

Frank Balmes

Virtualisierungstechniken

Grundlagen und Anwendung im Serverbetrieb

Balmes, Frank: Virtualisierungstechniken: Grundlagen und Anwendung im Serverbetrieb. Hamburg, Diplomica Verlag GmbH 2014

Buch-ISBN: 978-3-95850-762-3

PDF-eBook-ISBN: 978-3-95850-262-8

Druck/Herstellung: Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2014

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden und die Diplomica Verlag GmbH, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Alle Rechte vorbehalten

© Diplomica Verlag GmbH

Hermannstal 119k, 22119 Hamburg

<http://www.diplomica-verlag.de>, Hamburg 2014

Printed in Germany

Vorwort

Im Jahr 2001 wurde ich zum ersten Mal auf eine Virtualisierungssoftware namens VMware Workstation, damals noch in der Version 2, aufmerksam.

Es war für mich das geeignete Werkzeug, umfangreiche Testinstallationen zur Vorbereitung einer größeren Netzwerkumstellung durchzuführen. Verschiedene Windows-Arbeitsgruppen und mehrere Windows-NT-Domänen sollten in einer neuen Active-Directory-Domänenstruktur konsolidiert werden. Dies alles musste ressourcenneutral ohne Anschaffung neuer Hardwaresysteme geschehen; denn die Bestandssysteme waren für den Verwendungszweck ausreichend performant und aktuell.

Die Verwendung einer Virtualisierungssoftware war also Mittel zum Zweck. Ich konnte die einzelnen Arbeitsschritte gefahrlos testen, und der Neuaufbau des Active Directory konnte in großen Teilen parallel zum Produktionsbetrieb der Bestandssysteme erfolgen.

Seit diesem Zeitpunkt ist die Verwendung paralleler, virtualisierter Betriebssystemumgebungen aus meinem administrativen Alltag nicht mehr wegzudenken.

Mit der Weiterentwicklung von VMware Workstation wurde das Produkt immer stabiler und performanter, so dass ich Notfallsysteme in Form virtueller Maschinen für einige wichtige Serversysteme implementierte. Für den Routinebetrieb waren solche virtuellen Systeme noch nicht geeignet, aber immerhin konnte damit schon eine Grundverfügbarkeit sichergestellt werden.

Nachdem ich im Jahr 2004 meine Tätigkeit im Rechenzentrum des Universitätsklinikums Bonn aufgenommen hatte, wurde ich mit dem Projekt der Einführung einer Virtualisierungs-Infrastruktur auf der Basis von VMware ESX Server für den Produktionsbetrieb betraut. Seitdem betreue und koordiniere ich den Betrieb und den weiteren Aufbau dieser Virtualisierungslösung, die inzwischen als Primärplattform für produktive Serverinstallationen im Rechenzentrum etabliert ist.

In diesem Buch beschäftige ich mich mit den theoretischen Grundlagen von Virtualisierung sowie den Besonderheiten von Virtualisierung auf der Basis von x86-Hardware.

Im Laufe meiner Beschäftigung mit dieser Thematik hat sich gezeigt, dass das Verständnis der Grundlagen von Virtualisierung hilfreich, wenn nicht gar unerlässlich in der Arbeit mit virtualisierten und zu virtualisierenden Systemen ist.

Zudem möchte ich in diesem Buch aufarbeiten, wie Virtualisierung auf der Basis von VMware im praktischen und produktiven Einsatz genutzt werden kann und wo die Grenzen von Virtualisierungslösungen liegen.

Neuwied, im Februar 2008

Kurzfassung

Das vorliegende Buch befasst sich mit der Verwendung von Virtualisierungstechniken im Rahmen von Serverkonsolidierungen. Dabei werden die am Rechenzentrum des Universitätsklinikums Bonn im Produktionsbetrieb verwendeten Verfahren beschrieben und bewertet.

