



Virtualisierung von Windows-Software auf dem Einplatinencomputer BeagleBone Black

Abschlussarbeit einer Ausbildung zum staatlich geprüften Techniker.

Von Simon Bauer

Projektbetreuer: Herr Theil

Abgabe der Dokumentation: 20.05.2014

Präsentationstermin: 14.06.2014

Inhaltsverzeichnis

Inhalt	Seite
Persönliche Erklärung	4
1. Einleitung	5
1.1 Erklärung der Virtualisierung	5
1.1.1 Desktopvirtualisierung	6
1.1.2 Applikationsvirtualisierung	8
1.1.3 Paravirtualisierung	10
1.2 Einplatinencomputer	11
1.2.1 Geschichte der Einplatinencomputer	11
1.2.2 Marktübersicht / Vergleich	12
1.2.3 Auswahl	14
1.2.4 BeagleBone Black	15
1.2.4.1 Übersicht	15
1.2.4.1 Software	16
1.2.4.2 Hardware	16
1.2.4.4 Zubehör	17
2. Vorstellung des Projekts	19
2.1 Ausgangssituation / Marktlage	19
2.2 Aufbau des Projekts	21
2.2.1 Auswahl Projektfokus	21
2.2.2 Verbesserungen am Client	23
2.2.3 Aufbau	25
2.2.4 Persönliche Motivation	25
2.3 Sonstige Hardware	26
2.3.1 HP Proliant DL320 G5p	26
2.3.2 D-Link DES-1024R+	28
2.3.3 Netgear GS605	29
3. Planungsphase	30
3.1 Ideenfindung	30
3.2 Lastenheft	30
3.2.1 Erklärung eines Lastenhefts	30
3.2.2 Lastenheft in meinem Projekt	31
3.3 Recherche	31
3.4 Pflichtenheft	32
3.4.1 Erklärung eines Pflichtenhefts	32
3.4.2 Pflichtenheft in meinem Projekt	32
3.5 Planungsfaktoren	32
3.5.1 Zeit	33
3.5.1.1 GANTT-Diagramm	33
3.5.1.2 Meilensteine	35
3.5.2 Kosten	36
3.5.3 Qualität	36
3.6 Beschaffung der Hardware	37
3.7 Auswahl der Software	37
4. Durchführung	38

4.1 Einrichten von Client und Server	39
4.2 Probleme während der Durchführung	45
4.2.1 ThinPoint und 2X laufen nicht auf ARM-Prozessoren	45
4.2.2 microSD-Kartenslot des BeagleBone Black ist defekt	45
4.2.3 Speicher des BeagleBone Black nicht ausreichend für Unity	46
4.2.4 LXDE erzeugt Grafikfehler / flackernden Bildschirm	46
5. Performance	47
5.1 Performance des Systems	47
5.2 Steigerung der Performance	48
6. Schlussteil	49
6.1 Soll-Ist-Vergleich	49
6.2 Zukunftsausblick	51
6.2.1 Zusätzliche Erweiterungen	52
6.3 Erfahrungssicherung für Nachfolgeprojekte	53
6.4 Projektdokumentation / Präsentation	54
6.5 Quellen	55
6.5.1 Literatur	55
6.5.2 Websites	55
6.5.3 Fachgespräche	56
6.6 Verwendete Software	57
7. Anhang	58

Persönliche Erklärung:

Hiermit versichere ich, die Projektarbeit sowie die vorliegende Dokumentation selbstständig und in der angegebenen Zeit erarbeitet zu haben.

Dabei habe ich nur die genannten Quellen und Hilfsmittel verwendet.

Weiterhin enthält diese Projektarbeit weder Firmengeheimnisse noch vertrauliche Daten.

Simon Bauer

1. Einleitung

1.1 Erklärung der Virtualisierung

Virtualisierung ist ein Konzept, welches heute vor allem in der Industrie schon allgegenwärtig ist. Mit Virtualisierung lassen sich sowohl die Anschaffungskosten der Arbeitsplatzrechner (Clients) eines Firmennetzwerks senken, als auch die Rechenkapazität vorhandener Serverstrukturen besser ausnutzen. Es gibt mehrere Arten von Virtualisierung, auf die im Folgenden noch genauer eingegangen wird. Allen Arten liegt aber die Gemeinsamkeit zu Grunde, dass eine Software (klassische Programme oder ganze Betriebssysteme) auf einem Serversystem ausgeführt wird und Bild/Tonsignale von diesem auf ein Clientsystem übertragen werden. Das Clientsystem seinerseits gibt die Eingaben des Benutzers (typischerweise Tastatur- und Mauseingaben) an den Server weiter, damit diese dann in der dort ausgeführten Software verarbeitet werden können. Diese Technik bezeichnet man auch als Streaming. Die Kommunikation zwischen den beiden Systemen findet im Regelfall über das Firmennetzwerk statt, an das beide angeschlossen sein müssen. Dadurch besteht auch die Möglichkeit, einen Server mehrere Clients versorgen zu lassen. Die Hardware eines Servers kann also voll ausgelastet werden, während die Clients mit verhältnismäßig schwacher Hardware auskommen. Je nachdem, welche Art von Virtualisierung man betreibt, kann bei den Clients auf kritische Bauteile wie RAM (Arbeitsspeicher), CPU (Prozessor) oder HDD/SSD (Festplatte) sogar ganz verzichtet werden, was den Anschaffungspreis ganz erheblich senkt.

Ein weiterer Vorteil der Virtualisierung liegt in der Nutzung von Software, die auf dem Betriebssystem des Clients normalerweise nicht lauffähig wäre. Hat man z.B. Clients mit Unixoiden¹ Betriebssystemen im Firmennetzwerk, auf denen aber unbedingt ein bestimmtes Programm genutzt werden muss, welches nur auf Microsoft-Umgebungen lauffähig ist, kann man auf Virtualisierung zurückgreifen. In diesem Fall könnte man einen zentralen Server mit Windows-Betriebssystem installieren, auf dem die entsprechende Software läuft. Die Clients können sich nun im Bedarfsfall per Netzwerk mit dem Server verbinden und die Software auf die eigenen Geräte streamen, um mit ihr zu arbeiten. Hier würde man vor allem Anschaffungskosten sparen, da nicht für jeden einzelnen Client eine Windows-Lizenz

¹ Unixoid: Betriebssystem, welches auf dem Unix-Betriebssystem basiert bzw. dessen Konzepte implementieren. Linux Distributionen werden allgemein auch als Unixoiden Betriebssysteme bezeichnet.

erworben werden müsste. Natürlich funktioniert das System auch in die andere Richtung: Auf einem Windows-Client lässt sich so auch Windows-fremde Software ausführen.

Welche Form der Virtualisierung man letztendlich auswählt, hängt stark von Art und Größe eines Unternehmens ab sowie von den Anforderungen, die an die betrieblich eingesetzte Hardware gestellt werden. Derzeit wird noch häufiger die Desktopvirtualisierung eingesetzt, da diese Technik schon seit Jahren etabliert ist. Die Applikationsvirtualisierung ist noch relativ neu, jedoch wächst der Bedarf an der Virtualisierung einzelner Programme stetig, so dass sie als der zukünftige Standard betrachtet werden kann.



Abb.: Google Trends Analyse des Begriffs „Virtualisierung“.

Nachfolgend wird auf die verschiedenen Arten der Virtualisierung eingegangen.

1.1.1 Desktopvirtualisierung

Hier wird ein komplettes Betriebssystem auf einem Server installiert, welches über das Netzwerk abgerufen werden kann. So kann sich der Nutzer an seinem Client mit Benutzername und Passwort anmelden, welche eindeutig mit seiner Betriebssystem-Instanz auf dem Server verknüpft sind. Diese wird nun gestartet und der Nutzer erhält Zugriff auf seine Produktivumgebung, Dateien, Einstellungen, Programme etc. Jedoch ist nichts davon auf dem Client installiert, sondern zentral auf einem Server (natürlich kann es sein, dass das Betriebssystem und die Dateien auf zwei verschiedenen Servern gespeichert sind). Im Idealfall kann der Nutzer jetzt an seinem Client arbeiten, als wären sämtliche Programme, Dateien usw. lokal installiert (d.h. ohne Geschwindigkeitseinbußen).

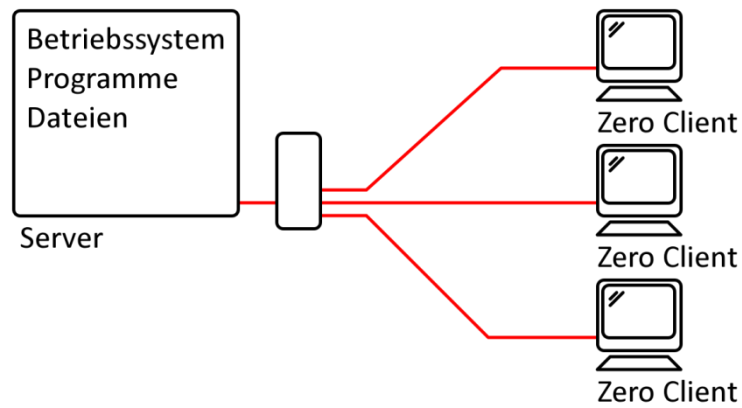


Abb.: Schematische Darstellung von Desktopvirtualisierung.

