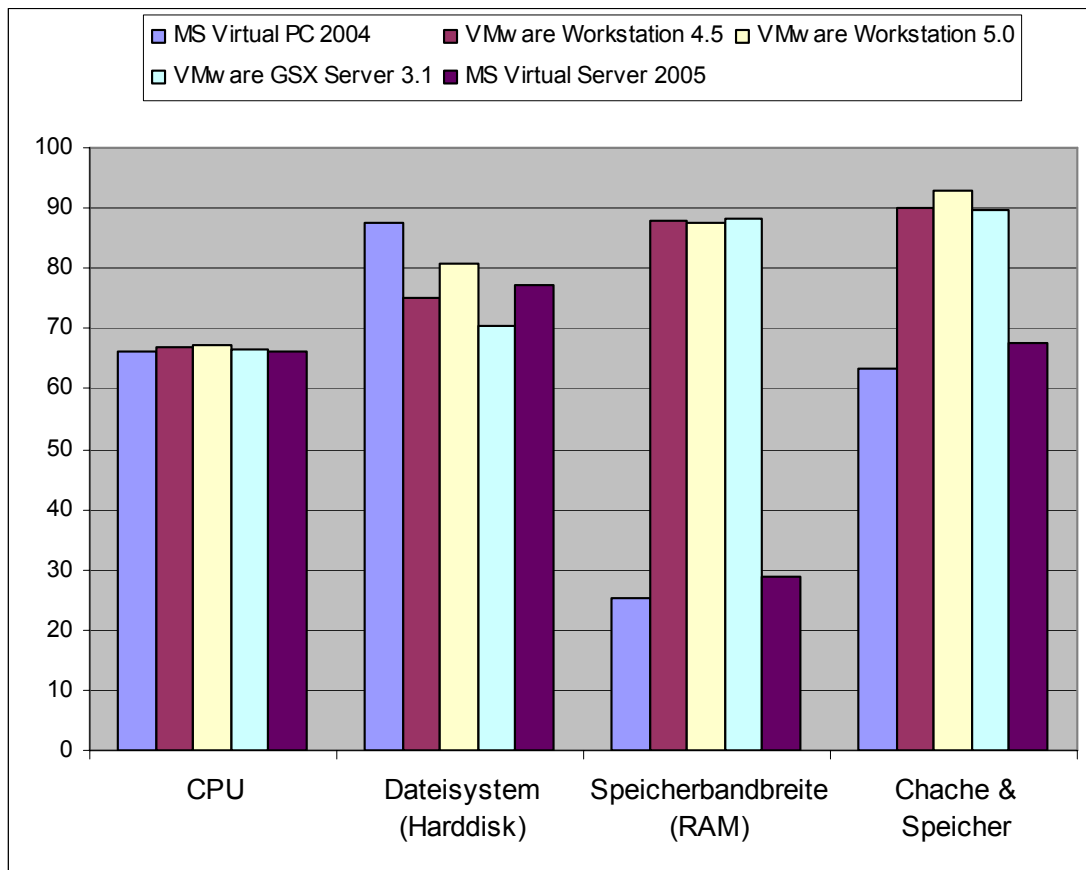


Abb. 18: Leistungsdaten „Einfacher Gast-Betrieb“

Aus dem Diagramm ist zu entnehmen, dass je nach Testbereich zwischen 10 und 40 Prozent der ursprünglichen Systemleistung verloren geht.

Die Produkte von Microsoft scheinen eine Schwäche im Bereich Speicherbandbreite zu haben. Hier erreichten die Gastssysteme nur noch gut einen Viertel der möglichen Leistung.

VMware Workstation und GSX Server konnten im Bereich Dateisystem gegenüber den Konkurrenzprodukten nicht ganz überzeugen. Die Leistung blieb hier um einiges hinter jener der anderen Produkte.

5.2.4.2 Mehrfacher Gast-Betrieb

Der Leistungsverlust durch die Virtualisierung im einfachen Gast-Betrieb hielt sich noch in Grenzen. Werden nun aber mehrere Gäste parallel unter einem Host-Betriebssystem betrieben, sieht das Ganze ein wenig anders aus.

Die Gäste können sich untereinander blockieren, indem zum Beispiel einer unter Volllast läuft und die anderen Prozesse dadurch aufhält. Auch kann es vorkommen, dass die Gäste zu viel Prozessor- und I/O-Last erzeugen und so den Host im Betrieb beeinträchtigen.

Beim Parallelbetrieb von mehreren Gästen gilt es deshalb folgende Punkte zu beachten:

- Die Virtualisierungssoftware sollte über Einstellmöglichkeiten verfügen mit denen man die Priorität der Gastsysteme steuern kann. (vgl. Kapitel 5.2.3.1)
- Die Rechner sollten mit genügend Arbeitsspeicher ausgestattet sein. Dabei ist zu beachten, dass die Gastsysteme nicht nur den explizit zugewiesenen Arbeitsspeicher belegen. Für das **Paging** von Speicherbereichen werden für jeden Gast etwa 10 Prozent des ihm zugewiesenen Speichers zusätzlich im Hostsystem belegt.

Im Testsystem mit 2 GB Arbeitsspeicher und drei Gästen mit je 512 MB zugewiesenem Speicher blieben für den Host nicht mehr 512 MB übrig, da jeder Gast tatsächlich etwa 600 MB Speicher belegte.

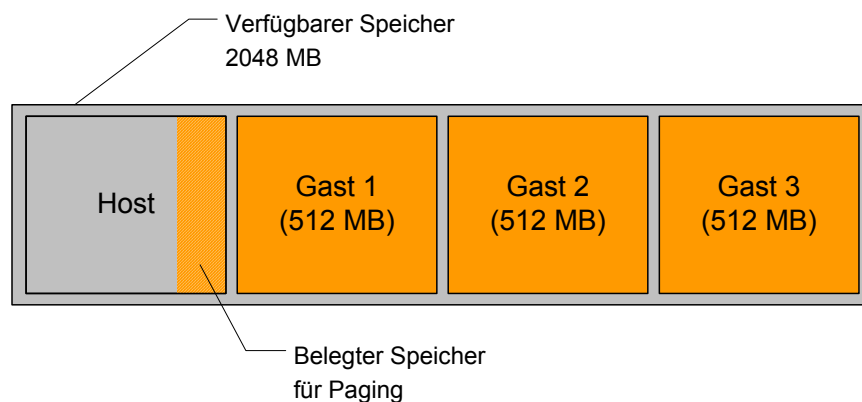


Abb. 19: Speicherbelegung Mehrfacher Gast-Betrieb

- Um das gegenseitige Blockieren unter den Gästen oder zwischen dem Host und den Gästen zu vermeiden, sollten folgende Grundsätze beachtet werden:
 - Ein Gast der selbst durchschnittlich mehr als 25 Prozent Systemlast erzeugt, sollte nicht mit anderen Gästen parallel betrieben werden.
 - Gäste die fast ausschliesslich CPU Last oder I/O Transfer erzeugen, lassen sich schlecht parallel betreiben. Eine Kombination aus I/O Transfer intensiven und CPU lastigen Gästen ist anzustreben.

- Extrem I/O Transfer intensive Anwendungen wie zum Beispiel Datenbankserver sind für den Betrieb in einer Virtuellen Maschine eher ungeeignet. Da die Daten jeweils durch eine Virtualisierungsschicht geleitet werden müssen, geht viel Leistung verloren.
- Gäste die ihre Leistungsspitzen zu unterschiedlichen Tageszeiten haben können gut kombiniert werden. Zum Beispiel Intranet Webserver - Zugriffe hauptsächlich zu Geschäftszeiten, und Backupserver – Datensicherung nur in der Nacht.

- Die Gast-Betriebssysteme sowie der Host sollten überwacht werden können, damit im Falle eines Engpasses umgehend reagiert werden kann.
Microsoft bietet für den Virtual Server ein Zusatztool, mit dem man jeden Virtual Server mit Hilfe des Microsoft Operations Manager überwachen lassen kann. Dies erlaubt es bei Performanceengpässen schneller reagieren zu können.
VMware bietet mit dem Produkt Virtual Center eine Software mit welcher sich ein GSX Server überwachen lässt. Im Unterschied zum Zusatztool von Microsoft kann der Virtual Center die Gäste auch konfigurieren.

5.2.5 Supportleistungen

Die beiden Hersteller Microsoft und VMware verwenden unterschiedliche Strategien, um ihren Kunden Supportleistungen anzubieten.

5.2.5.1 Microsoft

Neben den Supportquellen, die via Internet zugänglich sind, bietet Microsoft auch einen telefonischen Support an. Vorteil ist, dass bei Microsoft sämtliche Anfragen zentral verwaltet werden, dadurch können die Kunden von allen anderen bereits bearbeiteten Problemstellungen profitieren.

5.2.5.2 VMware

VMware geht da einen anderen Weg. Neben den üblichen Supportquellen, die online verfügbar sind, werden direkte Supportleistungen auch von lokalen Partnerfirmen übernommen. Die Qualität hängt somit stark von den Erfahrungswerten dieser Partnerfirmen ab. Durch diese Dezentralisierung des Supports auf verschiedene Partner, gestaltet sich der Informationsaustausch unter diesen Firmen schwierig, was sich negativ auf die Qualität des gebotenen Services auswirken kann.

5.2.6 Kosten

Nebst dem gebotenen Funktionsumfang einer Softwarelösung stellen die Lizenzkosten einen wichtigen Faktor bei der Kaufentscheidung dar.

In der folgenden Tabelle werden die Anschaffungskosten für das Softwarepaket sowie die Lizenzkosten für das jeweils günstigste Host-Betriebssystem aufgelistet.

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Basisapplikation	CHF 174	CHF 268	CHF 674 (2 CPU) CHF 1349 (32 CPU)	CHF 2287 (2CPU) CHF 4574 (unlimited CPU)
Host- Betriebssystem				
Windows	> CHF 404	> CHF 404	> CHF 1349	> CHF 743
Linux	-	> CHF 135	-	> CHF 135

Tabelle 7: Kosten

Bei den genannten Zahlen ist zu beachten, dass die Anschaffungskosten meist nur einen Bruchteil der Kosten ausmachen, die entstehen, wenn man Virtualisierungstechnologie nutzen möchte. Erfahrungsgemäss sind die Kosten für die Hardware, das notwendige Fachwissen sowie den Unterhalt der Systeme um einiges höher.

Im *Anhang C* befinden sich ein Berechnungsbeispiel, das aufzeigt, in welchem Verhältnis die Hardware- und Lizenzkosten für eine Virtualisierungslösung zueinander stehen.

5.3 Auswertung

Um die gesammelten Daten aus dem Produktvergleich übersichtlich auswerten zu können, wurde eine ausführliche Nutzwertanalyse durchgeführt. Diese detaillierte Analyse kann dem *Anhang B* entnommen werden.

Die Struktur der Nutzwertanalyse lehnte sich an jene dieser Dokumentation an. Gegliedert wurde die Analyse in fünf Hauptpunkte, die unterschiedlich gewichtet wurden.

Kriterium	Gewichtung
Systemkomponenten	15
Architektur	20
Operationelle Funktionen	30
Kosten	10
Performance	25
	100

Tabelle 8: Auswertung: Gewichtung der Kriterien

Aus der Nutzwertanalyse ergaben sich folgende Punktestände.

Microsoft Virtual PC 2004	VMware Workstation 4.5	VMware Workstation 5.0
416.75	445.25	474.75

Microsoft Virtual Server 2005	VMware GSX Server
438.75	483.25

Tabelle 9: Auswertung: Resultate

Die maximal mögliche Punktzahl beträgt 600.

5.3.1 Microsoft Virtual PC 2004

Virtual PC ist das Schlusslicht dieser Auswertung obwohl das Produkt insgesamt durchaus überzeugen konnte. Die entscheidenden Vor- und Nachteile dieses Produktes sind folgende:

- + Das Preis-/Leistungsverhältnis ist ungeschlagen. Für CHF 174 erhält man eine solide Software, die im Workstationbereich einen guten Dienst leistet.
- Eine für den Serverbetrieb wichtigen SCSI Unterstützung fehlt komplett
- Auf das Ressourcenmanagement kann zwar Einfluss genommen werden. Die Möglichkeiten sind aber sehr beschränkt.
- Bei den unterstützten Gast-Betriebssystemen fehlt die Windows Server Familie

5.3.2 VMware Workstation 4.5 & 5.0

VMware Workstation 4.5 und 5.0 belegen die Plätze 2 und 3 in der Auswertung. Obwohl die Produkte eigentlich für den Workstationbereich konzipiert sind, bieten sie bereits viele Funktionen, die auch Serverumfeld zum Einsatz kommen.