Bei der Verwendung von Hardware auf der Basis von x86-Architekturen ergeben sich für den Einsatz von Virtualisierungslösungen besondere Anforderungen an die Entwicklung von Virtualisierungssoftware. Zudem beschränkt sich die Verwendung von Virtualisierungslösungen im Produktionsumfeld nicht auf den Betrieb von Systemumgebungen, sondern erfordert auch weitere Funktionalitäten zur Unterstützung von Hochverfügbarkeit, Datensicherheit und Datenschutz.

Auf der Grundlage einer theoretischen Einführung in die Grundlagen von Virtualisierung und der speziellen Problematik von Virtualisierung auf x86-Hardware wird ein Überblick über die Virtualisierungslösungen von VMware, Xen und Microsoft gegeben.

Anhand der Systembeschreibung einer Virtualisierungs-Infrastruktur auf der Basis des produktiven Einsatzes von VMware im Rechenzentrum des Universitätsklinikums Bonn wird das Verfahren aus Sicht der IT-Sicherheit bewertet. Die vorgestellten Verfahren und Lösungen stehen jeweils im Vergleich zu einer fiktiven Lösung mit einem konventionellen Ansatz unter Verwendung physischer, nicht virtualisierter Hardware.

Dabei erweist sich eine virtualisierte Serverinfrastruktur auf der Grundlage von VMware als uneingeschränkt produktionstauglich, sowohl unter den Aspekten der Systemperformance als auch vor dem Hintergrund von Anforderungen der IT-Sicherheit und im Hinblick auf die Frage nach der Wirtschaftlichkeit.

Abstract

This book expands on the use of virtualization technology in within consolidation of servers. A description and an evaluation is worked out for the processes in productive operations in Bonn University Hospitals Data Center.

There are certain requirements for the development of virtualization solutions when using hardware based on the x86 architecture. In addition to the practical use of virtualization for operating systems environments there is a need to provide further functionality to support high availability, safety and security.

Based on an abstract view of virtualization and a special view of virtualization on x86 hardware a review is given for the software solutions from VMware, Xen and Microsoft.

An evaluation is provided from the point view of IT-Security for the virtualization environment in the University of Bonn Hospitals Data Center. The discussed processes and solutions are compared to a fictitious scenario based on the use of physical, non-virtualized hardware.