Bei der Hardware der Clients wird im Regelfall auf sogenannte „Zero Clients“ zurückgegriffen. Diese Rechner verfügen in der Regel über keine eigene CPU, HDD/FDD oder RAM mehr, da sie lediglich Input und Output Signale weiterleiten müssen. Die Schnittstellen begrenzen sich zumeist auf ein bis zwei USB 2.0 Anschlüsse (für Keyboard und Maus), einen DVI oder VGA Anschluss (für den Monitor), einen Netzwerkanschluss sowie die Anschlussmöglichkeit für ein externes Netzteil. Manchen Zero Clients genügt auch die Stromversorgung via PoE (Power over Ethernet²), sodass das Netzteil auch entfällt. Im Bedarfsfall können Zero Clients auch mit weiteren Schnittstellen (z.B. Audioschnittstellen für den Einsatz in Callcentern) ausgestattet sein.

Neben den deutlich geringeren Anschaffungskosten gegenüber eines herkömmlichen Rechners zeichnen sich Zero Clients vor allem durch die geringe Leistungsaufnahme sowie den sehr kleinen Formfaktor aus. Bei bestimmten Bauformen (z.B. die t410-Reihe des Herstellers HP) sind die Zero Clients auch ganz in den Monitor integriert, an den dann lediglich Netzwerk, Eingabegeräte sowie die Stromversorgung angeschlossen werden müssen.

² Power over Ethernet: Industrie-Standard (IEEE-Standard 802.3af-2003), welcher es erlaubt, Hardware über die achtadrige Ethernet-Leitung mit Strom zu versorgen (max. 14,5 – 25,5 Watt).

Zusammengefasst bietet die Desktopvirtualisierung folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile	Nachteile
Niedrige Anschaffungs- und Betriebskosten.	Zero Clients lassen sich in der Regel nicht mit zusätzlicher Hardware erweitern.
Zentralisierung sämtlicher Software & Daten (d.h. auch zentralisierte Systemwartung, Reparatur usw.).	Bei hoher Netzwerkauslastung und/oder langsamer Netzwerkinfrastruktur kann es zu Verzögerungen etc. beim arbeiten kommen.
Sicherheit (kein direkter, physikalischer Zugriff auf Daten).	Ungeeignet, wenn man viele Schnittstellen verwenden muss/möchte.
Einfache Skalierbarkeit (Anzahl der Clients kann schneller erhöht/verringert werden).	

1.1.2 Applikationsvirtualisierung

Im Gegensatz zur Desktopvirtualisierung wird bei der Applikationsvirtualisierung auf den Clients ein eigenständig lauffähiges Betriebssystem installiert. Dadurch benötigt der Client sämtliche Bauteile (CPU, RAM, HDD/SSD), die bei einem Zero Client üblicherweise weggelassen werden und kann somit als vollwertiger Computer betrachtet werden (obgleich die verbaute Hardware zumeist eher leistungsarm ausfällt). Hier wird lediglich bestimmte Software zentral auf einem Server installiert und im Bedarfsfall auf den Client gestreamt. Der Einsatz dieser Technik kann mehrere Gründe haben:

- Die Hardware des Clients ist nicht leistungsstark genug für die gewünschte Software (häufig in den Bereichen Video- oder Bildbearbeitung sowie 3D-Design der Fall).
- Die gewünschte Software ist auf dem Betriebssystem des Clients nicht lauffähig.
- Der Client soll auch ohne Netzwerkanbindung lauffähig sein (z.B. Laptops von Außendienstmitarbeitern).
- Eine 64 Bit- Version eines Programms auf einer 32 Bit-Umgebung ausgeführt werden soll.

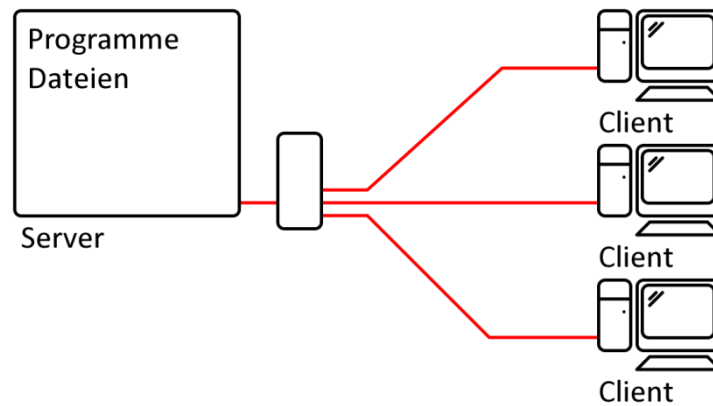


Abb.: Schematische Darstellung von Applikationsvirtualisierung.

Dadurch, dass die Applikationen (Programme) isoliert vom eigentlichen Betriebssystem installiert sind ist es außerdem möglich, mehrere Versionen desselben Programms zu laden und parallel mit ihnen zu arbeiten (was im normalen Betrieb meist zu Konflikten führen würde). Selbstverständlich lässt sich auch die Applikationsvirtualisierung mit der zentralen Speicherung der zum Arbeiten benötigten Daten – wie z.B. bei einem NAS (Network Attached Storage³) realisieren.

Auch hier nachfolgend alle Vor- und Nachteile der Applikationsvirtualisierung auf einen Blick:

Vorteile	Nachteile
Clientsystem ist auch eigenständig (und auch ohne Netzwerkanbindung) arbeitsfähig.	Höhere Anschaffungs- und Betriebskosten als bei der Desktopvirtualisierung.
Einfache, zentrale Wartung der Software.	Weniger/schwieriger skalierbar.
Clients sind mit zusätzlicher Hardware erweiterbar.	Nicht mehr alle Aspekte der Clients sind zentralisiert gespeichert.
Viele verschiedene Schnittstellen möglich.	
Das Firmennetzwerk wird mit weniger Datenverkehr belastet.	
Grenzen der Hardware oder des Betriebssystems werden umgangen.	
Nach Deinstallation von Software keine „Reste“ in der Registry ⁴ der Clients.	

³ Network Attached Storage: Speicherserver, welcher ohne hohen Konfigurationsaufwand Speicherkapazität im Netzwerk bereit stellt.

⁴Registry: Konfigurationsdatenbank von Windows-Betriebssystemen. Hier werden Informationen zu allen installierten Programmen gespeichert.

1.1.3 Paravirtualisierung

Bei der Paravirtualisierung wird ähnlich der Desktopvirtualisierung ein oder mehrere komplettes Betriebssystem(e) auf einem Hostrechner installiert. Der entscheidende Unterschied besteht darin, dass der Kernel⁵ des Gastsystems angepasst wurde, um direkt auf die Hardware des Hostsystems zuzugreifen, anstatt wie bei der Desktopvirtualisierung mit einer emulierten Version der Hardware zu arbeiten.

Dies verringert natürlich deutlich den Virtualisierungsschwund⁶, da zu verarbeitende Informationen nicht erst den „Umweg“ über die emulierte Hardware nehmen müssen. Je nach Art der eingesetzten Virtualisierungssoftware kann die Hardware des Hostsystems auch dynamisch und zum Teil sogar im laufenden Betrieb auf die einzelnen virtuellem Gastsysteme auf- und zugeteilt werden. Da bei dieser Art der Virtualisierung Änderungen am Kernel des Gast-Betriebssystems zwingend erforderlich sind, kann ein bestimmtes Betriebssystem nur in der Paravirtualisierung eingesetzt werden, wenn der Betriebssystemhersteller diese Funktion unterstützt oder das Betriebssystem quelloffen⁷ ist. So wäre es beispielsweise unmöglich, ein Windows- oder Mac OS Betriebssystem zu paravirtualisieren, wenn Microsoft oder Apple die Betriebssysteme nicht mit den entsprechenden Funktionen ausstatten würden (was angesichts der Firmenpolitik beider Unternehmen nicht wahrscheinlich ist). Bei unixoiden Betriebssystemen hingegen stellt die Änderung des Kernels eine wesentlich kleinere Hürde dar, da diese zumeist quelloffen sind. Eine Übersicht der Vor- und Nachteile der Paravirtualisierung:

Vorteile	Nachteile
Weniger Virtualisierungsschwund durch direkten Zugriff auf die Hardware.	Das Gast-Betriebssystem muss zwingend angepasst werden.
Flexiblere Anpassung der genutzten Hardware.	Pro Gastsystem wird mehr Rechenleistung benötigt.

⁵ Kernel: Zentraler Bestandteil eines Betriebssystems. Legt die Prozess- und Datenorganisation fest.

⁶ Virtualisierungsschwund: Systemleistung, welche verloren geht, sobald in der Virtualisierung ein Hostsystem einem Gastsystem Ressourcen zur Verfügung stellt.

⁷ Quelloffen: Software, bei der der Quelltext frei verfügbar ist (Open-Source). Dadurch kann die Software beliebig von Anwendern verändert werden.

1.2 Einplatinencomputer

Da bei diesem Projekt ein Einplatinencomputer als Client eingesetzt wird und dadurch eine nicht unwesentliche Rolle innerhalb des Projekts spielt, wird in den folgenden Abschnitten kurz auf Einplatinencomputer eingegangen.

Unter Einplatinencomputern versteht man zumeist schlicht ein Computersystem, bei dem sämtliche für den Betrieb benötigte Hardware auf einer einzelnen Platine untergebracht ist. Zum einfacheren Verständnis kann man sich ein Mainboard vorstellen, bei dem sämtliche aufgesteckten und/oder angeschlossenen Hardware- oder Peripheriegeräte (Bauteile wie CPU, RAM, Grafikkarte, Soundkarte, aber auch „externe“ Peripherie wie Netzteil und HDD/SSD) fest in den Schaltkreis des Boards integriert sind. Das Resultat ist ein selbständig lauffähiger Computer, welcher eigene Schnittstellen aufweist und auf dem ein Betriebssystem installiert werden kann.