Entscheidende Vor- und Nachteile diese Produkte sind:

- + VMware Workstation bietet Unterstützung für eine enorm grosse Anzahl an Gastsystemen an. Darunter auch Windows Server Betriebssysteme und diverse Linux Distributionen. Dies macht VMware Workstation extrem flexibel.
- + Obwohl das Produkt fast doppelt so viel kostet wie Microsofts Virtual PC ist das Preis-/Leistungsverhältnis ebenfalls sehr gut. Die Mehrkosten von fast CHF 100 rechtfertigen sich in einer grösseren Funktionsvielfalt.
- VMware Workstation wird als User Applikation betrieben und wird nicht als Systemdienst implementiert. Dies bringt gewisse Einschränkungen mit sich, wenn man das Produkt im Serverumfeld einsetzen möchte.

5.3.3 VMware GSX Server 3.1

VMware GSX Server 3.1 ging als knapper Sieger aus der Nutzwertanalyse hervor. Das Produkt konnte fast auf ganzer Linie überzeugen:

- + Die Anwendung wird als Systemdienst installiert und kann wahlweise über eine Remote Applikation oder ein Webinterface administriert werden. Zudem verfügt der GSX Server über eine eigene API und umfängliche Scripting-Funktionen.
- + Die Anzahl der unterschiedlichen Host- und Gast-Betriebssystemen, die von offizieller Seite unterstützt werden ist enorm.
- VMware GSX Server lässt einen einzigen die von Virtual PC und VMware Workstation gebotenen Bedienungsfunktionen wie Drag&Drop oder Shared Folders vermissen. Solche Komfortfunktionen sucht man bei diesem Produkt vergeblich.

5.3.4 Microsoft Virtual Server 2005

Microsofts Virtual Server 2005 platziert sich knapp hinter die beiden Produkte vom Konkurrenten VMware. Obwohl Virtual Server teilweise mehr Funktionalität als alle anderen Produkte bietet, zeigt er in gewissen Punkten Schwächen.

- + Der Virtual Server bietet im Bezug auf SCSI Hardware die grösste Flexibilität. An maximal vier SCSI Controller können bis zu 24 virtuelle Geräte angeschlossen werden.
- Die für den Serverbereich wichtigen Netzwerkfunktionen lassen beim Virtual Server ein wenig zu wünschen übrig. Der NAT Betriebsmodi fehlt im Vergleich zu den anderen Produkten gänzlich.
- In Sachen Komfortfunktionen ist das Microsoft Produkt ebenso wenig ausgestattet wie VMware's GSX Server.
- Wie schon beim Virtual PC liegt auch der Virtual Server in Sachen Performance hinter den Konkurrenzprodukten.

5.4 Einsatzgebiete

Da nicht nur die Funktionsvielfalt und Angaben zur Performance- und Supportleistungen der vier Produkte interessieren, wurden sie noch einem zusätzlichen Bewertungsverfahren unterzogen.

Im Folgenden soll aufgezeigt werden, inwiefern sich die einzelnen Produkte für die im *Kapitel 4* beschriebenen Einsatzgebiete eignen. Dafür wurden die wichtigsten Kriterien für das jeweilige Einsatzgebiet festgelegt. Diese werden jeweils kurz erläutert, damit nachvollzogen werden kann, was bei dem jeweiligen Kriterium bewertet wird.

Für die Bewertung wird eine 3-Stufige Skala verwendet:

+	Gut implementiert
+/-	Genügend implementiert
-	Ungenügend oder nicht implementiert

Tabelle 10: Bewertungsskala - Beurteilung Einsatzgebiete

Im folgenden *Kapitel 5.4.1* wird auf das Einsatzgebiet der Konsolidierung eingegangen. Die grundsätzliche Idee der Konsolidierung und deren Vorteile finden sich teilweise in den anderen beschriebenen Einsatzgebieten wieder.

5.4.1 Konsolidierung

5.4.1.1 Hintergrund

Bei einem wachsenden Unternehmen, muss auch die Kapazität der IT-Infrastruktur immer wieder angepasst, bzw. erweitert werden. Diese IT-Strukturen bestehen dann meistens aus einer Menge Servern mit fachspezifischen Anwendungen, welche auf Hardware laufen die eigens dafür angeschafft wurde. Das Ergebnis ist eine hohe Anzahl Server, welche nur selten ihre Ressourcen voll ausschöpfen.

Die klassische Konsolidierung von verschiedenen Diensten in einem Betriebssystem auf einer Hardware bringt in der Regel jedoch nicht das gewünschte Ergebnis. Risiken wie Ausfälle, Hardwareinkompatibilitäten, Neuinstallationen und der damit verbundene Zeitaufwand treiben die Kosten in die Höhe.

5.4.1.2 Bedürfnis

Folgende Bedürfnisse kann ein Administrator oder ein Unternehmen an eine Konsolidierung haben:

- Einfache und schnelle Konsolidierung der Server
- Kosteneinsparungen (Betrieb, Hardware)
- Geringere Komplexität der Hardware (z.B. einheitliche Architektur)
- Einfache und zentrale Verwaltung der Infrastruktur
- Dynamische Zuweisung von Ressourcen

5.4.1.3 Realität

Virtuelle Maschinen ermöglichen eine sehr einfache und kostengünstige Konsolidierung und somit eine bessere Auslastung bestehender IT-Infrastrukturen.

- Eine Konsolidierung von Servern in Virtuellen Maschinen ist ohne Neuinstallation des Systems möglich. (vgl. Kapitel 5.4.2.4)
- Da auf einem physischen Server mehrere Virtuelle Maschinen im Einsatz sind, werden die verfügbaren Ressourcen besser ausgenutzt.
- Das Hauptmerkmal einer Server-Konsolidierung ist eine enorme Kostensenkung. Je nach Einsatzszenario reduzieren sich durch eine Konsolidierung die IT-Gesamtkosten nachweislich zwischen 30 und 65 Prozent, in Teilbereichen wie den Betriebskosten sogar bis zu 80 Prozent.

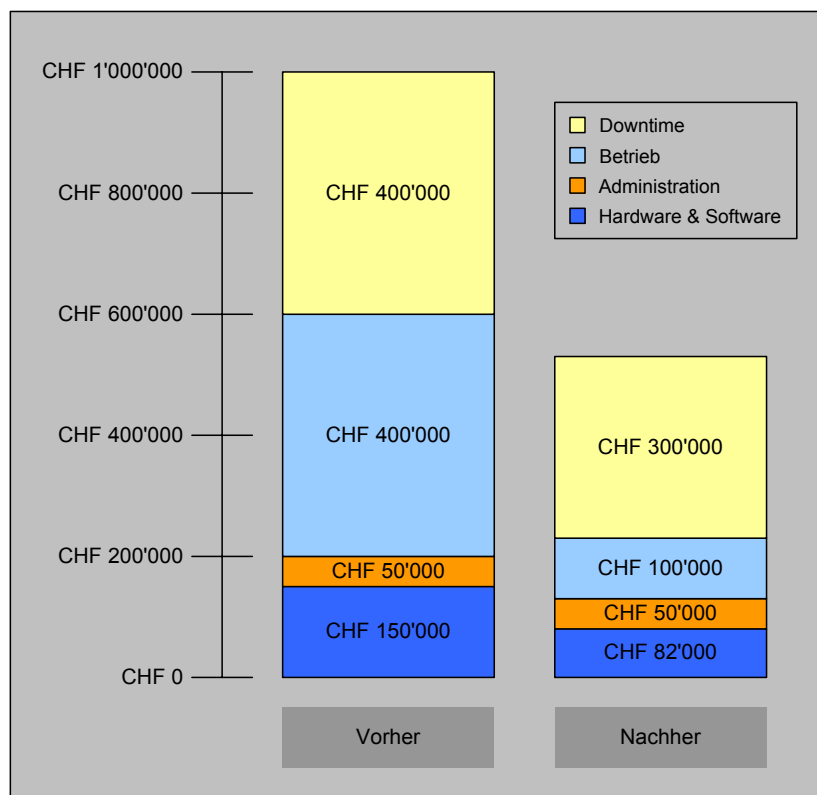


Abb. 20: Beispiel TCO Reduktion durch Serverkonsolidierung, Quelle: VMware Inc.

- Durch das Zusammenführen verschiedener heterogener Virtueller Maschinen auf eine einheitliche Plattform wird die Komplexität der Verwaltung und Wartung der Hardware gesenkt.
- Aus einem einheitlichen virtuellen Pool für Verarbeitungs-, Speicher- und Netzwerkleistung können den Gästen je nach Bedarf und ohne Ausfallzeiten Hardware-Ressourcen zugewiesen werden.

5.4.1.4 Beurteilung

Da die getesteten Virtualisierungslösungen unterschiedliche Funktionalitäten bieten und es auch sonst einige andere Unterschiede gibt, wird die Einsatzfähigkeit eines jeden Produktes im Folgenden beurteilt.

Kriterien

Systemdienst	Applikationen können grundsätzlich in zwei verschiedenen Betriebsmodi (Systemdienst / Userdienst) gestartet werden. Da im Einsatzgebiet Konsolidierung das Starten der Applikation als Systemdienst sehr nützlich ist, wird beurteilt ob das jeweilige Produkt dies unterstützt.
Gast-Betriebssysteme	Da je nach Anforderung der Konsolidierung verschiedene Betriebssysteme virtualisiert werden müssen, ist die Anzahl möglicher Gast-Betriebssysteme ein wichtiges Kriterium für die Wahl des geeigneten Produktes.
Remote Access	Für die Administration Virtueller Maschinen ist gerade bei Server-Systemen ein Remote Access sinnvoll. Hier wird bewertet ob dies von den Produkten unterstützt wird und ob diese mehrere Möglichkeiten für die Fernwartung (Remote Application / Webinterface) bieten.
Scripting	Einige Abläufe lassen sich sehr komfortabel mittels Scripting automatisieren. Beurteilt wird ob die Produkte dies unterstützen und wenn ja, wie viel Funktionalität diese bieten.

Tabelle 11: Konsolidierung - Kriterien

Resultate

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Systemdienst	-	-	+	+
Gast-Betriebssysteme	+/-	+	+/-	+
Remote-Access	-	-	+/-	+
Scripting	-	+/-	+	+/-

Tabelle 12: Konsolidierung - Beurteilung

5.4.2 Software Migration

5.4.2.1 Hintergrund

Bei einer Software Migration geht es meist um den Ersatz einer veralteten Softwarelösung durch eine neue Version auf einer neuen Hardwareplattform (*vgl. Kapitel 4.2*). Es kann sich dabei gleichermassen um den Wechsel eines Betriebssystems oder einer Anwendung handeln.

In jüngster Vergangenheit wurde die Software Migration vor allem mit dem Betriebssystem Windows NT Server in Zusammenhang gebracht. Da Microsoft den Support für Windows NT auf Mitte 2004 einstellte, drängt sich nun der Umstieg auf ein neueres System auf.

5.4.2.2 Bedürfnis

Im Zusammenhang mit Software Migrationen existieren folgende Bedürfnisse seitens der System Administratoren:

- Reibungsloser, schneller Ablauf der Migration
 - Testlauf notwendig
 - Möglichkeit eines Restore auf den Ausgangszustand
- Möglichst kurzer Parallelbetrieb der alten und neuen Hardware.
- Optimierung des Arbeitsaufwandes und somit auch der Kosten
- Fehlerfreier Betrieb der migrierten Applikationen/Systeme

Aus Benutzersicht sollte vor allem die Downtime der Systeme und Dienste möglichst kurz gehalten werden.

5.4.2.3 Realität

Einige der genannten Bedürfnisse können durch den Einsatz von Virtualisierungstechnologien gedeckt werden.

- So können mit Virtuellen Maschine unterschiedlichste Migrationsszenarien ohne viel Aufwand und ohne Gefährdung der operationellen Systeme durchgespielt und trainiert werden. Viele Risiken können so bereits im Voraus eliminiert werden.
- Wird die alte Softwarelösung in eine Virtuelle Maschine auf der neuen Hardware transferiert und dort weiter betrieben, kann die alte Hardware früher ausser Betrieb genommen werden. Dies schafft nicht nur Platz, es eliminiert auch das Risiko, dass das alte System während der Migrationsphase ausfällt.

5.4.2.4 Beispiel: Betriebssystem Migration

Ausgangslage

Ein Unternehmen betreibt ein Netzwerk mit einem auf Windows NT 4 Server basierenden Domaincontroller. Da Microsoft den offiziellen Support für dieses Betriebssystem eingestellt hat und weil das Unternehmen die Vorzüge eines Active Directory Servers nutzen möchte, steht ein Umstieg auf Windows 2003 Server an.

Im Zusammenhang mit diesem Umstieg soll auch noch die veraltete und fehleranfällige Hardware des NT Servers durch eine aktuelle Plattform ausgetauscht werden.

Problemstellung

Da die Migration von Windows NT Server auf Windows 2003 Server kein einfaches Unterfangen ist, möchte der IT Verantwortliche diese Migration in einer isolierten Testumgebung durchspielen. Dadurch soll es möglich sein, Problemstellungen im Voraus zu erkennen, ohne das operative System zu gefährden.

Zudem möchte der Head of IT das alte System möglichst bald von Netzwerk trennen, da es anfällig für Störungen ist und so den Migrationsvorgang unnötig behindern könnte.