As a result the VMware virtualized infrastructure of servers proves to be unrestricted suitable for productive operations, as well as for requirements of IT-Security and for economic needs.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | Inhalt und Zweck der Arbeit | 9 |
| 2 | Grundlagen der Virtualisierung..... | 10 |
| 2.1 | Konzept der Virtualisierung | 10 |
| 2.1.1 | Entstehung des Virtualisierungs-Ansatzes | 10 |
| 2.1.2 | Ziele der Virtualisierung | 13 |
| 2.1.3 | Prinzip ohne Virtualisierung..... | 14 |
| 2.1.4 | Prinzip mit Virtualisierung | 15 |
| 2.2 | Prinzipien der Virtualisierung..... | 17 |
| 2.2.1 | Grundlegende Prinzipien | 17 |
| 2.2.2 | Prozessor-Berechtigungsmodell | 18 |
| 2.2.3 | Speicherverwaltung | 20 |
| 2.2.4 | Betriebssystemarchitektur | 23 |
| 2.2.5 | Prozesssteuerung und Multitasking | 25 |
| 2.2.6 | Exkurs: Emulation | 27 |
| 2.3 | Virtualisierungstechniken | 28 |
| 2.3.1 | Grundlegende Virtualisierungstechniken | 28 |
| 2.3.2 | Spezielle Virtualisierungstechniken | 31 |
| 2.4 | Varianten der Virtualisierung | 33 |
| 2.4.1 | Transparente Virtualisierung | 33 |
| 2.4.2 | Paravirtualisierung..... | 33 |
| 2.5 | Hardwareunterstützte Virtualisierung..... | 35 |
| 2.5.1 | Prozessorsteuerung | 35 |
| 2.5.2 | Hauptspeicherzugriffe | 37 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 3 | Virtualisierungslösungen | 39 |
| 3.1 | Virtualisierungs-Produkte | 39 |
| 3.1.1 | Hypervisor-Klassen | 39 |
| 3.2 | VMware | 41 |
| 3.2.1 | VMware Server/Workstation/Player | 41 |
| 3.2.2 | VMware ESX Server und Virtual Infrastructure | 42 |
| 3.3 | Xen | 44 |
| 3.3.1 | OpenSource Xen und XenSource | 45 |
| 3.4 | Microsoft | 46 |
| 3.4.1 | Microsoft Virtual PC und Virtual Server | 46 |
| | | |
| 4 | Performance | 47 |
| 4.1 | Theoretische Performance | 47 |
| 4.1.1 | Trap-and-Emulate | 47 |
| 4.1.2 | Binary Translation | 48 |
| 4.1.3 | Paravirtualisierung | 48 |
| 4.2 | Praktische Performance | 48 |
| 4.2.1 | Xen | 49 |
| 4.2.2 | VMware | 49 |
| 4.2.3 | Benchmarks | 50 |
| 4.2.4 | Paravirtualisierung | 55 |
| 4.3 | Weitere Bewertungskriterien | 55 |
| | | |
| 5 | Virtualisierung im Einsatz | 56 |
| 5.1 | Allgemeines | 56 |
| 5.2 | Entwicklung | 58 |
| 5.3 | Definitionen | 59 |
| 5.3.1 | Verfügbarkeit | 59 |
| 5.3.2 | Datenschutz | 61 |
| 5.3.3 | Datensicherheit | 61 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 5.4 | Verfügbarkeit | 62 |
| 5.4.1 | Hardware | 62 |
| 5.4.2 | SAN-Anbindung | 63 |
| 5.4.3 | LAN-Anbindung | 65 |
| 5.4.4 | Geplanter Ausfall | 68 |
| 5.4.5 | Ungeplanter Ausfall..... | 70 |
| 5.4.6 | Storage-Subsysteme..... | 72 |
| 5.5 | Datenschutz | 72 |
| 5.6 | Datensicherheit | 73 |
| 5.7 | Kosten | 75 |
| 6 | Spezielle Fragestellungen | 79 |
| 6.1 | Virtualisierung im Vergleich | 79 |
| 6.1.1 | Hardware | 79 |
| 6.1.2 | Lizenzierung | 81 |
| 6.1.3 | LAN-Anbindung | 82 |
| 6.1.4 | SAN-Anbindung | 82 |
| 6.1.5 | Standardisierung | 83 |
| 6.1.6 | Vertraulichkeit..... | 84 |
| 6.1.7 | Integrität..... | 85 |
| 6.1.8 | Verfügbarkeit | 87 |
| 6.1.9 | Schutzbedarf..... | 88 |
| 6.2 | Virtuelles Switching | 93 |
| 6.3 | Unterschiedlicher Schutzbedarf | 99 |
| 7 | Zusammenfassung und Ausblick | 104 |
| 8 | Referenzen | 106 |
| 8.1 | Literaturverzeichnis | 106 |
| 8.2 | Weblinks | 107 |

| | | |
|------------|-----------------------|------------|
| 9 | Anhang | 108 |
| 9.1 | Anhang A | 108 |
| 9.2 | Anhang B | 113 |

1 Inhalt und Zweck der Arbeit

Die vorliegende Arbeit soll einen Überblick über die Möglichkeiten der Virtualisierung von Betriebssystemumgebungen auf der Basis von x86-Hardware geben.

Dabei liegt der Schwerpunkt der Betrachtung auf dem Ziel der Virtualisierung von Serversystemen in Produktivumgebungen, besonders im Einsatz von Windows Server.