1.2.1 Geschichte der Einplatinencomputer

In der Industrie finden Einplatinencomputer durch die zunehmende Verbreitung von Mikroprozessoren⁸ schon seit den späten 1970er Jahren Verwendung. Hier werden sie z.B. in der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik eingesetzt. Ausgestattet mit einem minimalen Betriebssystem übernehmen sie im Normalfall völlig autark die Prozesse, für die sie programmiert wurden. Allerdings sind die meisten dieser Einplatinencomputer nicht in der Lage, andere Aufgaben zu übernehmen als die, für die sie programmiert wurden. Das Betriebssystem wird ressourcensparend auf die maximal notwendigen Funktionen beschränkt. Rein theoretisch handelt es sich trotzdem um einen Computer – ob diese Art Einplatinencomputer die Vorstellungen eines Computers, wie sie im allgemeinen in unserer Gesellschaft anzufinden sind erfüllt, liegt dagegen im Auge des Betrachters.

Mit der Leistungssteigerung der Hardware (mehr und schnellere Rechenleistung und Speicher), Einführung neuer Techniken (Verbindungstechniken, Schnittstellen) sowie der immer weiter fortschreitenden Verkleinerung der Hardware machten es schließlich möglich, immer leistungsfähigere Bauteile zu verbauen und immer mehr Funktionen zu integrieren. Da die Einplatinencomputer nun einem „richtigen Computer“ schon sehr nahe kamen und

⁸ Mikroprozessor: Prozessor in sehr kleinem Maßstab, bei dem alle Bestandteile auf einem Mikrochip vereinigt sind.

zudem weitere Vorteile wie den vergleichsweise niedrigen Anschaffungspreis und den äußerst kleinen Formfaktor mit sich brachten, fanden sie seit Anfang der 2010er Jahre auch eine zunehmende Verwendung im Heimbereich. Hier übernehmen sie zum einen die klassischen Aufgaben von Thin Clients⁹ oder Barebone-Rechnern¹⁰ (wie z.B. Media Center, Server, Office PC), zum anderen aber auch als Steuereinheit für Projekte wie selbstgebaute Alarmanlagen, Quadrocopter, Wetterstationen usw.

Nachfolgend ist noch anzumerken, dass in diesem Projekt ein Einplatinencomputer der „neuen Generation“ verwendet wurde. Ist in dieser Dokumentation also von Einplatinencomputern die Rede, so bezieht sich dies stets auf eben diese Generation.

1.2.2 Marktübersicht / Vergleich

Da sich Einplatinencomputer in Industrie, Forschung und Privatbereich wachsender Beliebtheit erfreuen, gibt es inzwischen eine Vielzahl verschiedener Systeme unterschiedlicher Hersteller. Diese unterscheiden sich in folgenden Punkten:

- Leistungsstärke der Hardware (hauptsächlich CPU & RAM)
- Schnittstellen (z.B. USB, VGA/DVI/HDMI, Audio, Ethernet, S-ATA)
- Unterstützung verschiedener Betriebssysteme (zumeist unixoide Distributionen, aber auch Android oder Windows Embedded werdenegelegentlich unterstützt).
- Programmierbare I/O¹¹-Pins (zum anschließen und programmieren weiterer Messgeräte, Motoren usw).
- Anzahl/Verfügbarkeit von Erweiterungskarten (diese werden auf die Einplatinencomputer aufgesteckt, um diese mit zusätzlichen Features zu erweitern (z.B. WLAN- oder Bluetooth-Karten).

⁹ Thin Client: Kleiner, minimal ausgestatteter Computer. Meistens mit wenig bis gar keinen Erweiterungsmöglichkeiten. Wird vorwiegend in der Virtualisierung eingesetzt.

¹⁰ Barebone-Rechner: Unvollständig ausgestatteter Rechner, welche vom Käufer ohne viel Aufwand mit der gewünschten Hardware ausgestattet werden kann. Meistens im Mini-ITX oder Nano-ITX Format.

¹¹ I/O: Input / Output. Ein- und Ausgabe von Daten eines Users, Systems usw.

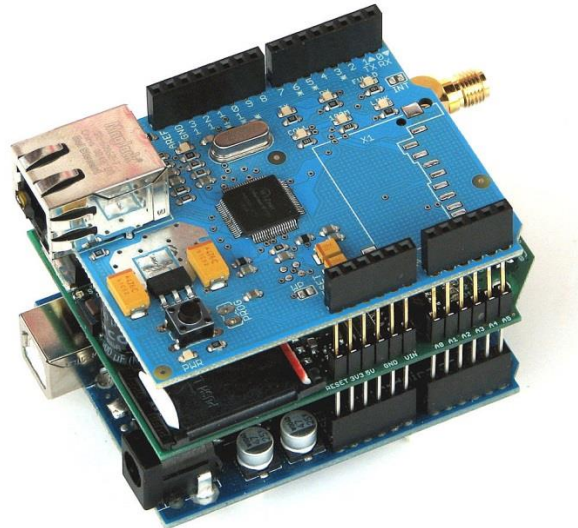


Abb: Ein Arduino Einplatinencomputer (unten) mit aufgesteckter GSM- und Ethernet-Erweiterungskarte (mitte und oben).

Wie bereits erwähnt gibt es eine große Zahl unterschiedlicher Einplatinencomputer, die sich in Preis, Features, Einsatzzweck usw. teilweise stark unterscheiden. Um eine grobe Übersicht zu erhalten erfolgt nun ein tabellarischer Vergleich der bekanntesten aktuellen Boards:

Modell	Preis	CPU	RAM	Speicher	Schnittstellen	Betriebssystem
Raspberry Pi	ca. 40€	700 MHz	512 MB	nurSD Slot	RCA, HDMI, SD, 10/100 Ethernet, 2 x USB	Linux, Android
BeagleBone Black	ca. 45€	1 Ghz	512 MB	2 GB + SD Slot	USB, Micro-USB, Micro-HDMI, microSD, 10/100 Ethernet	Linux, Android, Windows Embedded, QNX
PandaBoard	ca. 155€	2 x 1 bzw. 1,2 GHz	1 GB	nur SD Slot	2 x USB, DVI, HDMI, 3,5mm Klinke (Audio I/O), SD, 10/100 Ethernet, WLAN; Bluetooth	Linux
Cubieboard 3	ca. 90€	2 x 1 GHz	2 GB	nur SD Slot	VGA, HDMI, 10/100/1000 Ethernet, WLAN, Bluetooth, S-ATA, microSD, 2 x USB, 3,5mm Klinke (Audio out)	Linux
Ethernut 5	ca. 200€	200 MHz	128 MB	1 GB + SD Slot	10/100 Ethernet, SD, RS232, 2 x USB, ISC	Nut/OS, Linux



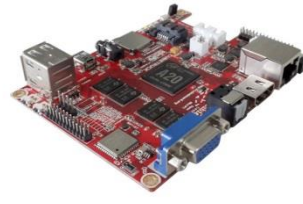
Raspberry Pi



BeagleBone Black



PandaBoard



Cubieboard 3



Ethernut 5

1.2.3 Auswahl

Bei der Auswahl des Einplatinencomputers für dieses Projekt spielte vor allem der Anschaffungspreis sowie die Verfügbarkeit eine Rolle (z.B. das Cubieboard 3 ist in Deutschland nur per Import erhältlich, während Raspberry Pi oder BeagleBone Black auch von deutschen Zwischenhändlern vertrieben werden). Weitere Auswahlkriterien waren Geschwindigkeit der CPU, Größe des Arbeitsspeichers, Größe des Flashspeichers, Schnittstellen, Auswahl an Betriebssystemen sowie Verfügbarkeit passender Dokumentationen. Um die Auswahl der geeigneten Plattform zu erleichtern und sicherzustellen, dass das richtige Produkt ausgewählt würde, fertigte ich zunächst eine Auswahlmatrix an. Dazu wählte ich fünf verschiedene Einplatinencomputer, sowie sechs Kriterien, welche mir am wichtigsten erschienen. Anschließend teilte ich den einzelnen Kriterien verschiedene Gewichtungsfaktoren zu. Danach gab ich den einzelnen Kriterien Punkte, je nachdem wie gut oder schlecht das Kriterium im Vergleich mit den anderen Einplatinencomputern war. Die Daten hierfür konnte ich größtenteils aus der obenstehenden Übersichtstabelle entnehmen. Den Rest (hauptsächlich die Verfügbarkeit und die Onlinedokumentation) konnte ich auf den Homepages der entsprechenden Hersteller recherchieren. Als letzten Schritt musste ich lediglich die Punkte mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor multiplizieren und die nun gewichteten Punkte addieren. Nun erhielt ich für jeden einzelnen Einplatinencomputer eine gewichtete Gesamtpunktzahl. Aus dieser wurde schnell ersichtlich, dass der BeagleBone Black für meine Zwecke am geeignetsten war.

Kriterium	Gew. Faktor	Raspberry Pi		BeagleBone Black		PandaBoard		Cubieboard 3		Ethernut 5	
		Pkt.	gew.	Pkt.	gew.	Pkt.	gew.	Pkt.	gew.	Pkt.	gew.
Preis	2	5	10	5	10	1	2	2	4	0	0
Verfügbarkeit	5	5	25	5	25	3	15	0	0	0	0
CPU/RAM	2	2	4	4	8	5	10	5	10	0	0
Schnittstellen	2	3	6	4	8	5	10	4	8	2	4
Betriebssystem	6	3	18	5	30	1	6	1	6	2	12
Online-Dokumentation	5	5	25	5	25	3	15	2	10	1	5
		88		106		58		38		21	

Mit diesem Ergebnis war ich sehr zufrieden, da das BeagleBone Black schon vor der Anfertigung der Auswahlmatrix mein Favorit war. Vor allem die Unterstützung vieler unterschiedlicher Betriebssysteme sowie der Onboard-Flashspeicher (welcher den SD-Kartenslot als zusätzlichen Speicher oder zum Austausch von Daten frei macht), sprachen mich durchaus an. Jedoch entschloss ich mich im Vorfeld, trotzdem eine Auswahlmatrix zu erstellen, um auch ganz sicher das beste Produkt für mein Projekt auszuwählen.