Lösung

Der Einsatz von geeigneter Virtualisierungstechnologie erlaubt es dem IT Verantwortlichen, die Migration ohne Gefährdung des alten Systems durchspielen zu können. Zudem kann das gesamte Betriebssystem vom alten Server für eine gewisse Zeit in einer Virtuellen Maschine auf der neuen Hardware betrieben werden. Dadurch kann der alte Server frühzeitig von Netz genommen werden, was die Risiken beim Migrationsvorgang minimiert.

Schritt 1

In einem ersten Schritt wird die physische Installation des NT Servers in eine Virtuelle Maschine auf der neuen Hardware übernommen. Je nachdem welche Software man für diesen Vorgang verwendet, muss der alte Server nicht einmal vom Netz getrennt werden.

Die Konvertierung von der physischen in eine Virtuelle Maschine läuft folgendermassen ab: Neben dem alten Windows NT Rechner (Source) wird eine Art Helfer-PC (Helper) benötigt. Der Helper ist dabei derjenige Rechner auf welchem später das neue Betriebssystem laufen soll.

Nach einigen Vorbereitungen, welche die Installation von Service Packs und Zusatztools beinhalten, wird zuerst ein Image von der alten Installation erstellt. Dieses Image wird dann auf den Helper übertragen und dort so angepasst, dass es in eine Virtuelle Maschine (Target) eingebunden werden kann. Beim ersten Starten der Virtuellen Maschine müssen noch einige Treiber angepasst und die herstellerepezifischen Zusatztools installiert werden (vgl. Kapitel 5.2.1.1). Dieser Vorgang dauert abhängig vom System zwischen 30 Minuten und einigen Stunden.

Die folgende Grafik zeigt den groben Ablauf einer solchen Konvertierung:

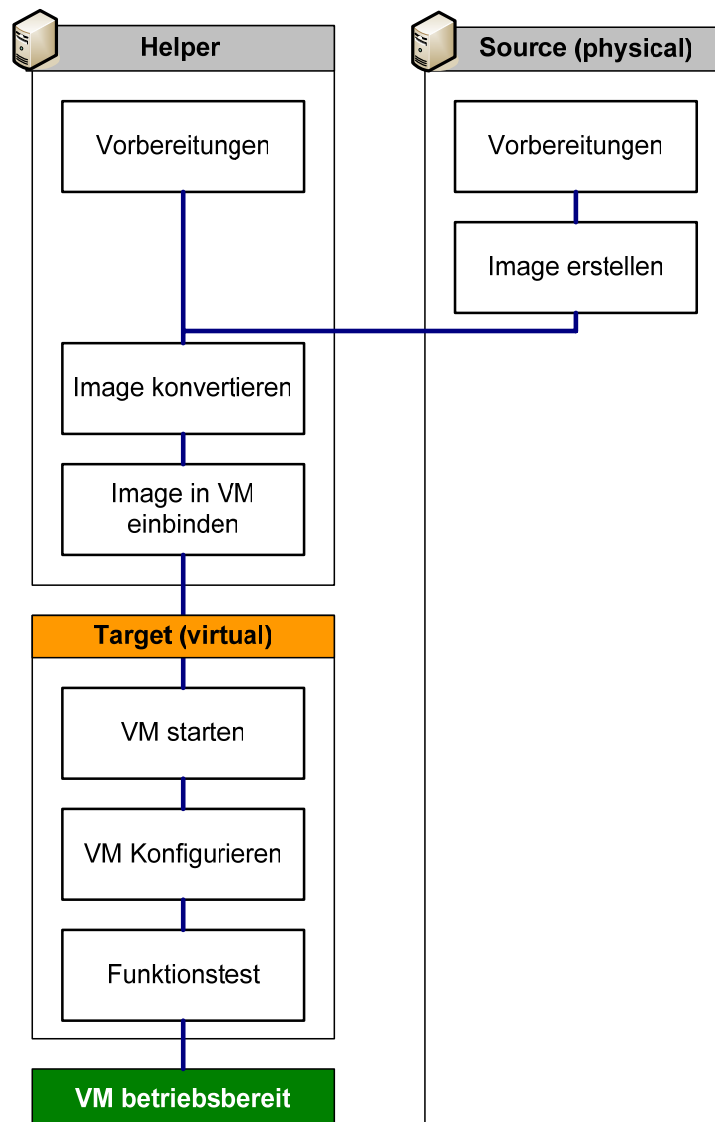


Abb. 21: Konvertierung Physisch in Virtuell

Eine detaillierte Darstellung der unterschiedlichen Konvertierungsmöglichkeiten ist im *Anhang F* zu finden. Zudem werden dort auch die beiden Produkte Microsoft VSMT und VMware P2V, welche für einen solchen Migrationsvorgang benötigt werden, vorgestellt.

Ist die Konvertierung von physischer Installation in eine Virtuelle Maschine erfolgreich verlaufen, kann die Migration mit der virtuellen Installation des NT Servers beliebig durchgespielt werden.

Schritt 2

Ist man bereit die Migration durchzuführen, kann man dies auf zwei Arten tun:

Möchte man den alten Server möglichst schnell vom Netz nehmen, kann man den Vorgang von Schritt 1 wiederholen. Ist der virtuelle Server einsatzbereit, übernimmt dieser die Funktionen des alten Rechners. Jetzt kann man Dienst für Dienst auf den wahlweise als

Host oder ebenfalls als Gast betriebenen Windows 2003 Server migrieren. Sind alle Funktionen übernommen, kann man den virtuellen Windows NT Server ebenfalls ausschalten.

Selbstverständlich kann man die Migration auch ohne die Konvertierung des alten Servers durchführen. Dann besteht allerdings die Gefahr, dass der betagte Rechner genau im falschen Moment ausfällt und so die Migration behindert.

5.4.2.5 Beurteilung

Virtualisierungstechnologie kann bei einer Software Migration entscheidende Vorteile bringen. Da die getesteten Virtualisierungslösungen unterschiedliche Funktionalitäten bieten und es auch sonst einige andere Unterschiede gibt, wird die Einsatzfähigkeit eines jeden Produktes im Folgenden beurteilt.

Kriterien

Bedienung	Eine Software Migration sollte möglichst rasch ablaufen. Deshalb ist es wichtig, dass für das verwendete Produkt kein grosser Einarbeitungsaufwand betrieben werden muss, bis man die Migration durchführen kann. Die Bedienerfreundlichkeit ist demnach ein entscheidendes Kriterium.
Gast-Betriebssysteme	Bei einer Software Migration werden meist Applikationen migriert, die unter den verschiedensten Betriebssystemen laufen. Eine Virtualisierungslösung sollte deshalb genügend Flexibilität bei der Auswahl der Gast-Betriebssysteme bieten.
Scripting	Um die Migration mehrerer Systeme zu automatisieren, kann man auf die in den Virtualisierungslösungen eingebauten Scripting Funktionen zurückgreifen.
Preis/Leistung	Wird eine Software Migration mithilfe von Virtualisierungstechnologie durchgeführt, benötigt man die Virtualisierungslösung nach erfolgreicher Migration meist nicht mehr. Es ist deshalb besonders wichtig ein Produkt anzuschaffen, welches ein gutes Preis/Leistungs-Verhältnis bietet.
Betriebssystem Migration	Da Virtualisierungstechnologie vielfach im Zusammenhang mit einer Betriebssystem Migration verwendet wird, ist es wichtig, dass die Produkte diesen Vorgang unterstützen. Die als Zusatztools angebotenen Programme konvertieren dabei eine physische in eine virtuelle Installation und Helfen Kompatibilitätsprobleme zu verhindern. (vgl. Anhang F)

Tabelle 13: Software Migration - Kriterien

Resultate

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Bedienung	+	+	+/-	+
Gast-Betriebssysteme	+/-	+	+/-	+
Scripting	-	+/-	+	+/-
Preis/Leistung	+/-	+	+	+
Betriebssystem Migration	-	+/-	+/-	+/-

Tabelle 14: Software Migration - Beurteilung

5.4.3 Betrieb von Legacy Software**5.4.3.1 Hintergrund**

In vielen Unternehmen werden Applikationen eingesetzt, die auf alten Techniken basieren. Diese Programme laufen oft tadellos und der Funktionsumfang reicht vollkommen aus. So lange die Software einwandfrei funktioniert gibt es keinen Anlass sie im Rahmen des Software Life Cycle zu ersetzen.

Da aber die Hardware, auf der diese Systeme betrieben werden, älter wird und von Zeit zu Zeit ersetzt werden muss, können daraus Probleme entstehen:

So könnte es sein, dass die Applikation nur unter einem alten Betriebssystem lauffähig ist. Für dieses Betriebssystem wiederum gibt es aber keine aktuellen Hardwaredreiber mehr.

5.4.3.2 Bedürfnis

Wenn Legacy Applikationen betrieben werden müssen, entstehen einige Bedürfnisse seitens der Systemadministratoren:

- Fehlerfreier Betrieb der Anwendung
- Einsatz von aktueller Hardware (Verfügbarkeit von Ersatzteilen, Support)
- Geringer Aufwand beim Wechsel der Hardwareplattform

Das Management wünscht sich eine möglichst kostengünstige Lösung der Problematik und der User möchte auf die Applikation keinesfalls verzichten.

5.4.3.3 Realität

Entscheidet man sich für Virtualisierungstechnologie, kann man die Problematiken mit Legacy Applikation elegant vermeiden:

- Verfügt eine neue Hardwareplattform über Komponenten für die es keine Treiber für ältere Betriebssysteme mehr gibt, stellt dies kein Problem für die Applikation dar. Da nämlich alle Virtuellen Maschinen immer dieselbe virtuelle Hardware nutzen, für die Treiber für fast alle erdenklichen Betriebssysteme existieren, kann die Treiberproblematik ignoriert werden.

- Wird eine Legacy Applikation erst einmal in einer Virtuellen Maschine betrieben, muss beim nächsten Wechsel der Hardwareplattform lediglich das VM Image kopiert werden und die Applikation ist wieder einsatzfähig.
- Der Wechsel von einer physischen Installation in eine Virtuelle Maschine kann unkompliziert auf der neuen Hardware durchgespielt werden. Die ausführenden Personen können so den Vorgang in aller Ruhe einstudieren.

5.4.3.4 Beispiel: Weiterbetrieb Datenbankserver

Ausgangslage

Auf einem älteren Server der unter Windows NT Server läuft, ist eine Datenbank Applikation (DBA) in Betrieb. Es handelt sich dabei um einen Microsoft SQL Server in der Version 6, welcher für eine ERP Lösung von Miracle benötigt wird. Der alte Server besitzt folgende Hardwarekonfiguration:

Prozessor:	Intel Pentium II MMX 350 MHz
Hauptspeicher:	128 MB
Festplatte:	2x 4.3 GB ATA Harddisks (gespiegelt)

Tabelle 15: Betrieb von Legacy Software – Konfiguration alt

Nun soll diese veraltete und dadurch fehleranfällige Hardware durch einen neuen Rechner mit der folgenden Konfiguration ersetzt werden:

Prozessor:	Intel Pentium IV 3 GHz
Hauptspeicher:	1024 MB
Festplatte:	2 x 32 GB S-ATA Harddisks (gespiegelt)

Tabelle 16: Betrieb von Legacy Software – Konfiguration neu

Wichtig bei der ganzen Migration ist, dass zwar die Hardware ersetzt werden soll, die DBA inklusive Daten bleiben aber dieselben.

Problemstellung

Die DBA ist nicht mit aktuellen Betriebssystemen kompatibel, und das Unternehmen möchte die bestehende ERP Lösung mittelfristig nicht ersetzen. Ein Einsatz von Windows 2000 oder 2003 Server oder ein Wechsel der ERP Lösung kommen daher nicht in Frage. Daraus folgt auch die zweite Problemstellung:

Da für gewisse Hardwarekomponenten des neuen Rechners keine Treiber für Windows NT verfügbar sind, ist auch an ein Einsatz von diesem Betriebssystem nicht mehr zu denken.

Lösung

Indem die DBA einfach in einer Virtuellen Maschine auf der neuen Hardware betrieben wird, erledigt sich das Treiberproblem. Und als Host-Betriebssystem kann man alle von der entsprechenden Virtualisierungslösung unterstützten Produkte einsetzen.

Die Performanceeinbußen, welche eine Virtualisierung mit sich bringt sind in diesem Fall nicht von Bedeutung. Da bereits der alte Server genügend Leistung geboten hat, sind auf der neuen, viel leistungstärkeren Hardware, keine Performanceprobleme zu erwarten.

Schritt 1

Der neue Server wird in Betrieb genommen und mit einer Virtualisierungslösung bespielt. Dabei hängt der neue Server noch nicht am Firmennetz und der Alte erledigt weiterhin seine Aufgaben als DB Server.