Im theoretischen Teil dieser Arbeit werden die Probleme und Besonderheiten bei der Virtualisierung von Betriebssystemumgebungen auf der x86-Hardwareplattform ausführlich erläutert; darüber hinaus werden die beiden Virtualisierungslösungen von VMware und Xen verglichen.

Die Konsolidierung vieler physikalischer Systeme auf einer oder mehreren Virtualisierungsplattformen wird dabei vorrangig aus technischer Sicht bewertet. Hierbei werden die Aspekte Verfügbarkeit, Datensicherheit und Datenschutz aus den Themengebieten der IT-Sicherheit behandelt.

Im praktischen Teil dieser Arbeit wird eine Virtualisierungslösung im Produktivbetrieb am Beispiel einer VMware-ESX-Server-Umgebung im Rechenzentrum des Universitätsklinikums Bonn beschrieben.

Dort waren nicht nur Kostengründe für die Entscheidung zum Aufbau einer Virtualisierungsumgebung maßgeblich; vor allem die Möglichkeiten der Erhöhung von Verfügbarkeit spielten dabei eine wesentliche Rolle.

Ergänzend zu den technischen Betrachtungen erfolgt im Rahmen dieser Arbeit eine kurze Bewertung der Virtualisierungslösung VMware ESX Server im Vergleich zu einer konventionellen Lösung unter Verwendung realer Hardware.

In einem Vergleich einer Virtualisierungslösung mit einem konventionellen Lösungsansatz werden auch die Kosten beider Ansätze bewertet. Diese Arbeit erhebt dabei ausdrücklich nicht den Anspruch, die Kostenbetrachtungen mit den Maßstäben einer kaufmännischen Auswertung durchzuführen.

2 Grundlagen der Virtualisierung

2.1 Konzept der Virtualisierung

2.1.1 Entstehung des Virtualisierungs-Ansatzes

Virtualisierung ist modern; Virtualisierung ist aber nicht neu.

In den vergangenen Jahren ist die Grundidee der Virtualisierung wieder in den Blickpunkt des Interesses gerückt. Was auf der Ebene von Großrechnern schon in den 60er Jahren begann und bis heute von Rechenzentren produktiv genutzt wird, hält seit einigen Jahren auch Einzug auf Rechnersysteme unterhalb der Mainframe-Hardware.

Der Virtualisierungs-Ansatz entstand aus praktischen und naheliegenden Erwägungen: Zwar verfügte man in Rechenzentren – gemessen am damaligen Stand der Technik – über leistungsfähige Rechnersysteme, doch konnten die davon bereitgestellten Ressourcen nicht effizient genutzt werden.

Gerade die kostenintensive Prozessorleistung konnte in den verwendeten Großrechnersystemen in den meisten Fällen zeitlich nicht durchgängig genutzt werden.

Die Dateneingabe auf der Basis von Lochkarten war üblich, und während der langen Phasen zwischen Eingabe und Ausgabe der Daten lag die Ressource Prozessorleistung brach. Gleiches galt auch für die Zeiten während der eigentlichen Verarbeitung der Daten. Speicher- und Peripheriezugriffe waren langsam; und während das Großrechnersystem diese Zugriffe steuerte, wurde die Prozessorleistung nicht genutzt. Es war die Zeit des Stapelverarbeitungsbetriebs¹ in Einbenutzer-Betriebssystemen.

Mit der Zeit stieg die Nachfrage nach Rechenkapazitäten, die im Wesentlichen durch Prozessorzeiten bestimmt war. Schnellere Peripheriezugriffe waren zwar ebenfalls relevant, aber im Vergleich zur Prozessorressource sekundär.

Die Anschaffung und der Betrieb weiterer Rechnersysteme war teuer. Hohe Anschaffungskosten, hohe Unterhaltungskosten für den Betrieb und nicht zuletzt auch räumliche Probleme waren zu dieser Zeit Hindernisse bei der Bereitstellung von Rechenkapazitäten.

¹ Batch Processing