1.2.4 BeagleBone Black

1.2.4.1 Übersicht

Der BeagleBone Black ist ein etwa EC-Karten großer Einplatinencomputer, dessen hervorstechendste Merkmale (neben dem niedrigen Anschaffungspreis) die schnelle AM335x 1GHz ARM Cortex.A8 CPU, der 2 GB Onboard Flash-Speicher sowie die zahlreichen Schnittstellen sind. Er basiert auf dem Vorgängermodellen „BeagleBoard“ und „BeagleBone“ desselben Herstellers (BeagleBoard.org Foundation), übertrifft dieses jedoch in vielen Punkten. Der BeagleBone Black lässt sich sowohl per Power over USB¹² (der BeagleBone Black verfügt hierfür über einen USB Client Anschluss), als auch mit einem separatem 5V-Netzteil betreiben.

¹² Power over USB: Spannungsversorgung von USB-Geräten über den USB-Bus. Max. 500 mA (USB 2.0) bzw. 900 mA (USB 3.0)

1.2.4.2 Software

Auf dem BeagleBone Black können sowohl verschiedene Linux-Distributionen, als auch Android oder Windows Embedded installiert werden. Erwähnenswert hierbei ist, dass es von allen genannten Betriebssystemen speziell auf den BeagleBone Black angepasste Distributionen gibt.

Die größte Auswahl gibt es bei den Linux Distributionen. Hier lassen sich derzeit Ångström (welches auf dem BeagleBone Black schon vorinstalliert ist), Ubuntu/Mint, QNX, Debian, ArchLinux, Gentoo Sabayon, Erlang, OpenBSD/FreeBSD und Fedora installieren. Von diesen Distributionen stehen auf verschiedenen Community-Homepages jeweils auf das BeagleBone Black angepasste Imagedateien zum Download bereit.

Bei Android ist die momentan aktuellste für das BeagleBone Black bereitstehende Version 4.2.2 „Jelly Bean“. Auch hier stehen vorgefertigte und angepasste Image-Dateien zum Download bereit.

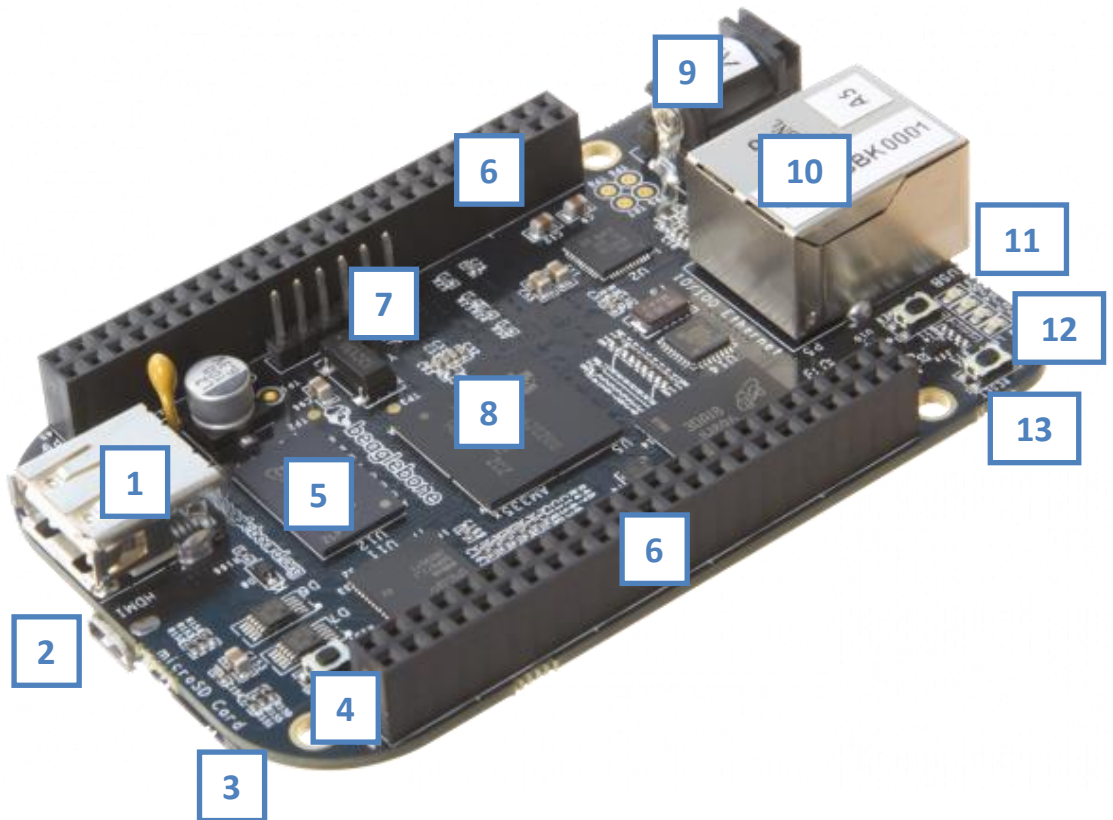
Ferner existiert auch eine Windows Embedded Compact 7 Image-Datei, welche sich auf dem BeagleBone Black installieren lässt. Hier sei allerdings angemerkt, dass nur eine Demo-Version kostenfrei ist. Die Vollversion muss im Bedarfsfall käuflich erworben werden.

Sämtliche Betriebssystem-Distributionen werden über den SD-Kartenslot auf den Flash-Speicher installiert. Dadurch ist der SD-Kartenslot nicht wie bei anderen Einplatinencomputern dauerhaft mit den Dateien des Betriebssystems belegt. Das bedeutet, dass die SD-Karte genutzt werden kann, um den Speicherplatz des BeagleBone Black zu erweitern, oder um Daten zwischen dem BeagleBone Black und anderen Computern auszutauschen (sofern diese sich nicht ohnehin in einem Netzwerk befinden).

1.2.4.3 Hardware

Das Hardware-Design des BeagleBone Black ist frei. Dies bedeutet, dass sämtliche Schaltpläne, CAD-Dateien und andere Fertigungsdaten im Internet verfügbar sind. Dies macht es bei Bedarf möglich, den BeagleBone Black exakt in Eigenregie nachzubauen.

Eine kurze Übersicht über die wichtigsten Bauteile:



Nummer	Bauteil
1	USB 2.0 Host
2	microHDMI Ausgang
3	microSD Kartenslot
4	Boot Button
5	512 MB DDR3 RAM
6	programmierbare I/O Pins
7	Serial Debug
8	AM335x 1GHz ARM Cortex.A8 CPU
9	5V DC Power
10	10/100 Ethernet
11	USB 2.0 Client
12	Status LEDs
13	Reset Button

1.2.4.4 Zubehör

Für den BeagleBone Black ist verschiedenes Zubehör erhältlich, welches größtenteils von Drittanbietern¹³ hergestellt und vertrieben wird. Am wichtigsten sind hier die Erweiterungskarten (sogenannte „Capes“), welche auf die I/O-Pins des BeagleBone Black

¹³ Drittanbieter: Unternehmen, welches Hardware, Zubehör usw. zu einem Produkt eines anderen Unternehmens herstellt, anbietet oder vertreibt.

aufgesteckt werden können, um diesen mit neuen Funktionen oder Schnittstellen zu erweitern. Die Produktpalette reicht hier von VGA/DVI über Bluetooth und WLAN Capes bis hin zu HD Kameras, LCD-Bildschirmen oder GPS-Empfängern. Auch ausgefallener Capes wie Aufnahmen für AA-Batterien oder Adaptercapes für Arduino-Erweiterungskarten sind erhältlich. Die meisten Capes für das direkte Vorgängermodell „BeagleBone“ sind auch mit dem BeagleBone Black kompatibel. Viele Capes nutzen nur einen Teil der I/O Ports des BeagleBone Black und stellen die frei bleibenden Ports selbst zur Verfügung, so dass man im Bedarfsfall mehrere Capes übereinander „stapeln“ kann.



Abb.: Ein BeagleBone Black mit aufgestecktem GPRS/3G Cape.

Weiteres Zubehör wie Gehäuse verschiedenster Art oder Breadboards¹⁴ sind ebenso bei vielen Drittanbietern erhältlich.

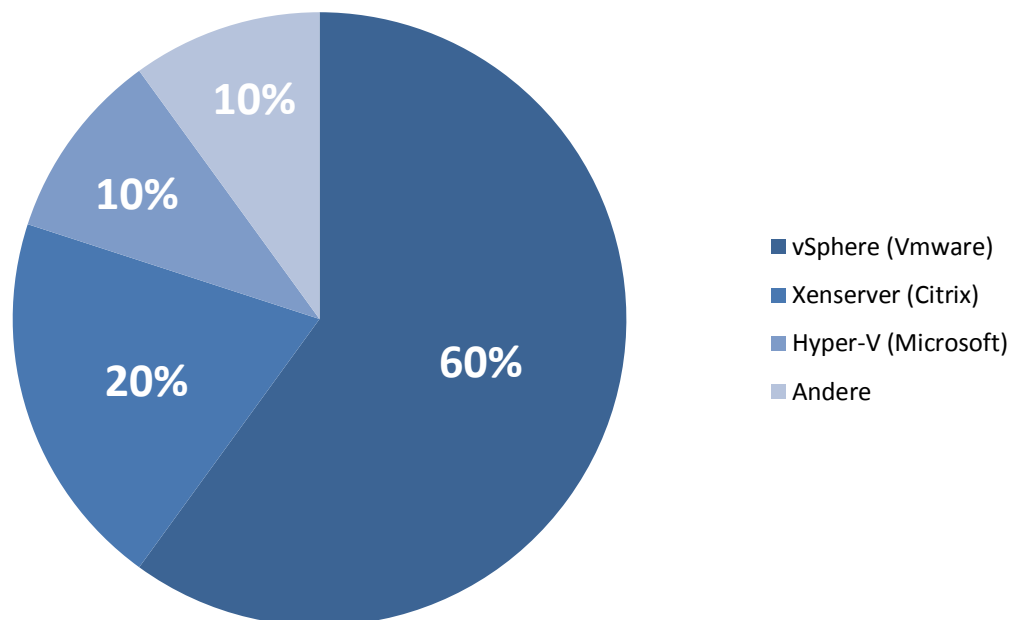
¹⁴ Breadboard: Steckplatine, auf der ohne Löten elektrische Schaltungen realisiert werden können. Wird meist zum Aufbau von Prototypen verwendet.