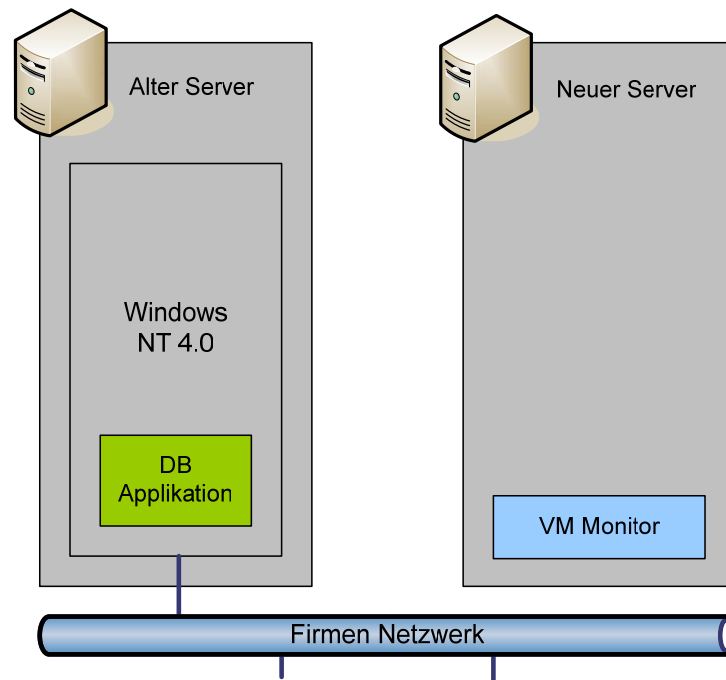


Abb. 22: Betrieb von Legacy Software Beispiel (1/3)

Schritt 2

In einem zweiten Schritt wird auf dem neuen Server eine Virtuelle Maschine erstellt. Darin wird Windows NT Server installiert. Sobald das virtuelle Betriebssystem inklusive DBA einsatzfähig ist, kann die Datenübernahme aus dem alten Server durchgeführt werden.

Dieser Schritt lässt sich beliebig oft wiederholen, ohne den Betrieb des alten Systems zu beeinträchtigen. Konfiguriert man dazu auf dem neuen System noch einen virtuellen Client PC, der über ein virtuelles Netzwerk mit dem DB Server verbunden ist, eignet sich dieses Szenario hervorragend als Testumgebung.

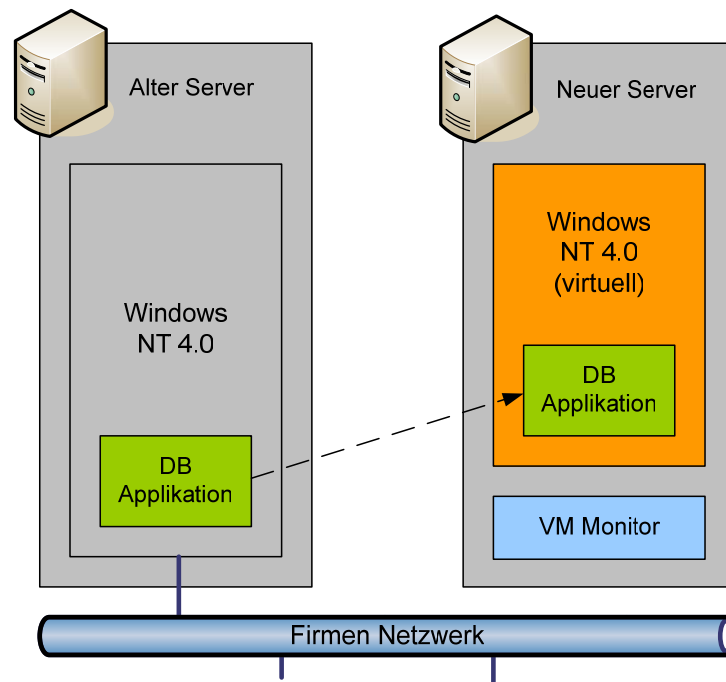


Abb. 23: Betrieb von Legacy Software Beispiel (2/3)

Schritt 3

Hat man die Datenübernahme einige Male durchgespielt, kann man sich an den endgültigen Umzug wagen. Das bereits durchgespielte Vorgehen bleibt gleich, nur wird der alte Server vom Netzwerk getrennt sobald der Neue einsatzbereit ist. Die Downtime der DBA hält sich dabei in Grenzen.

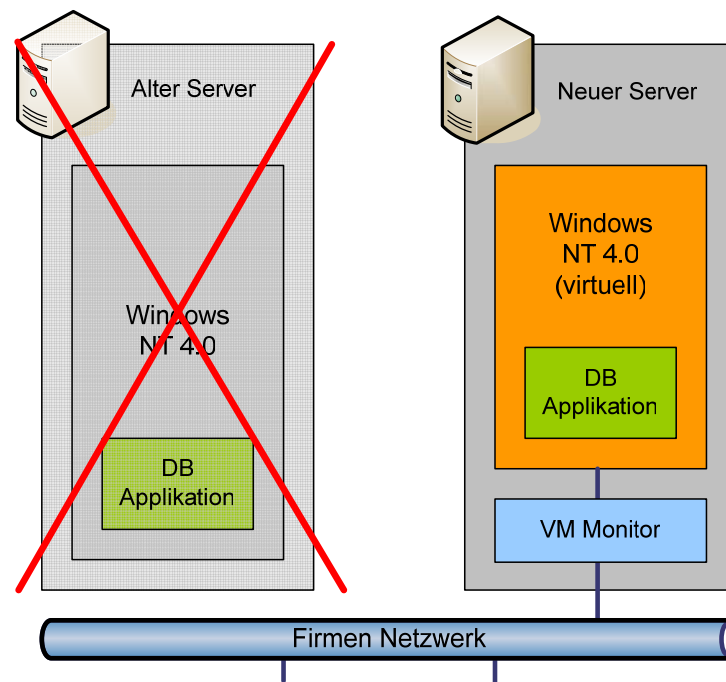


Abb. 24: Betrieb von Legacy Software Beispiel (3/3)

In einem weiteren Schritt wäre denkbar, dass auf dem neuen Server eine zusätzliche Virtuelle Maschine installiert wird, um die verfügbaren Ressourcen besser auszunutzen.

5.4.3.5 Beurteilung

Möchte man Legacy Applikation weiterhin nutzen, kann Virtualisierungstechnologie entscheidende Vorteile bringen. Bei all den Vorteilen dieser Technologie sollte man trotzdem stets bedenken, dass auch von der Virtualisierungslösung ein gewisses Risiko ausgeht. Ist diese nämlich nicht genügend stabil im Betrieb, nützt der Einsatz von Virtualisierungstechnologie relativ wenig.

Da sich die einzelnen Virtualisierungslösungen im Funktionsumfang unterscheiden, eignen sie sich auch unterschiedlich gut für diesen Einsatzzweck.

Kriterien

Host-Betriebssysteme	Wird eine Legacy Applikation in einer Virtuellen Maschine weiter betrieben, benötigen alle vier Produkte ein Host-Betriebssystem als Grundlage für die Virtualisierung. Für dieses Host-Betriebssystem muss man selbstverständlich eine Lizenz besitzen, die wiederum Geld kostet. Möchte man diese Lizenzkosten möglichst gering halten, kann man ein OpenSource Betriebssystem verwenden oder eine ältere und deshalb günstigere Windows Variante wählen.
Gast-Betriebssysteme	Da viele Legacy Applikationen ältere Betriebssysteme voraussetzen, muss die Virtualisierungslösung diese auch unterstützen. Je flexibler das Produkt, desto unterschiedlichere Konfigurationen lassen sich verwirklichen.
Anschaffungskosten	Für den Betrieb von ein paar Legacy Applikationen in Virtuellen Maschinen benötigt man meist nur ein oder zwei Rechner, da die Legacy Applikationen nur wenig Systemlast erzeugen. Die Kosten können deshalb auch optimiert werden, indem man eine Lösung einkauft, deren Lizenzkosten möglichst gering ausfallen.
Remote Access	Eine ältere, betagte Legacy Applikation benötigt oft ein wenig mehr Zuwendung seitens der Systemadministratoren als ein gewöhnlicher Applikationsserver. Die Virtuellen Maschinen sollten sich deshalb bequem und zentral administrieren lassen. Aus diesem Grund bieten einige Produkte die Möglichkeit eines Remote Access auf die Virtuellen Maschinen.

Tabelle 17: Betrieb von Legacy Software - Kriterien

Resultate

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Host-Betriebssysteme	+/-	+	-	+
Gast-Betriebssysteme	+/-	+	+/-	+
Anschaffungskosten	+	+	+/-	-
Remote Access	-	-	+/-	+

Tabelle 18: Betrieb von Legacy Software - Beurteilung

5.4.4 Entwicklungsumgebung**5.4.4.1 Hintergrund**

Der zunehmende Druck, die Entwicklungs- und Bereitstellungszeit von Applikationen verkürzen zu müssen, spüren die meisten Entwicklerteams. Aufgrund modernen Multi-Tier-Architekturen und unterschiedlichen Betriebssystemen, Browsern und Firewalls werden die Entwicklungs- und Produktionsumgebungen immer komplexer.

5.4.4.2 Bedürfnis

Folgende Bedürfnisse existieren seitens der Software Entwickler:

- Einfache und schnelle Bereitstellung von Entwicklungs- und Produktionsumgebungen
- Automation von Testsequenzen
- Abbilden einer vollständigen Produktionsumgebungen für Testzwecke auf einer physischen Plattform
- Einfacher Austausch und gemeinsame Nutzung von kompletten Entwicklungs- und Produktionsumgebungen unter den Teammitgliedern oder zwischen den Teams

5.4.4.3 Realität

Mit Virtuellen Maschinen kann man folgendes realisieren:

- Simulation der kompletten Entwicklungsumgebung auf einer Hardwareplattform
- Simulation von Netzanwendungen auf einer physischen Plattform
- Austausch der kompletten Entwicklungs- und Produktionsumgebungen durch Kopieren und Verschieben der VM Images.
- Einfaches Wiederherstellen einer ganzen Testumgebung (Rollback-Funktionen)
- Automation von Testsequenzen mit Hilfe der Scripting Funktionen

5.4.4.4 Beispiel: Entwicklung einer Netzwerkanwendungen

Ausgangslage

Ein Team hat die Aufgabe eine Netzwerkanwendung zu entwickeln, welche später in der eigenen Firma zur Anwendung kommen soll. Die Applikation soll in einzelnen Modulen entwickelt werden, für jedes Modul ist ein Team zuständig. Für das Austesten der einzelnen Module sind die Teams selbst zuständig. Der Gesamttest wird von einem Testteam übernommen.

Problemstellung

Das Entwickeln und Testen der Netzwerk-Funktionalität soll auf jedem Entwickler-PC möglich sein, unabhängig vom Arbeitsort und Netzwerk. Für die Implementierung, das Debuggen und Testen der Applikation ist eine einheitliche Testumgebung für die verschiedenen Entwicklungs-Teams notwendig. Diese Testumgebungen sollen auch parallel von mehreren Teams eingesetzt werden können. Weiter sollte die Testumgebung auch sehr flexibel und einfach zu ändern sein (z.B. anderes Betriebssystem). Für eine allfällige Fehler-Reproduzierung wäre das Einfrieren einer ganzen Testumgebung sinnvoll. Weiter soll die Applikation auf allen gängigen Windows-Versionen getestet werden.

Lösung

Mit Virtuellen Maschinen und virtuellen Netzwerken können komplette Testumgebungen mit verschiedenen Betriebssystemen aufgebaut werden. Diese sind dann auf einem handelsüblichen PC lauffähig. Die virtuellen Testumgebungen (VM Images) können dann ganz einfach gespeichert, stillgelegt, wiederhergestellt und zwischen physischen Servern übertragen werden.

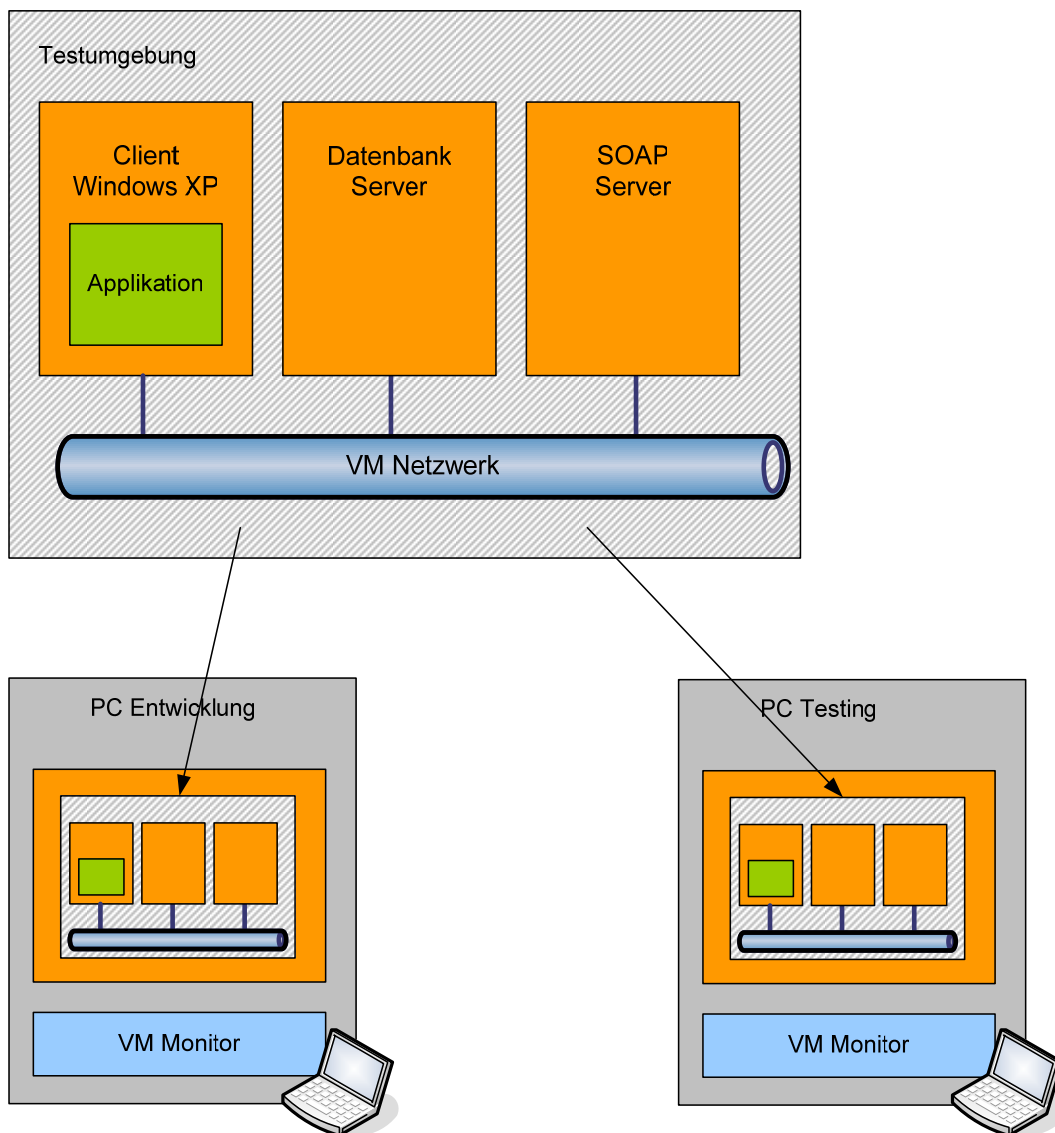


Abb. 25: Aufbau Testumgebung im Einsatzgebiet Entwicklung

Die Grafik zeigt eine Möglichkeit wie Virtuelle Maschinen im Bereich Entwicklung verwendet werden könnten.

Als erstes werden die einzelnen Virtuellen Maschinen aufgesetzt. Folgende virtuelle Komponenten sind denkbar:

- System, auf welcher später die neue Applikation läuft (Client)
- Server, auf welche die zu entwickelnde Applikation zugreift
- Switches, NAT, Firewall

Die einzelnen Virtuellen Maschinen und das virtuelle Netzwerk, bestehend aus den genannten Einzelkomponenten, bilden zusammen die Testumgebung.

Da diese Virtuellen Maschinen in Image Dateien abgelegt werden, können sie zum Beispiel auf einem FTP- oder Fileserver anderen Teammitgliedern zu Verfügung gestellt werden. Dank der dynamischen Zuweisung der virtuellen Festplattengröße belegen die VM Images nur soviel Speicher wie sie im Moment auch brauchen. Im Austauschen von solchen Testumgebung (z.B. auf FTP-Server) ist diese Funktionalität sehr nützlich, da die ganze Testumgebung wenig Speicher belegt.

Nachdem die Teammitglieder die nötigen Dateien der Testumgebung heruntergeladen und lokal gespeichert haben, können sie diese mit Hilfe des Virtuellen Monitors öffnen und starten. Der Virtuelle Monitor muss natürlich bereits installiert sein.

Die Entwicklungsumgebung läuft meistens auf dem Host selbst. Damit die erzeugten Daten von der Entwicklungsumgebung in der Testumgebung (Gast) betrieben und getestet werden können, ist es sinnvoll die Daten entweder über Shared Folders (*vgl. Kapitel 5.2.3.3*) oder über normale Netzwerkfreigaben dem Gast zu Verfügung zu stellen.

5.4.4.5 Beurteilung

Kriterien

Bedienung	Unter diesem Kriterium wird bewertet, ob der Zugriff auf die wichtigsten Funktionen (Starten, Stoppen, Momentaufnahmen betätigen, etc.) einfach und schnell möglich ist. Dies ist gerade im Bereich Entwicklung wichtig, da hier öfters den Status der verschiedenen Virtuellen Maschinen verändert werden muss.
Gast-Betriebssysteme	Für den Aufbau einer virtuellen Testumgebung ist es wichtig, dass möglichst viele Betriebssysteme als Gast unterstützt werden. So ist es möglich eine virtuelle Testumgebung aufzubauen, die der IT Umgebung, in welcher die Applikation später läuft, sehr nahe kommt.
Scripting	Bei einigen Abläufen im Bereich Entwicklung wäre es nützlich, wenn man diese Automatisieren könnte. So ist es zum Beispiel möglich, bestimmte virtuelle Server der Testumgebung mittels Scripting automatisch zu starten und in bestimmten Zeitintervallen Momentaufnahmen auszulösen. Diese Momentaufnahmen könnten dann später für eine eventuelle Fehleranalyse verwendet werden.
Anschaffungskosten	Da vielfach mehrere Entwickler an einem Projekt beteiligt sind, welche die virtuelle Testumgebung auf ihrem PC betreiben wollen, sind auch mehrere Lizenzen notwendig. Der Preis ist somit ein wichtiges Kriterium für die Anschaffung.

Tabelle 19: Entwicklungsumgebung - Kriterien

Resultate

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Bedienung	+	+	-	+/-
Gast-Betriebssysteme	-	+	+/-	+
Scripting	-	+/-	+	+
Anschaffungskosten	+	+	+/-	-

Tabelle 20: Entwicklungsumgebung - Beurteilung

5.4.5 Redundante Systeme**5.4.5.1 Hintergrund**

Nach redundanten Systemen wird dort verlangt, wo unternehmenskritische Dienste betrieben werden sollen. Um zum Beispiel die Verfügbarkeit eines Domain Controllers zu sichern, wird meist ein Backup Domain Controller betrieben, der im Notfall die Aufgaben eines Domain Controllers übernehmen kann.

5.4.5.2 Bedürfnis

Möchte ein System Administrator gewisse Dienste redundant aufbauen, hat er gewisse Anforderungen an die Systeme:

- Hohe Stabilität und Performance der Systeme
- Kostengünstige und zuverlässige Lösung (Anschaffung und Unterhalt)
- Gute Administrierbarkeit der Haupt- und Backupsystems

Die Benutzer welche diese Dienste beanspruchen, möchten in erster Linie, dass ihnen diese Services rund um die Uhr zur Verfügung stehen. Fällt also ein Hauptsystem aus, sollte die Umschaltung auf das Reservesystem möglichst wenig Zeit in Anspruch nehmen.

5.4.5.3 Realität

Mit Hilfe von Virtualisierungstechnologie können Redundante Systeme einfach aufgebaut werden:

- Werden die Server in einer Virtuellen Maschine betrieben, muss nicht zwingend ein zweiter Rechner angeschafft werden.
- Geringere Unterhaltskosten, da nicht mehr so viele physische Maschinen benötigt werden.

5.4.5.4 Beispiel

Ausgangslage

Ein Unternehmen betreibt auf drei unabhängigen Systemen einen Webserver für das Intranet, einen Print Server und einen FTP Server für das zentrale Bereitstellen von Virusdefinitionsdateien. Die Hardwareplattformen auf denen die Systeme betrieben werden, sehen folgendermassen aus:

Prozessor:	Intel Pentium IV 2.6 GHz
Hauptspeicher:	1024 MB
Festplatte:	2 x 32 GB S-ATA Harddisks (gespiegelt)

Tabelle 21: Redundante Systeme - Hardware

Problemstellung

Die IT Abteilung des Unternehmens möchte die Verfügbarkeit der Systeme erhöhen, indem es Hardwareredundanzen schafft. Obwohl bereits jedes System durch die Spiegelung von Festplatten vor Datenverlusten geschützt ist, möchte man die Ausfallsicherheit der drei Dienste weiter verbessern.

Die finanziellen Aufwendungen für die Schaffung dieser Hardwareredundanz sollen möglichst gering gehalten werden.

Lösung

Mittels Virtualisierungstechnologie kann das Unternehmen, ohne die Anschaffung neuer Server, eine gewisse Redundanz unter den Systemen erreichen. Dafür sind einige Schritte notwendig.

Schritt 1

Zuerst müssen alle drei Serverbetriebssysteme inklusive aller Daten und Dienste in eine Virtuelle Maschine migriert werden. (vgl. Kapitel 5.4.2.4)

Diese Virtuellen Maschinen können nun problemlos zwischen den drei Servern ausgetauscht und kopiert werden. Zudem sollte jeder Rechner mit 1024 MB zusätzlichem Arbeitsspeicher ausgestattet werden.

Schritt 2

In einem zweiten Schritt werden jeweils ein Primärer sowie ein Backup Server auf einer Hardwareplattform installiert und in Betrieb genommen. Danach müssen die Dienste noch dahingehend angepasst werden, damit sich die Primär und Backup Server untereinander abgleichen. Zudem sollte der DNS Server so konfiguriert werden, dass er im Falle eines Server Ausfalls den entsprechenden DNS Eintrag automatisch anpasst und die Anfragen so an die Backup Server umgeleitet werden.

Die folgende Grafik zeigt die drei Rechner nachdem die jeweiligen Backup Server installiert wurden:

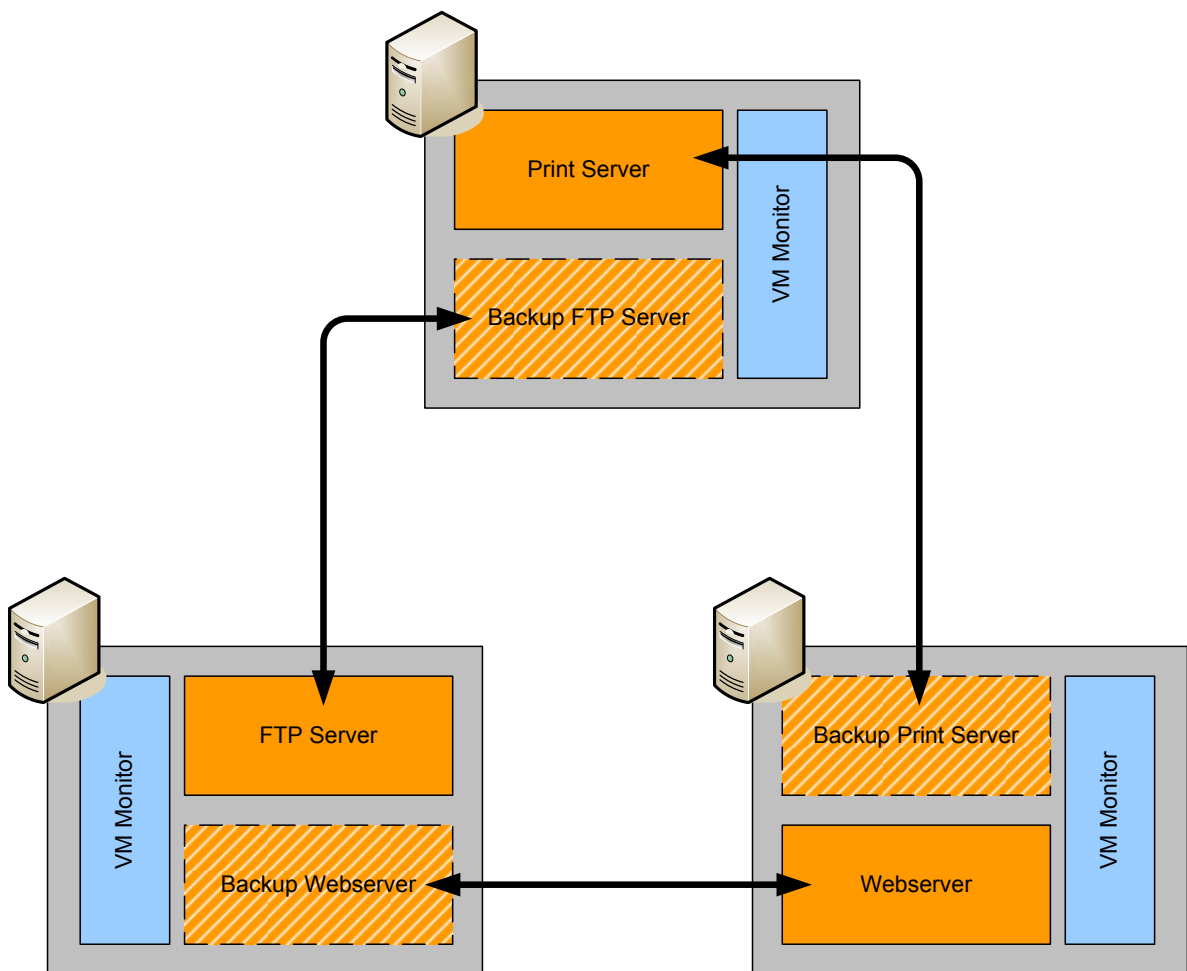


Abb. 26: Beispiel: Redundante Systeme

5.4.5.5 Beurteilung

Beim Einsatz von Virtualisierungstechnologie zur Schaffung von Redundanten Systemen ergeben sich diverse Vorteile. Eine solche Strategie hat jedoch auch einige Schwachstellen:

- Die Stabilität der einzelnen Server Systeme hängt sehr stark von derjenigen der eingesetzten Virtualisierungslösung ab. Für geschäftskritische Systeme wie den Domain Controller, den E-Mail- oder den DNS Server sollte die Redundanz ohne den Gebrauch von Virtualisierungstechnologie erreicht werden.
- Die Systemadministratoren müssen sich mit der verwendeten Virtualisierungslösung gut auskennen. Dies bedarf einer Schulung, die wiederum Geld kostet.
- Da auf jedem Rechner eine Virtualisierungslösung installiert sein muss, sind auch dementsprechend viele Lizenzen für diese Software notwendig. Je nach gewähltem Produkt kann dies einen horrenden Betrag ausmachen.