2. Vorstellung des Projekts

2.1 Ausgangssituation / Marktlage

Im Jahr 2013 wuchs die Nachfrage nach Client/Server-Virtualisierung erheblich. Viele Unternehmen haben erkannt, dass die Desktop- oder Applikationsvirtualisierung neben Kostenersparnis auch noch weitere Vorteile wie Produktivitätssteigerung, erhöhte Sicherheit und mehr Flexibilität bringt. Vor allem in mittelständigen Unternehmen erfreut sich Virtualisierung einer immer größeren Beliebtheit.

2012 sah der Markt für Desktopvirtualisierung etwa so aus:



Folglich bieten auch immer mehr Unternehmen Hard- und Softwarelösungen für große oder mittelständische Unternehmen an. Neben Firmen wie VMware, Citrix oder Sun Microsystems, welche schon sehr lange im Virtualisierungsbereich tätig sind, ist z.B. Microsoft seit 2012 mit der Hyper-V Technologie verstärkt in diesem Geschäftsfeld aktiv. Daraus lässt sich ableiten, dass der Markt äußerst zukunftssträftig ist. Aktuell ist noch die Desktopvirtualisierung vorherrschend, jedoch wird von Branchenkennern prognostiziert, dass die Applikationsvirtualisierung innerhalb der nächsten Jahre den größten Marktanteil belegen wird.

So haben auch viele Hardwarehersteller das Gebiet der Virtualisierung für sich erschlossen und bieten eine breite Palette von Thin- oder Zero Clients an:



Dell Wyse Xenith 2



HP Multiseat T100



Fujitsu Futro S100

Viele Unternehmen bieten ihre Hard- und Softwarelösungen nur als sogenanntes Bundle¹⁵ an. Man entscheidet sich z.B. für eine bestimmte Virtualisierungssoftware und kann dann für die Server/Clients aus der Palette des Anbieters wählen. Gerade bei den Clients kann dies unter Umständen zu Problemen führen, da die gängigen, zur Desktop- oder Applikationsvirtualisierung benötigten Thin- bzw. Zero Clients nur unzureichend mit neuer/alternativer Hardware bestückt werden können und dadurch evtl. Kompromisse bei den Ansprüchen/Bedürfnissen des Kunden gemacht werden müssen. Müssen z.B. mehrere Eingabegeräte angeschlossen werden, ist der durchschnittliche Zero Client mit in der Regel zwei USB-Ports schon überfordert. USB-Erweiterungskarten können hier auch nicht installiert werden. Dasselbe Phänomen tritt beim Videosignal auf: Ist der Rechner mit einem VGA-Ausgang ausgestattet hat man keine Möglichkeit mehr, ein DVI-Signal zu erhalten. Andere Grafikkarten lassen sich auch hier nicht installieren. Auf Steckplätze für Erweiterungskarten, wie sie bei klassischen Computern vorhanden sind, wird bewusst verzichtet, um die Kosten gering zu halten und den äußerst kleinen Formfaktor der Zero Clients zu ermöglichen.

Zu rechtfertigen sind diese Designmerkmale damit, dass Zero Clients im Normalfall auf normale Bürotätigkeiten abgestimmt sind. Hier wird nicht viel mehr als zwei USB-Ports (Tastatur & Maus), ein VGA/DVI Port (Monitor) und evtl. noch Audio Ein- und Ausgänge benötigt.

Auch Thin Clients sind in der Regel recht spartanisch ausgestattet und bieten kaum Möglichkeiten, die Hardware zu erweitern. Hier kommen zudem noch Restriktionen bezüglich des Client- und Serverbetriebssystems seitens der Virtualisierungs-Anbieter hinzu.

¹⁵ Bundle: Bündelung von mehreren Produkten, welche zumeist nicht einzeln erworben werden können.

So lassen sich z.B. die meistgenutzten Virtualisierungs-Lösungen von VMware und Citrix nur auf Windows-Umgebungen installieren und betreiben. Möchte man ein andere Betriebssystem benutzen oder gar ein gemischtes System aus zwei unterschiedlichen Betriebssystemen betreiben, so wird die Auswahl an Anbietern und deren Lösungen schon deutlich kleiner.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Applikations- und Desktopvirtualisierung zwar verstärkt von Unternehmen eingesetzt werden, diese jedoch auch durch die Geschäftspolitik der Anbieter von Virtualisierungslösungen eingeschränkt werden. Folgende Punkte werden derzeit gar nicht oder nur unzureichend angeboten:

- freie Auswahl der Client-Hardware
- Konfigurierbarkeit/Erweiterbarkeit der Clients
- freie Auswahl der Betriebssysteme

2.2 Aufbau des Projekts

Nachdem nun Begriffe wie Desktop- und Applikationsvirtualisierung hinreichend geklärt wurden sowie eine Vorstellung und Beschreibung von Einplatinencomputer und speziell des BeagleBone Black erfolgten, widmet sich dieser Abschnitt der genauen Vorstellung des eigentlichen Projekts.

2.2.1 Auswahl Projektfokus

Zu Beginn des Projekts stellte ich mir zunächst die Frage, ob ich mich mehr auf Desktopvirtualisierung oder Applikationsvirtualisierung konzentrieren sollte. Da aber die Applikationsvirtualisierung laut Prognosen die Desktopvirtualisierung in den kommenden Jahren bald vom Markt zurückdrängen wird, beschloss ich, mich mit dieser zu beschäftigen. Zudem sagt mir das Konzept, einen selbständig lauffähigen anstatt einen vollständig vom Netzwerk abhängigen Client zur Verfügung zu haben mehr zu.

Als nächstes stellte ich mir die Frage, welche Maßnahmen ich ergreifen könnte, um das Konzept der Applikationsvirtualisierung noch flexibler, skalierbarer und konfigurierbarer zu machen. Hierzu gliederte ich das System der Applikationsvirtualisierung zunächst in drei grobe Abschnitte: Server, Netzwerk und Clients.

- Server: Server bieten im Schnitt noch die größte Flexibilität, was Hardware anbelangt. Viele Server verfügen über vielfältige Erweiterungsmöglichkeiten was die Hardware anbelangt und kommen mit einer Vielzahl verschiedener Betriebssysteme aus. So stellt z.B. das Bladesystem von HP Rahmen für 19“ Racks bereit, die lediglich mit optischen Laufwerken, Schnittstellen und Netzteilen ausgestattet sind. In die Einschübe dieser Rahmen kann man nun je nach Bedarf Einschübe mit mehr Prozessorkernen, Arbeits- oder Festplattenspeicher einschieben. Damit kann auf verschiedene oder wechselnde Anforderungen der Kunden äußerst flexibel reagiert werden. Auch das BladeCenter von IBM stellt diese Funktionen zur Verfügung.



Abb: HP C3000 Bladesystem

- Netzwerk: Auch die heute genutzten Netzwerkstrukturen bieten bereits ein hohes Maß an Flexibilität. Verschiedene Routingprotokolle (statisches oder dynamisches Routing), Netzwerktopologien (heutzutage vor allem Stern- oder Baumtopologie) sowie Subnetting bieten vielfältige Möglichkeiten, ein Netzwerk nach den Ansprüchen des Arbeitsbetriebs zu gestalten.
- Clients: Derzeit bieten die Clients bei der Virtualisierung mit Abstand die geringste Flexibilität. Die Hardware lässt sich wenig bis gar nicht an die Wünsche bzw. Bedürfnisse des Kunden anpassen. Siehe dazu auch Punkt 2.1 (Ausgangssituation/Marktlage) dieser Dokumentation.

Folglich beschloss ich, mich bei der Durchführung des Projekts vor allen den Clients zu widmen, da ich hier sowohl die meisten Entwicklungsmöglichkeiten als auch den größten Handlungsbedarf sah.

2.2.2 Verbesserungen am Client

Da ich entschieden hatte, mich auf die Applikationsvirtualisierung zu konzentrieren war klar, dass mein Produkt in direkter Konkurrenz mit diversen Thin Clients stehen würde (die Konkurrenz zu Zero Clients entfällt, da diese ja nur in der Desktopvirtualisierung genutzt werden).

Folglich führte ich daher zunächst eine Gegenüberstellung eines Thin Clients mit dem BeagleBone Black durch:

System	Preis	Betriebssysteme	Schnittstellen	Hardware	Erweiterbarkeit	Größe
Dell Wyse R90L	neu ca. 256€, refurbished ¹⁶ ca. 60€	Windows Embedded XP, Standard 2009, Standard 7	DVI, 2 x PS/2, 2 X Serial, 6 X USB, 10/100/1000 Ethernet, Audio I/O	CPU: 1GHz RAM: 1GB Flash-Speicher: 2GB	RAM: 2GB, Bluetooth	250 x 225 x 35 mm
BeagleBone Black	ca. 45€	Linux, Android, Windows Embedded, QNX	USB, Micro-USB, Micro-HDMI, microSD, 10/100 Ethernet, (Audio via HDMI), Serial	CPU: 1GHz RAM: 512 MB Flash-Speicher: 2GB + SD Slot	DVI, CAN Bus, Batteriebetrieb, MSTP, RS232/RS485, 3,5mm Stereo I/O, I ² C-Bus, WLAN, Bluetooth, GPS, GPRS, 4GB Flash-Speicher, HD Kamera, MIDI	ca. 88 x 54 x 19 mm (je nach Gehäuse)

Bei Auswertung dieser Tabelle wird schnell klar, dass das System von Dell in einigen Punkten (Arbeitsspeicher, Anzahl der USB-Schnittstellen) in Führung liegt – dafür ist jedoch auch der Preis wesentlich höher. Die Stärken des BeagleBone Black hingegen liegen im günstigen

¹⁶ Refurbished: Gebrauchte Hardware, welche von einem Unternehmen professionell wiederaufbereitet wurde, um sie vergünstigt zu verkaufen. Viele Anbieter bieten überdies Garantie auf Refurbished-Geräte.

Preis, der Vielseitigkeit bezüglich des Betriebssystems, im kleinen Formfaktor sowie der enormen Erweiterbarkeit durch Capes.

- Preis: Greift man beim Betriebssystem beispielsweise zu einer kostenlosen Linux-Distribution, so entsteht lediglich der Kaufpreis von etwa 45€. Beim Dell Wyse R90L kommen zum Kaufpreis (neu ca. 256€, refurbished ca. 60€) noch die Kosten einer Windows-Lizenz hinzu.
- Vielseitigkeit der Betriebssysteme: Während sich viele Thin Clients (wie auch das Dell Wyse R90L) größtenteils auf die Unterstützung von Windows-Umgebungen konzentrieren, hat man beim BeagleBone Black die Wahl zwischen mehreren völlig verschiedenen Betriebssystemen. So können viele Linux Distributionen als ernstzunehmende Konkurrenz für ein Windows-Betriebssystem angesehen werden. Das Problem inkompatibler Software würde hier durch die Applikationsvirtualisierung umgangen werden. Bei Android hingegen gestaltet sich die Bedienung mit Tastatur und Maus als primäre Eingabegeräte recht umständlich, da dieses auf die Bedienung per Touchscreen ausgelegt ist.
- Formfaktor: Obwohl die meisten Thin Clients schon einen äußerst kleinen Formfaktor aufweisen, schafft es der BeagleBone Black, diese zu unterbieten. Verschiedene Gehäuse in unterschiedlichen Größen, Farben etc. sind erhältlich. Hierzu sei an dieser Stelle noch gesagt, dass sich der Formfaktor des BeagleBone Black mit dem Hinzufügen von Capes verändert. Da die meisten Capes dieselbe Grundform wie das BeagleBone Black haben und oben auf die I/O-Ports aufgesteckt werden, verändert sich dementsprechend die Höhe des Systems.
- Erweiterbarkeit: Das Dell Wyse R90L bietet, wie der Großteil der Thin Clients, nur sehr beschränkte Erweiterungsmöglichkeiten. Der Arbeitsspeicher lässt sich aufstocken und Bluetooth-Unterstützung lässt sich nachrüsten. Beim BeagleBone Black hingegen sind die Erweiterungsmöglichkeiten durch das Cape-System bemerkenswert vielfältig. Es lassen sich unzählige neue Schnittstellen und Features nachrüsten. Dadurch kann hier sehr flexibel auf Kundenbedürfnisse eingegangen werden.

2.2.3 Aufbau

Auf dem BeagleBone Black wird eine kostenfreie Linux-Distribution installiert. Dies soll meine persönlichen Kosten für das Projekt senken. Auf dem Server wird eine Windows Server Umgebung (wahrscheinlich 2008 oder 2012) installiert. Nachdem das Netzwerk eingerichtet wurde, wird auf dem Server Windows-Software (z.B. Microsoft Office) installiert, welche sich dann auf den BeagleBone Black streamen lässt.

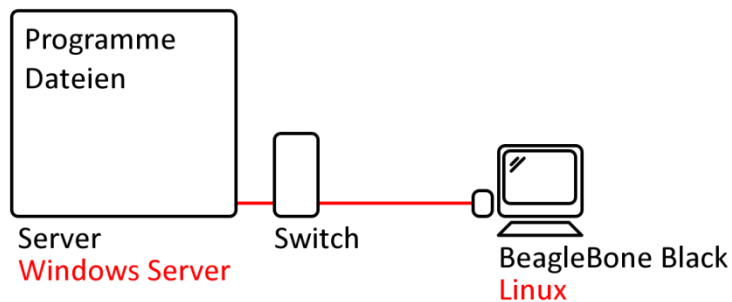


Abb.: Schematische Darstellung des Projektaufbaus

Das BeagleBone Black soll allerdings auch alleine lauffähig sein. D.h. es lässt sich alleine starten und native Linux-Software lässt sich ggf. auch ohne Netzwerkverbindung zum Server ausführen. Lediglich im Bedarfsfall wird die Windows-Software vom Server gestreamt. Zudem kann der Server auch als Fileserver dienen. Der BeagleBone Black kann zwar durch die Möglichkeit, eine SD-Karte anzubinden einiges an Speicher bereitstellen, jedoch sollen die Daten, die mit der gestreamten Software bearbeitet werden auch zentralisiert auf dem Server gespeichert werden.

2.2.4 Persönliche Motivation

Da mich das Konzept der Desktopvirtualisierung und besonders der Applikationsvirtualisierung schon länger sehr interessiert, war mir schon früh klar, dass ich mich in meinem Abschlussprojekt in dieser Richtung betätigen würde. Die Virtualisierung ist zwar in der IT-Branche keine neuartige Technologie, erlebt aber in den letzten Jahren ein starkes Wachstum, da immer mehr Firmen das enorme Potenzial in Sachen Anschaffungs- und Betriebskosten, Flexibilität und Skalierbarkeit erkennen. Das heißt im Umkehrschluss, dass in diesem Bereich sehr rapide neue Technologien entwickelt werden, was die Virtualisierung noch interessanter macht.

Zudem machen es neue, preisgünstige und einfach konfigurierbare Virtualisierungslösungen immer interessanter, Virtualisierung auch in kleinen Betrieben oder sogar in privatem Umfeld einzusetzen. Dies wird zwar nicht im Fokus meines Projekts liegen, ist aber nichts desto trotz ein sehr interessanter Aspekt. Ich könnte mir beispielsweise vorstellen, ein System für Applikationsvirtualisierung privat zu nutzen, um z.B. Windows-Software unterwegs auf dem Smartphone oder Tablet PC auszuführen.

2.3 Sonstige Hardware

Einer der wichtigsten Bestandteile des Projekts (der BeagleBone Black) wurde bereits in Punkt 1.2.4 dieser Dokumentation vorgestellt. In den nachfolgenden Punkten wird die restliche verwendete Hardware genauer vorgestellt.

2.3.1 HP Proliant DL320 G5p

Der im Versuchsaufbau verwendete Server ist ein HP DL320 Generation 5p. Dies ist ein 19“ Server mit einer HE¹⁷ Bauhöhe, der vielfältige Hardware-Konfigurationen unterstützt. So können je nach Bedarf verschiedene Prozessoren, Arbeitsspeicher, optische Laufwerke oder anstelle derer zusätzliche Festplatten installiert werden. Nachfolgend eine kurze Auflistung der unterstützten Hardware:

¹⁷ HE: Höheneinheit zur Beschreibung der Höhe / Aufnahmekapazität eines Racks. Eine HE ist etwa 4,5 cm hoch.

Kategorie	unterstützte Hardware
Prozessor	<ul style="list-style-type: none"> • Intel 3210 Chipset • Intel Celeron 420/440 (Single-Core) • Intel Pentium E2160 (Dual-Core) • Intel Xeon 3000/3100 (Dual-Core) oder 3200/3300 (Quad-Core)
Arbeitsspeicher	Bis zu 8 GB ungepufferten 800 MHz DDR2 SDRAM über vier DIMM Sockel.
Festplatte	<ul style="list-style-type: none"> • 4x S-ATA 150 Ports mit RAID 0/1 Unterstützung.
Interne Laufwerke	Bis zu vier 3,5" S-ATA oder SAS Festplatten (SAS Anbindung über Adapter). Standardmäßig sind zwei Festplatteneinschübe, diese können aber auf Kosten der optischen Laufwerke (DVD-RW) auf vier erweitert werden. Der Server kann so bis zu 4 TB Festplattenspeicher verwalten.
Netzwerk	<ul style="list-style-type: none"> • 2x NC326i Gigabit Adapter
Erweiterungs-slots	<ul style="list-style-type: none"> • 1x PCI Express x8 Slot (x8 Connector) • 1x PCI Express x1 Slot (x8 Connector) • 1x USB 2.0 internal (optional) • 1x PCI-X (optional)
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> • 2x USB 2.0 front • 2x USB 2.0 rear • 1x VGA • 2x PS/2 • 1x RS232 (D-Sub 9-polig) • iLO 2 remote management port (optional)
Betriebssysteme	<ul style="list-style-type: none"> • Windows Server 2003/2008 • Oracle Enterprise Linux 4 • Red Hat EnterpriseLinux 4/5/5 Server • SUSE Linux Enterprise Server 9/10/11 • Solaris 10 • VMware ESX/ESXi 4.1

Das Modell, welches mir von der August-Bebel-Schule leihweise zur Verfügung gestellt wurde, verfügt über zwei 500 GB S-ATA Festplatten, welche in einem RAID-Verbund laufen. Die Konfiguration mit nur zwei Festplatten bietet Platz für ein CD/DVD-RW Laufwerk. Als Prozessor hat der Server einen Intel Xeon 2.66 Ght Dual-Core Prozessor mit 4 MB L2 Cache. Ferner sind 3 GB Arbeitsspeicher installiert.