Entscheidet man sich trotzdem, Redundante Systeme mit einer Virtualisierungslösung zu erreichen, sollte man die Vor- und Nachteile der einzelnen Softwarepakete genau kennen.

Kriterien

Gast-Betriebssysteme	Möchte man mehrere Dienste mithilfe von Virtualisierungstechnologie redundant ausrichten, müssen oft unterschiedliche Betriebssysteme in den Virtuellen Maschinen betrieben werden. Es ist deshalb von Vorteil, wenn die eingesetzte Softwarelösung eine grosse Anzahl Betriebssysteme unterstützt.
Anschaffungskosten	Sollen viele Dienste redundant betrieben werden, benötigt man eine entsprechend hohe Anzahl an Lizenzen für die Virtualisierungslösungen. Nebst den zusätzlich benötigten Lizenzen für die Gast-Betriebssysteme schlagen auch die Lizenzkosten für die Virtualisierungssoftware erheblich zu Buche.
Management	Hat man eine beträchtliche Anzahl virtueller Server in Betrieb, möchte man diese auch mit einem möglichst geringen Aufwand administrieren. Für diesen Zweck bieten Microsoft und VMware Programme an, welche die Administration von vielen virtuellen Maschinen vereinfachen sollen.
Betriebssystem Migration	Bevor man Dienste redundant in Virtueller Maschine betreiben kann, müssen diese zuerst von einer physischen Installation in eine Virtuelle Maschine übernommen werden. Dies kann entweder über eine komplette Neuinstallation in einer Virtuellen Maschine bedeuten. Oder man bedient sich eines Zusatztools, welches die physische Installation in eine virtuelle konvertiert. Diese Programme beschleunigen den Vorgang enorm und sind deshalb wichtig für den Aufbau redundanter Systeme.

Tabelle 22: Redundante Systeme - Kriterien

Resultate

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Gast-Betriebssysteme	+/-	+	+/-	+
Anschaffungskosten	+	+	+/-	-
Management	-	-	+/-	+
Betriebssystem Migration	-	-	+/-	+/-

Tabelle 23: Redundante Systeme - Beurteilung

5.4.6 Betriebliche Sicherheit

5.4.6.1 Hintergrund

Nach betrieblicher Sicherheit wird dort verlangt, wo auf die Verfügbarkeit von Systemen hohen Wert gelegt wird. Fällt ein Rechner infolge eines Hardwaredefektes aus, hat man womöglich nicht die Zeit das letzte Backup zu organisieren und es danach auf einem anderen System aufzuspielen. Schön wäre es, wenn ein Notfallsystem innerhalb von wenigen Minuten wieder verfügbar ist.

5.4.6.2 Bedürfnis

Die Systemadministratoren stellen folgende Ansprüche an ein solches Backup System.

- Einfache Bedienung
- Möglichkeit zur Automatisierung der Abläufe
- Möglichkeit zur Remote-Administration
- Möglichst kurzer Unterbruch beim Systemausfall

Das Management möchte eine kostengünstige Lösung.

5.4.6.3 Realität

Entschliesst man sich Virtualisierungstechnologie einzusetzen, um die betriebliche Sicherheit zu verbessern, ergeben sich einige Vorteile.

- Image Dateien von Virtuellen Maschinen sind portabel und lassen sich auf jeder Hardware betreiben, die die Virtualisierungssoftware unterstützt.
- Virtuelle Maschinen sind sehr schnell einsatzfähig. Es müssen lediglich die entsprechende Virtualisierungssoftware installiert und das VM Image von einem Datenträger kopiert werden. Danach kann die Virtuelle Maschine gestartet werden.

5.4.6.4 Beispiel

Ausgangslage

Ein Unternehmen mit Sitz in Zürich betreibt einen Server, der für den Betrieb von grosser Bedeutung ist. Ein längerer Ausfall dieses Rechners hätte weit reichende Folgen für das Unternehmen. Aus diesem Grund wird jede Nacht ein Backup auf Tape erstellt, dass ausserhalb der Geschäftsräume aufbewahrt wird.

Nebst dem Hauptsitz in Zürich betreibt das Unternehmen in Zug eine Zweigniederlassung. Diese beiden Standorte sind über eine 4 MBit Standleitung miteinander verbunden.

Problemstellung

Fällt der Server zum Beispiel infolge einer Umweltkatastrophe (Dammbruch am Sihlsee) aus, muss zuerst das aktuelle Backup beschafft werden und auf einen Rechner installiert werden. Bis ein Ersatzsystem verfügbar ist, vergehen so wertvolle Stunden.

Lösung

Mit dem Einsatz von Virtualisierungstechnologie kann die betriebliche Sicherheit entscheidend verbessert werden.

Die Idee besteht darin, den Server nicht als normales Backup sondern als VM Image in einer Virtuellen Maschine zu sichern.

Um das VM Image zu erstellen kann wie im *Kapitel 5.4.2.4* beschrieben vorgegangen werden. Es ist aber auch möglich den Server selbst bereits als Virtuelle Maschine zu betreiben. Die Konvertierung von einer Physischen in eine Virtuelle Maschine würde dann entfallen.

Das VM Image kann dann wahlweise auf Tape gesichert werden oder es wird über die bestehende Standleitung an den Standort Zug übertragen. Im Ernstfall müsste lediglich ein Rechner mit einer installierten Virtualisierungslösung bereitstehen, auf dem das VM Image installiert und gestartet werden kann.

Dieses Verfahren verkürzt die Ausfallzeit um einige Stunden und erhöht dadurch die betriebliche Sicherheit.

5.4.6.5 Beurteilung

Grundsätzlich lassen sich alle vier Produkte für die Verbesserung der betrieblichen Sicherheit verwenden. Da die Produkte aber unterschiedliche Funktionen bieten, eignen sie sich auch unterschiedlich gut.

Kriterien

Anschaffungskosten	Da eine Virtualisierungslösung, welche zur Verbesserung der betrieblichen Sicherheit angeschafft wurde, (hoffentlich) nur selten zum Einsatz kommt, sind die Anschaffungskosten ein entscheidender Faktor.
Bedienung	Da, wie schon erwähnt, eine Virtualisierungslösung gegebenenfalls nur sehr selten zum Einsatz kommt, sollte sie sich intuitiv bedienen lassen. Dadurch verkürzt sich die Einarbeitungszeit und somit der finanzielle Aufwand zum Betrieb solcher Systeme.
Remote Access	Da zur Verbesserung der betrieblichen Sicherheit die Rechner an unterschiedlichen Lokalisationen betrieben werden, ist es wichtig, dass man sich auf den Virtuellen Maschinen per Remote Access einloggen kann. Dies senkt vor allem den Aufwand bei Problemen mit einem System, da der Administrator dann einfach ortunabhängig auf das System zugreifen kann.
Scripting	Um gewisse Abläufe automatisieren zu können, ist es wichtig die Virtualisierungslösung mit Hilfe von selbst geschriebenen Scripten steuern zu können. So könnte wie im Beispielfall das VM Image automatisiert an den Standort Zug übertragen werden. Oder etwa man lässt den Backupserver in Zug automatisch starten, sobald der Hauptserver ausgefallen ist.

Tabelle 24: Betriebliche Sicherheit - Kriterien

Resultate

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Anschaffungskosten	+	+	+/-	-
Bedienung	+	+	+/-	+
Remote Access	-	-	+/-	+
Scripting	-	+/-	+	+/-

Tabelle 25: Betriebliche Sicherheit - Beurteilung

5.4.7 Konzeptionelle Sicherheit**5.4.7.1 Hintergrund**

Viele Firmen sichern heute die Zugriffe auf Ressourcen bereits im Netzwerk. Vielmals werden dafür VLAN's verwendet. Dafür braucht es natürlich eine möglichst feine Aufteilung der Dienste auf IP-Adressen.

Zusätzlich wird immer mehr verlangt, dass die einzelnen Dienste möglichst voneinander isoliert betrieben werden sollen, damit eventuelle Softwarefehler sich nicht auf andere Dienste auswirken.

5.4.7.2 Bedürfnis

Folgende Anforderungen stellt ein Administrator an dieses Einsatzgebiet:

- Möglichst für jeden Dienst eigene IP-Adresse(n)
- Einfache und flexible Konfiguration
- Isolation zwischen gewissen Diensten

5.4.7.3 Realität

Mit Hilfe von Virtualisierungstechnologie kann theoretisch jeder Dienst in einer separaten Virtuellen Maschine installiert werden. Diese kann zusätzlich eine oder mehrere virtuelle Netzwerkkarten haben. So können die Berechtigungen auf die einzelnen Dienste über die IP-Adressen kontrolliert werden.

5.4.7.4 Beispiel**Ausgangslage**

In einem KMU-Betrieb sind mehrere Server-Dienste (Web-, FTP-, Print- und Datenbankserver) auf einem physischen Server untergebracht. Diese Serverdienste sind teilweise vom Firmennetz her zugänglich. Der Webserver ist auch vom Internet aus erreichbar.

Neben diesen Diensten gibt es ein geschütztes Online-Portal für den Informationsaustausch zwischen den Kadermitgliedern. Das Portal besitzt momentan noch ein eigenes virtuelles Verzeichnis im öffentlichen Webserver und der Zugriff wird nur über eine Webserver-Authentifizierung geregelt.

Problemstellung

Damit diese sensiblen Daten der Kadermitglieder in Zukunft noch besser geschützt sind, möchte man dieses Portal auf einen separaten Webserver (inkl. Datenbank) mit eigener IP-Adresse transferieren. In einem zweiten Schritt soll das Netzwerk so konfiguriert werden, dass diese Server-Dienste nur noch für die Kadermitglieder zugänglich sind. Eine Lösung mit möglichst geringem Hardware-Aufwand wird angestrebt.

Lösung

Der Einsatz von Virtuellen Maschinen wäre hier eine Lösungsvariante. Mit Hilfe der Virtualisierungstechnologie ist es möglich, verschiedene Dienste in Virtuellen Maschinen laufen zu lassen, einzeln oder mit anderen zusammen. Da bei den meisten Virtualisierungslösungen eine hohe Isolation der einzelnen Gäste erreicht wird, können die einzelnen Virtuellen Maschinen und somit auch die Dienste, ohne Problem sauber voneinander getrennt betrieben werden. Weil jedes Gastsystem mehrere virtuelle Netzwerkkarten besitzen kann, besteht zusätzlich die Möglichkeit, jeder Virtuellen Maschine eine eigene IP-Adresse zuzuweisen. Dies erlaubt eine Regelung des Zugriffs auf die Virtuellen Server bereits im Netzwerk, zum Beispiel auf Basis von VLAN's oder von Subnets.