Für den Versuchsaufbau habe ich eine deutsche Version von Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise x64¹⁸ installiert, welche ich mir mit einer Schüler-Lizenz von der MSDNAA¹⁹-Plattform herunterladen konnte.

¹⁸ x64: System, welches auf einer 64-Bit Architektur basiert.

¹⁹ MSDNAA: Microsoft Developer Network Academic Alliance. Plattform von Microsoft, auf der Software für Studierende, Auszubildende aus dem IT-Bereich usw. kostenlos zur Verfügung gestellt wird.



Abb.: HP Proliant DL320 G5p, Frontansicht



Abb.: HP Proliant DL320 G5p, Rückansicht

2.3.2 D-Link DES-1024R+

Der D-Link DES-1024R+ ist ein 10/100 Fast Ethernet Switch, welcher mir wie der Server von der August-Bebel-Schule zur Verfügung gestellt wurde. Der Switch verfügt über 24 RJ-45 Ports, an welche Server, Clients, weitere Switches oder Hubs angeschlossen werden können. Die Anschlüsse erkennen automatisch die Übertragungsrate (10 oder 100 Mbit) und unterscheiden zwischen Full- oder Half-Duplex-Betrieb. Im Erweiterungslot des Switches ist derzeit eine DES-102F Erweiterungskarte für zwei Fast Ethernet Glasfaseranschlüsse verbaut, welche aber im Versuchsaufbau nicht benötigt wird.



Abb.: D-Link DES-1024R+

2.3.3 Netgear GS605

Der Netgear GS605 ist ein 5-Port Switch, welcher aber im Gegensatz zum D-Link DES 1024R auch Gigabit Ethernet²⁰ beherrscht (der D-Link Switch beherrscht lediglich Fast Ethernet²¹). Der Netgear Switch soll testweise anstelle des D-Link Switch benutzt werden. Ziel dieser Maßnahme ist es, festzustellen, ob die Nutzung von Gigabit Ethernet Performancevorteile (Sprich: höhere Geschwindigkeiten beim Streaming von Daten) bei der Virtualisierung bietet.



Abb.: Netgear GS605

²⁰ Gigabit Ethernet: 1000-Mbit/s-Ethernet

²¹ Fast Ethernet: 100-MBit-Ethernet

3. Planungsphase

Nachdem die derzeitige Marktsituation, die verwendete Hardware sowie das Projekt an sich in den Punkten 1 und 2 beleuchtet wurden, folgen nun die von mir durchgeführten, planerischen Vorbereitungsmaßnahmen zum Projekt.

3.1 Ideenfindung

Mein erster Schritt bestand darin, eine Mindmap anzulegen. Hier sammelte und strukturierte ich über mehrere Tage hinweg alle projektbezogenen Schlagwörter.

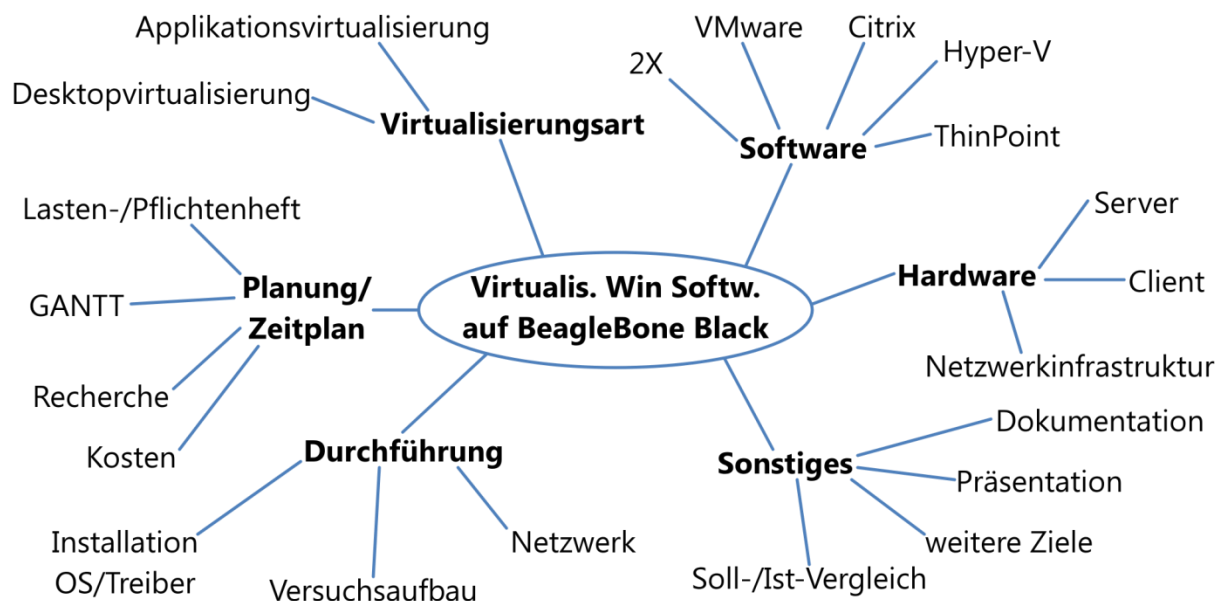


Abb.: Die in der Planungsphase entstandene Mindmap.

Die hier gesammelten Begriffe übertrug ich anschließend in eine strukturierte Gliederung, an der ich mich bei der Durchführung des Projekts sowie dem Schreiben dieser Präsentation orientieren konnte. Die Gliederung findet sich im Anhang dieser Dokumentation.

3.2 Lastenheft

3.2.1 Erklärung eines Lastenhefts

In der Industrie bezeichnet man die Wünsche, Bedürfnisse oder Aufträge eines Kunden als Lastenheft. Der Kunde kommt zu einem Anbieter von Waren oder Dienstleistungen und hat

eine mehr oder weniger spezifische Vorstellung davon, welche Ware oder Dienstleistung er in welcher Form in Anspruch nehmen möchte bzw. muss. Da das Lastenheft einzig und allein vom Kunden ausgeht, kann es vorkommen, dass er noch sehr vage formuliert ist oder sich in einigen Aspekten als undurchführbar herausstellt.

3.2.2 Lastenheft in meinem Projekt

Da das Projekt nicht in betrieblichem Umfeld durchgeführt wurde, existiert kein realer Kunde. Aus Gründen der Übung habe ich jedoch ein fiktives Lastenheft erstellt. Hier finden sich eventuelle Wünsche, die ein Kunde, der eine Virtualisierungslösung im eigenen Betrieb einsetzen will, an einen Anbieter stellen könnte. Das eigentliche Lastenheft befindet sich im Anhang dieser Dokumentation.

3.3 Recherche

Nach dem Erstellen der Mindmap und der Gliederung begann ich als nächstes mit der Recherche. Vornehmlich nutzte ich das Internet als Quelle, jedoch führte ich auch interessante Fachgespräche und nutzte Fachbücher und Fachzeitschriften (siehe Quellenangabe).

Vor allem nach einer geeigneten Virtualisierungsumgebung musste ich recht lange suchen. Zwar gibt es auf dem Markt eine Vielzahl verschiedener großer und mittelständischer Lösungen, jedoch sind viele für mein Projekt ungeeignet. So funktionieren z.B. Hyper-V (Microsoft) und VMware (Citrix) ausschließlich auf „reinen“ Windows-Umgebungen (d.h. sowohl Server- als auch Client müssen ein Windows-Betriebssystem installiert haben). Zudem bieten die Anbieter der meistgenutzten Virtualisierungslösungen (Citrix, VMware, Microsoft) kaum kostenlose Studentenlizenzen an, auf die ich aber zwingend angewiesen bin. Ursprünglich hatte ich geplant, eine Lösung von Citrix einzusetzen, da ich gute Kontakte zu einer örtlichen Niederlassung der Firma Fritz & Macziol habe, welche beinahe ausschließlich mit Citrix arbeitet. Es war schon in Planung, mir eine „Studentenlizenz“ von VMware freischalten zu lassen. Als jedoch klar wurde, dass ich auf dem Client eine Linux-Distribution installieren würde, schied eine Verwendung von VMware damit automatisch aus. Jedoch konnte ich mich im Laufe meines Projekts öfters mit generellen Rückfragen zur Virtualisierung an Fritz & Macziol wenden. Da ich nun eine neue Virtualisierungssoftware

benötigte, bin ich im Zuge meiner weiteren Recherche auf kleinere Anbieter von Virtualisierungslösungen wie z.B. 2X oder ThinPoint gestoßen. Sie bieten nicht nur kostengünstige Versionen ihrer Software an, sondern ermöglichen auch das Arbeiten mit „gemischten“ Systemen (d.h. das Streamen von Applikationen beispielsweise von einem Windows-Server auf einen Linux-Client ist möglich). Auch die freie Software rdesktop schien für mein Vorhaben geeignet. Letztendlich entschied ich mich aus zwei Gründen für rdesktop: Zum einen ist es im Gegensatz zu den meisten anderen Programmen komplett kostenfrei und zum anderen lässt rdesktop sich problemlos auf einem System mit einem ARM-Prozessor betreiben. Mit 2X und ThinPoint ist dies ohne weiteres nicht möglich.

3.4 Pflichtenheft

Nachdem ich die Recherche abgeschlossen hatte, konnte ich aus dem Lastenheft ein Pflichtenheft erstellen.