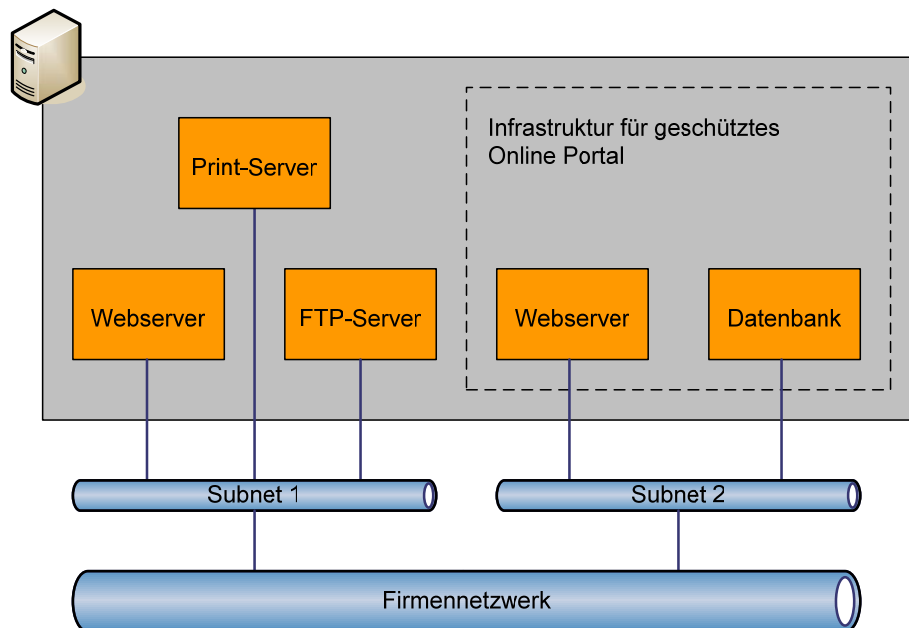


Abb. 27: Beispiel: Konzeptionelle Sicherheit

5.4.7.5 Beurteilung

Alle vier getesteten Virtualisierungslösungen bieten genügend Isolation zwischen dem Host/Gast und unter den Gästen. Man sollte aber beachten, dass diese Isolation trotzdem niemals physisch ist. Bei besonders kritischen Daten sollte darum auf den Einsatz von Virtuellen Maschinen verzichtet und eigene physische Hardware für jeden Server verwendet werden.

Kriterien

Gast-Betriebssysteme	Damit möglichst viele Serverdienste (z.B. Mail-, Web-, Printserver) virtualisiert werden können ist eine breite Unterstützung von Gast-Betriebssystemen nützlich. Dies ermöglicht dem Administrator bereits vorhandene Serverdienste, welche auf einem bestimmten Betriebssystem laufen, ohne einen Wechsel des Betriebssystems in Virtuelle Maschinen zu transferieren.
Management	Für das Management einer virtuellen Serverfarm, wie sie in diesem Einsatzgebiet vorkommen kann, ist eine zentrale Administration der Virtuellen Maschinen sehr hilfreich. Darum wird hier bewertet ob mit dieser Software-Lösung die Möglichkeit besteht diese (zentral) zu steuern.
Netzwerk-Komponenten	Für dieses Einsatzgebiet ist es nützlich, wenn die Virtualisierungslösung eigene virtuelle und beliebig zusammenstellbare Netzwerkkomponenten und –dienste (Bridge, NAT, DHCP, etc.) zur Verfügung stellen.

Tabelle 26: Konzeptionelle Sicherheit - Kriterien

Resultate

	Microsoft Virtual PC	VMware Workstation	Microsoft Virtual Server	VMware GSX Server
Gast-Betriebssysteme	+/-	+	+/-	+
Management	-	-	+	+
Netzwerk-Komponenten	-	+	+/-	+

Tabelle 27: Konzeptionelle Sicherheit - Beurteilung

6 Ausblick

6.1 Trend

Der Begriff Virtualisierung ist seit einiger Zeit in aller Munde. Anzeichen für den Trend zur Virtualisierung gab und gibt es vor allem seitens der Marktforschungsinstitute.

So verfasste Galen Schreck von Forrester Research bereits im Juni 2003 einen Bericht mit dem Titel „Virtual Server Technology's Time Has Come“ und kam dabei zum Schluss:

„As virtual machines (VMs) gain popularity for server consolidation, firms should look at more than the technology inside products like EMC's VMware and Microsoft's Virtual Server. Over the next several years, management tools will become increasingly integrated with virtual machines — making them a critical part of firms' system management plans.“

[6.1-1]

Im März 2004 schrieb er unter dem Titel „Virtual Machines: Integration Matters“ einen weiteren Artikel zum Thema Virtualisierung:

„Despite broad efforts at server consolidation, most server farms still suffer from subpar utilization. Now, greatly improved virtual server technology can reduce costs by allowing multiple operating system images to be consolidated on the same server.“

[6.1-2]

Auch die Marktforscher von Gartner prophezeiten der Virtualisierungstechnologie eine rosige Zukunft.

So erwähnte zum Beispiel Thomas J. Bittman im November 2003 im Artikel „Predicts 2004: Server Virtualization Evolves Rapidly“:

„Use of virtualization technologies in servers will dramatically improve server utilization rates, increase server flexibility and reduce the overall spending required for servers.“

[6.1-3]

Ein halbes Jahr später, im Juni 2004, schrieben Brian Gammage und Michael A. Silver in ihrem Bericht „Virtualization Will Be the Next Disruptive PC Technology“:

„The decoupling of PC hardware and software will enable standard, locked-down PC environments within the next five years. Expect significant impact for users, modes of deployment and the PC industry.“

[6.1-4]

Und im April 2004 kamen Michael A. Silver, Brian Gammage und Martin Reynolds im Artikel „PC Virtualization Technology Comes of Age on the Client“ zu folgendem Schluss:

„PC virtualization technology has been around for years, but with hardware becoming more capable and Microsoft making favorable changes to Windows licensing, we believe that the technology is poised for growth on the client.“

[6.1-5]

Auch andere Forschungsinstitute wie die inzwischen von Gartner übernommene Meta Group äusserten sich in vielen Berichten zur Virtualisierungstechnologie.

6.2 Zeitpunkt

Der Trend zur Virtualisierung ist offensichtlich. Man könnte sich aber fragen, weshalb dieser Trend so lange auf sich warten liess, obschon ein Bedarf für Virtualisierungslösungen bereits länger existiert. Die Antworten auf diese Frage sind vielfältig:

Virtualisierung war lange Zeit den Grossrechnern vorbehalten, da diese eine Virtualisierung hardwareseitig unterstützten. Zudem glaubte man lange Zeit nicht daran, dass eine x86-Architektur zur Virtualisierung genutzt werden kann, weil diese Prozessoren und Bussysteme überhaupt nicht auf diesen Verwendungszweck hin entwickelt worden sind. Im Jahr 1999 gelang es aber der Firma VMware wiedererwarten eine Virtualisierungslösung für die x86-Systeme zu entwickeln.

Nachdem nun eine lauffähige Lösung für die x86-Plattform existierte, gab es eigentlich nur noch einen Hinderungsgrund, um auf diese Technik zu setzen: Die Hardware, im speziellen Arbeitsspeicher, waren verhältnismässig teuer. Speicherbausteine mit grossen Datenmengen waren schlecht verfügbar und zudem unerschwinglich teuer. Dies änderte sich aber als unter den RAM Herstellern aufgrund von Überkapazitäten in der Produktion ein erbitterter Preiskampf ausbrach, der die Preise ins rutschen brachte. Jedermann konnte es sich fortan leisten einen normalen Arbeitsplatzrechner mit 512 MB oder gar einem Gigabyte Arbeitsspeicher auszustatten. Viel RAM wiederum ist eine optimale Voraussetzung für den Betrieb einer Virtualisierungslösung.

6.3 Software

Die Hersteller von Virtualisierungslösungen und Betriebssystemen reagieren auf diesen Trend folgendermassen:

6.3.1 Microsoft

Microsoft zeigte mit der Firmenübernahme von Connectix, dass sie nicht bereit sind, den wachsenden Markt der x86-Virtualisierung VMware alleine zu überlassen.

Dem Produkt Virtual PC hat Microsoft in der letzten Zeit wenig Beachtung geschenkt. Hier wurden keine Ankündigungen für Updates gemacht.

Anders sieht es beim Virtual Server aus. Hier soll noch in diesem Sommer 2005 das erste Service Pack erscheinen. Dieses bringt nebst PXE eine Unterstützung für verschiedene Unix Derivate als Gast-Betriebssysteme. Zudem soll die bereits eingeführte 64 Bit Erweiterung für x86 Prozessoren demnächst offiziell unterstützt werden.

6.3.2 Novell

Auf der CeBIT 2005 in Hannover liess Novell verlauten, dass die kommende Suse Linux Distribution in der Version 9.3 mit der Open Source Virtualisierungslösung XEN ausgeliefert wird.

[6.3-1]

6.3.3 Red Hat

Auch Novell's grösster Konkurrent im Linux Umfeld sieht eine Implementierung von XEN in die kommenden Linux Distributionen vor. So kündigte Red Hat's Community Linux Projekt Fedora für die vierte Auflage ihrer Distribution ebenfalls Unterstützung für die Virtualisierungslösung XEN an.

Da viele Entwicklungen aus dem Fedora Projekt später in die kommerziellen Linux Versionen von Red Hat einfließen, kann davon ausgegangen werden, dass XEN bald auch in diesen Produkten zu finden ist.

[6.3-2]

6.3.4 VMware

Als Vorreiter in der Virtualisierung von x86-Plattformen kündigte VMware in den letzten Monaten neue Programmversionen von der kleinen Workstation bis hin zur ausgewachsenen ESX Server Version der Virtualisierungssoftware an. Zudem wurde die Produktpalette um Managementtools erweitert.

Im Sommer 2005 soll eine neue Version des GSX Servers erscheinen und in punkto Funktionsumfang zum erst kürzlich erschienenen VMware Workstation 5.0 aufschliessen. Beide von VMware getesteten Produkt sind auch mit x86-Architekturen kompatibel, die eine 64 Bit Erweiterung besitzen. Es werden sowohl 64 Bit Host- als auch 64 Bit Gast-Betriebssysteme unterstützt – wenn auch erst experimentell.

6.3.5 XEN

XEN wird laufend weiterentwickelt. In naher Zukunft soll eine Unterstützung für Intel's Vanderpool Technologie und AMD's Pacifica implementiert werden. (vgl. Kapitel 6.4.2, 6.4.3) Zudem wurde im Februar 2005 angekündigt, dass XEN für die AMD64 Plattform portiert werden soll.

[6.3-3]

6.4 Hardware

Auch Hardwareproduzenten erkennen den Trend hin zur Virtualisierung. Mit der Einführung von Technologien, die die Virtualisierung aktiv unterstützten versuchen vor allem Prozessorhersteller Marktvorteile zu erhalten.

6.4.1 IBM

IBM kündigte für zwei Hardwareplattformen eine Unterstützung für Virtualisierung an. Zum einen sollen die kommenden Modelle der PowerPC 970 Prozessorfamilie mit einer Virtualisierungseinheit versehen werden.

Aber auch der gemeinsam mit Toshiba und Sony entwickelte Cell Prozessor soll die Virtualisierung aktiv unterstützen können.

[6.4-1]

6.4.2 Intel

Im September 2004 kündigte Intel unter dem Namen Vanderpool eine Technologie an, die in kommenden Prozessoren implementiert und die Virtualisierung aktiv unterstützen soll. Dies zeigt, dass auch Intel den wachsenden Markt für Virtualisierung erkannt hat.

[6.4-2]

Die Technologie soll Ende 2005 in ersten Prozessoren verwendet werden. VMware ist bereits eine Partnerschaft mit Intel eingegangen und möchte die Produktpalette hinsichtlich der neuen Technik optimieren.

6.4.3 AMD

Zwei Monate nach Intel, im November 2004, stellte AMD das eigene Pendant zu Intel's Vanderpool Technologie vor. Unter dem Namen Pacifica werden kommende Prozessorgenerationen mit einer Virtualisierungstechnik erweitert.

7 Zusammenfassung

Die Virtualisierungstechnologie, welche früher ausschliesslich in grossen Serversystemen Verwendung fand, hat sich in den letzten Jahren zu einer Softwarelösung für den Workstation- und Server-Bereich im KMU-Umfeld entwickelt. Mit der Virtualisierung in diesem Bereich der Computer-Systeme sind völlig neue Einsatzgebiete möglich.

Die im Moment am gebräuchlichsten Virtualisierungslösungen sind die vier Produkte Microsoft Virtual PC & Virtual Server und VMware Workstation & GSX Server. Erstaunlicherweise sind sie im Funktionsumfang sehr unterschiedlich. Ein Grund dafür ist sicherlich, dass die Hersteller unterschiedlich viel Erfahrung im Bereich der Virtualisierung besitzen. Auch richten die Hersteller ihre Produkte auf verschiedene Einsatzgebieten aus.

Die klassische Server Konsolidierung ist nur ein Einsatzgebiet unter vielen, welches mit den heutigen Virtualisierungslösungen möglich ist. Allerdings soll auch an dieser Stelle nochmals erwähnt werden, dass nicht alle IT-Szenarien sich gleich gut in Virtuellen Maschinen abbilden lassen. Gut geeignet sind Einsätze in temporären Systemen, z.B. für das Durchführen einer Migration oder den Aufbau einer Testumgebung. Für den Dauereinsatz sollte beachtet werden, dass die ganze Sicherheit und Stabilität der virtuellen Gastsysteme nur so hoch ist, wie die Virtualisierungslösung auf der sie laufen. Auch der Hardware muss mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden, da bei einem eventuellen Hardwareausfall immer mehrere Gastsysteme davon betroffen sind.

Das Thema Virtualisierung hat gemäss den Marktforschungsinstituten eine rosige Zukunft vor sich. Einige namhafte Hersteller haben diesen Trend erkannt und bieten bereits Lösungen an oder werden sie in den nächsten Jahren noch präsentieren.

8 Glossar

AS/400

iSeries (früherer Name AS/400, neuer Name seit 2005 i5) ist eine Computer-Reihe der Firma IBM. Sie gehört zu den Minirechnern, wird hauptsächlich kommerziell verwendet und bietet eine breite Schicht an Anwendungsprogrammen.

AMD64

AMDs AMD64-Prozessor-Architektur (erstmalig eingeführt in AMDs K8 CPUs (Opteron/Athlon 64)) ist AMDs Einstieg in den 64-Bit Mikroprozessor-Markt, früher bekannt als x86-64. Anders als die von Intel von Grund auf neuentwickelte 64-Bit-Architektur IA-64, die mit der heute in PCs meistverwendeten x86-Architektur nur wenig gemeinsam hat, wählte AMD einen weit weniger radikalen Ansatz: Der Chip ist ein vollwertiger 32-Bit-Prozessor, dessen Register im 64-bit-Modus verbreitert werden. Er ist dadurch uneingeschränkt zu heutiger 32-bit- und sogar alter 16-bit-Software abwärtskompatibel.

API

API ist die Abkürzung für Application Programming Interface (englisch für Schnittstelle zur Anwendungsprogrammierung). Ein API ist die Schnittstelle, die ein Betriebssystem oder auch ein anderes Softwaresystem anderen Programmen zur Verfügung stellt.

Cluster

Ein Computercluster, meist einfach Cluster, von engl. cluster = Traube, Bündel, Schwarm, genannt, bezeichnet eine Anzahl von vernetzten Computern, die zur parallelen Abarbeitung von zu einer Aufgabe gehörigen Teilaufgaben zur Verfügung stehen.

EM64T

Prozessor der Firma INTEL, ermöglicht Nutzern Single-Prozessor-Workstations der unteren Leistungsklasse die 64-Bit-Speicher-Adressierbarkeit für mehr Anwendungsflexibilität.

GRID

Grid-Computing bezeichnet alle Methoden, die Rechenleistung vieler Computer innerhalb eines Netzwerks so zusammenzufassen, dass über den reinen Datenaustausch hinaus die (parallele) Lösung von rechenintensiven Problemen ermöglicht wird (verteiltes Rechnen). Jeder Computer in dem "Gitter" ist eine, den anderen Computern gleichgestellte Einheit. Damit kann, zu deutlich geringeren Kosten, sowohl die Kapazität als auch die Rechenleistung heutiger Supercomputer übertroffen werden.

IA-64

IA-64 (Intel Architecture-64) ist eine neue 64-Bit-Architektur und Befehlssatz von Intel für deren nächste Prozessorgeneration wie z.B. Itanium. Sie ist nur noch eingeschränkt abwärtskompatibel zum IA-32-Befehlssatz von x86-Prozessoren.

Just-In-Time Compilation

JIT- Compilierung ist eine Technik aus der Praktischen Informatik um die Performance von Anwendungssoftware, welche im Bytecode vorliegt, zu verbessern. Der JIT- Compiler übersetzt während der Laufzeit bei Bedarf den Bytecode in einen nativen Maschinen Code. Meist werden weitere Optimierungstechniken wie etwa Caching, Hotspot-Optimierung oder Dynamische Optimierung, angewendet.

Legacy- Applikationen

Legacy kommt vom englischen Begriff für Erbe (eher negativ geprägt) und bezeichnet bereits vorhandene, etablierte Anwendungen.

OS/400

Das OS/400 (OS = Operating System) ist ein von IBM entwickeltes und 1988 eingeführtes Betriebssystem für die Minirechnerklasse der IBM iSeries bzw. AS/400. Mit Erscheinen der Version 5 Release 3 (V5R3M0) wurde OS/400 in i5/OS umbenannt.

Paging

Als Paging (abgeleitet von engl. page, dt. Speicherseite) bezeichnet man eine Methode der Hauptspeicherverwaltung durch Betriebssysteme. Dabei wird häufig aus Effizienzgründen die sogenannte Memory Management Unit des Prozessors eingesetzt, sofern der Prozessor eine solche bereitstellt.

Parallel-Sysplex-Konzept

Das Sysplex (System processing complex) ist ein um 1990 von IBM eingeführtes loses Clustering von S/390-Rechnern. 1994 folgte die Erweiterung zum Parallel Sysplex. Gleichzeitig führte IBM auch die CMOS-Technologie für die S/390-Serie ein. z/OS-Rechner, die in einem Parallel Sysplex Verbund zusammengeschlossen sind, wirken nach außen wie ein einziger Rechner. Die Hardware-Komponente coupling facility koordiniert die im Verbund beteiligten Rechner.

Port-Forwarding

Portforwarding erlaubt es, Verbindungen über frei wählbare Ports zu Computern innerhalb eines Netzes weiterzuleiten bzw. (im Unterschied zu reinem NAT) diese auch zu initiieren. Die eingehenden Datenpakete werden hierbei per Destination NAT und die ausgehenden Pakete per Source NAT maskiert, um sie an den anderen Rechner weiterzuleiten bzw. den Anschein zu erwecken, die ausgehenden Pakete kämen von dem Computer, der das Portforwarding betreibt.

PowerPC

Die PowerPC-Plattform (PPC) ist eine 1991 durch ein Konsortium aus Apple, IBM und Motorola (auch AIM genannt) spezifizierte Computerarchitektur. Der Name PowerPC ist eine Abkürzung, wobei Power für Performance optimized with enhanced RISC (Leistungsoptimiert mit erweitertem RISC) und PC für Performance Chip (Leistungs-Chip) steht.

PXE

Die PXE (Preboot Execution Environment) ist nach der aktuellen Version 2.1 der Spezifikation (<ftp://download.intel.com/labs/manage/wfm/download/pxespec.pdf>) von Intel & Systemsoft (<http://www.systemsoft.com>) eine von Client-seitig verfügbarem Massenspeicher und insbesondere Betriebssystemen unabhängige Umgebung, die einen netzwerkbasierten Bootvorgang (Netzboot) erlaubt. Die Umgebung nutzt IP, UDP, DHCP, TFTP, GUID/UUID, UNDI (Universal Network Device Interface) und eine Client-seitige Firmware-Erweiterung mit definierten APIs. PXE wurde als Teil der Wired-for-Management-Umgebung eingeführt.

RISC

Sie steht für "Reduced Instruction Set Computing", was soviel heißt wie "Computer mit reduziertem Befehlssatz". Dies bedeutet, dass jeder einzelne Befehl nur (relativ) einfache Operationen ausführt. Durch diese Reduzierung ist die Ausführung der Einzelbefehle einfacher möglich, was letztlich zu schnelleren Prozessoren führt, da hiermit Techniken wie das Pipelining möglich werden.

SPARC

Die SPARC-Architektur (Scalable Processor ARChitecture) ist eine Mikroprozessor-Architektur, die von der Firma Sun Microsystems ab 1985 entwickelt und ab 1987 vermarktet wurde. SPARC-Prozessoren sind hauptsächlich in den Produkten von Sun zu finden. Daneben gibt es noch anderer Hersteller, wie zum Beispiel Fujitsu Siemens Computers.

x86

x86 bezeichnet den Befehlssatz einer von der Firma Intel entwickelten Mikroprozessor-Architektur. Die x86-Architektur ist nach den Prozessoren der 8086/8088 Reihe benannt, mit der sie 1978 eingeführt wurde. Die ersten Nachfolgeprozessoren wurden später mit 80186, 80286 etc. benannt. Da sich Ziffernkombinationen nicht markenrechtlich schützen lassen, gingen Intel und die meisten Mitbewerber nach Einführung des Intel 80486 dazu über, Wortmarken wie Pentium zu verwenden, aber das alte Nummernschema blieb als Name der ganzen Familie erhalten. Intel selbst nennt die Architektur heute IA-32 als Abkürzung für Intel Architecture, 32-bit.

9 Quellenverzeichnis

Generell

AMD	http://www.amd.com
Bochs	http://bochs.sourceforge.net
Forrester Research	http://www.forrester.com
Gartner Group	http://www.gartner.com
IBM	http://www.ibm.com
Intel	http://www.intel.com
Microsoft	http://www.microsoft.com
Novell	http://www.novell.com
Red Hat	http://www.redhat.com
Sysinternals	http://www.sysinternals.com
UML (User Mode Linux)	http://user-mode-linux.sourceforge.net
VMaschinen	http://www.vmaschinen.de
VMware	http://www.vmware.com
Wikipedia	http://www.wikipedia.org
XEN Source	http://www.xensource.com

Kapitelspezifisch

- [3.1-1] Wikipedia.org: Virtual machine
http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_machines
- [3.2-1] Bruno Ohl: Der VMware-Ansatz: Virtualisierung von Rechnern (Seite 5)
http://www.spies.in.tum.de/lehre/seminare/WS0203/hauptsem/Vortrag9_VM_Au_sarbeitung_Verbessert.pdf
- [3.3-1] Bruno Ohl: Der VMware-Ansatz: Virtualisierung von Rechnern (Seite 5, 6)
http://www.spies.in.tum.de/lehre/seminare/WS0203/hauptsem/Vortrag9_VM_Au_sarbeitung_Verbessert.pdf

- [3.4-1] Computerwoche.de: Virtual Server fordert VMware heraus
<http://www.computerwoche.de/index.cfm?pageid=255&artid=66628&type=detail&category=258>
ZDNet.de: Microsoft baut Standort Redmond aus
<http://www.zdnet.de/news/business/0,39023142,39129282,00.htm>
- [3.4-2] Computerwoche.de: IBM verspricht Mainframe-Features für alle Plattformen
<http://www.computerwoche.de/index.cfm?pageid=254&artid=60458>
- [3.4-3] Golem.de: bochs - IA-32-Emulator in neuer Version
<http://www.golem.de/0112/17393.html>
- [4.1-1] Industrieanzeiger.de: Virtuelle Maschinen machen flexibel
<http://www.industrieanzeiger.de/O/108/Y/81595/VI/30373432/default.aspx>
- [5.2-1] Heise Online News: WinHEC 2005: Schneller durch 64 Bit, Longhorn weiterhin im Anflug
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/58985>
- [5.2-2] PC Magazin 5/2005, David Göhler
"Neuer Prozessor von IBM, Sony und Toshiba: 10 Mal schneller als Pentium 4"
- [5.2-3] What Works and What Doesn't in VPC 2004
<http://vpc.visualwin.com/>
- [6.1-1] Galan Schreck, Forrester Research: Virtual Server Technology's Time Has Come
<http://www.forrester.com/ER/Research/Brief/Excerpt/0,1317,16942,00.html>
- [6.1-2] Galan Schreck, Forrester Research: Virtual Machines: Integration Matters
<http://www.forrester.com/Research/Document/Excerpt/0,7211,34165,00.html>
- [6.1-3] J. Bittman, Gartner: Predicts 2004: Server Virtualization Evolves Rapidly
http://www.gartner.com/DisplayDocument?ref=g_search&id=415396
- [6.1-4] Brian Gammage & Michael A. Silver, Gartner: Virtualization Will Be the Next Disruptive PC Technology
http://www.gartner.com/DisplayDocument?ref=g_search&id=452909
- [6.1-5] Brian Gammage & Michael A. Silver, Gartner: PC Virtualization Technology Comes of Age on the Client
http://www.gartner.com/DisplayDocument?ref=g_search&id=431316
- [6.3-1] Heise Online News: Suse Linux 9.3 mit Virtualisierung
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/57326>
- [6.3-2] Heise Online News: Erste Betaversion von Fedora Core 4
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/57549>

- [6.4-1] Heise Online News: IBMs PowerPC 970 soll Virtualisierungsfunktionen erhalten
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/54535>
Heise Online News: Cell: Zehnmal schneller als aktuelle PC-Prozessoren
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/56137>
- [6.4-2] Heise Online News: IDF: Mit "Plattformierung" zurück zu alter Stärke
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/50739>
- [6.3-3] Heise Online News: Weiter unklarer Starttermin der Desktop-Doppelkern-Prozessoren von AMD
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/53263>
Heise Online News: AMD will Virtualisierungslösung XEN auf AMD64 portieren
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/56424>

10 Anhang

- A. Produktevergleich: Funktionsmatrix
- B. Produktevergleich: Nutzwertanalyse
- C. Kosten: Berechnungsbeispiel
- D. Einfacher Gast-Betrieb: Versuchsaufbau
- E. Einfacher Gast-Betrieb: Benchmark Resultat
- F. Einsatzgebiete: Konvertierung P2V

A. Produktvergleich: Funktionsmatrix

B. Produktvergleich: Nutzwertanalyse

C. Kosten: Berechnungsbeispiel

D. Einfacher Gast-Betrieb: Versuchsaufbau

E. Einfacher Gast-Betrieb: Benchmarkresultate

F. Einsatzgebiete: Betriebssystem Migration