3.4.1 Erklärung eines Pflichtenhefts

In der Industrie bedeutet das, dass die Wünsche des Kunden in eine klar formulierte Liste der Waren/Dienstleistungen, die der Kunde beanspruchen/kaufen kann, abgeändert wird. Sind bestimmte Wünsche des Kunden undurchführbar, so müssen diese evtl. abgeändert werden oder es müssen Lösungsalternativen genannt werden. Ist der Kunde schließlich mit dem Pflichtenheft zufrieden, wird dieses von Kunde und Anbieter unterzeichnet und ist somit bindend (meistens wird das Pflichtenheft auch dem Kaufvertrag beigelegt).

3.4.2 Pflichtenheft in meinem Projekt.

Wie schon das Lastenheft, so ist auch das Pflichtenheft aus oben genannten Gründen rein fiktiv und wurde von mir lediglich aus Übungsgründen erstellt. Zudem kann mit dem Pflichtenheft nach Beendigung des Projekts ein Soll-/Ist-Vergleich durchgeführt werden, da alle zwingenden und optionalen Projektziele zweifelsfrei im Pflichtenheft festgelegt sind.

3.5 Planungsfaktoren

Da ich bei der Durchführung des Projekts nicht einfach „drauf los arbeiten“ wollte, beschäftigte ich mich im Vorfeld intensiv mit der Projektplanung. Hierbei musste ich

unterschiedliche Faktoren berücksichtigen, welche in den nachfolgenden Punkten beschrieben werden.

3.5.1 Zeit

Der wichtigste Faktor bei der Planung war natürlich die Zeit. Da für unser Projekt ein fester Zeitrahmen von 200 Stunden vorgegeben war, musste die benötigte Dauer für die Durchführung des Projekts und die Erstellung der Dokumentation im Vorfeld genau kalkuliert werden.

3.5.1.1 GANNT-Diagramm

Ich entschied mich, die anfallende Arbeit zunächst in Arbeitspakete zu unterteilen, um diese dann in ein GANTT-Diagramm²² einzufügen. Daran lässt sich anschließend sehr gut ablesen, welche Arbeitspakete parallel durchgeführt werden können und wieviel Zeit man insgesamt für das Projekt benötigt. Zudem kann man während des Projekts sehr gut feststellen, ob man sich evtl. vor oder hinter dem Zeitplan befindet.

Die aufgestellten Arbeitspakete waren:

Nr.	Arbeitspaket	Kürzel	gepl. Dauer	Vorgänger
1	Recherche ist abgeschlossen	Rec	25	/
2	Fachgespräche sind geführt	FaG	5	Rec
3	Produkte sind ausgewählt	Pro	5	Rec, FaG
4	Material ist bestellt	MaB	5	Pro
5	Notizen sind angefertigt	Not	/	/
6	Software ist ausgewählt und heruntergeladen	SDI	10	Pro
7	Hardware ist aufgebaut	HWa	10	MaB
8	Software ist auf Hardware installiert & eingerichtet	SHw	30	MaB, SDI
9	Erster Versuchsaufbau, Konnektivität geprüft	VeK	10	SHw
10	Virtualisierung funktioniert	Vir	25	VeK
11	Dokumentation ist angefertigt	Dok	50	VeK
12	Präsentation ist angefertigt	Prä	25	Dok

²² GANNT: Diagramm zur Anschauung zeitlich aufeinander folgender Vorgänge. Benannt nach dem Unternehmensberater Henry L. Gantt.

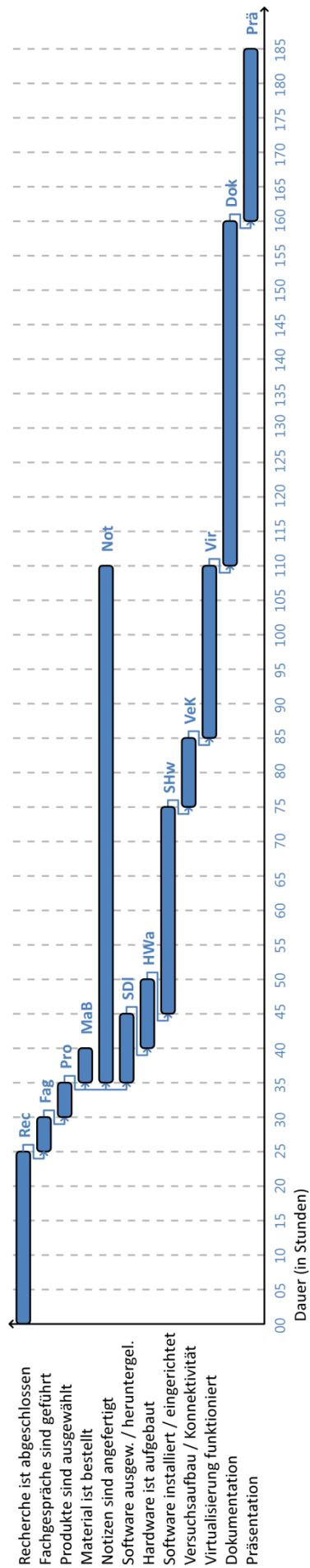


Abb.: Von mir erstelltes GANTT-Diagramm.

Zu erkennen sind die einzelnen Arbeitspakete. Die Pakete, die erst mit der Beendigung des vorherigen Pakets beginnen, stellen eine Abhängigkeit dar. Beginnen zwei Pakete gleichzeitig, so können diese parallel ausgeführt werden. Natürlich kann man bei einem Projekt, welches man alleine durchführt nur relativ wenige Arbeitspakete parallel laufen lassen. Trotzdem konnte ich durch das parallele Ausführen einiger Arbeitspakete die Gesamtdauer des Projekts auf 185 Stunden reduzieren, auch wenn die Summe aller Pakete 200 Stunden ergibt.

Zu beachten ist auch, dass die Dauer des Arbeitspakets 5 „Notizen sind angefertigt“ nur der Vollständigkeit halber aufgeführt ist und nicht zur Gesamtdauer addiert wird, da sich das Arbeitspaket zwar über die Dauer mehrerer anderer Pakete erstreckt, jedoch stets „nebenher“ abgearbeitet wird. Ich schätze, dass die Gesamtdauer, die ich damit verbracht habe, Notizen zu machen weniger als 20 Minuten beträgt.

3.5.1.2 Meilensteine

Als Meilenstein bezeichnet man in der Projektplanung ein besonders wichtiges Arbeitspaket, welches einen Teilabschnitt des Projekts symbolisch oder tatsächlich abschließt. Meilensteine eignen sich besonders gut zur Überprüfung des Zeitplans. Zudem werden bei größeren Projekten oft bei dem Erreichen eines Meilensteins komplette Meetings mit allen involvierten Projektleitern der unterschiedlichen Aufgabenbereiche abgehalten. Da mein Projekt verglichen zu industriellen Projekten weder sehr umfangreich noch sehr langwierig ist, hat es dementsprechend auch recht wenige Arbeitspakete und somit auch wenige Meilensteine. Nachfolgend eine Auflistung der von mir ausgesuchten Meilensteine mit einer Begründung, warum sie ausgewählt wurden.

Meilenstein	Begründung
Planung ist abgeschlossen (Arbeitspakete 1 - 3)	Der Schritt von der abgeschlossenen Planung zu den ersten praktischen Tätigkeiten stellt in jedem Projekt einen wichtigen Zeitpunkt dar.
Hardware ist geprüft, aufgebaut und eingerichtet (Arbeitspakete 4 - 8).	Die funktionierende, gut arbeitende Hardware ist sozusagen eine Basis, für alle weiteren Versuche. Wären hier schon Fehler / Probleme aufgetaucht, so könnte dies u.U. weitreichende Folgen auf den restlichen Projektablauf haben.
Virtualisierung funktioniert (Arbeitspakete 9 - 10).	Das Erreichen dieses Meilensteins symbolisiert die erfolgreiche Durchführung des Projekts. Die nachfolgenden Arbeitspakete (11 - 12) sind quasi nur noch „Beiwerk“.

3.5.2 Kosten

Da ich Vollzeitschüler bin und das Projekt nicht in Kooperation mit einem Unternehmen durchführte, waren die Projektkosten ein nicht unerheblicher Faktor in der Projektplanung. So musste ich bei allen Ideen, die ich z.B. beim Erstellen der Mindmap hatte zunächst prüfen, ob sie überhaupt in meinem sehr begrenzten finanziellen Rahmen lagen.

Glücklicherweise stellte mir die August-Bebel-Schule einiges an Hardware zur Verfügung. Auch meine Schülerlizenz bei der MSDNAA-Plattform half mir, die Kosten für eine Windows-Server-Lizenz zu sparen.

Als absolutes Kostenlimit setzte ich mir Ausgaben in der Höhe von ca. 300€.

3.5.3 Qualität

Der letzte zu beachtende Planungsfaktor war die Qualität des fertigen Projekts. Natürlich konnte ich im Vorfeld nicht genau sagen, ob das Projekt ein Erfolg werden würde oder nicht. Doch gerade die Tatsache, dass der fertige Versuchsaufbau in einer Präsentationsprüfung vorgestellt werden musste ließ mich einige rein optische Maßnahmen ergreifen:

- Verwendung eines 19“ Servers statt eines „normalen“ Rechners.
- Umschließen des BeagleBone Black mit einem Gehäuse.
- Unterbringung von Server/Switch/USV in einem 19“ Rack.

3.6 Beschaffung der Hardware

Ich plante, sämtliche Hardware, welche mir nicht von der August-Bebel-Schule zur Verfügung gestellt wurde, über das Internet zu bestellen. Nachdem ich mehrere Anbieter verglichen hatte, entschied ich mich für die Pollin Electronic GmbH, da ich hier die niedrigsten Preise, die größte Auswahl / Verfügbarkeit sowie die kürzeste Lieferzeit geboten bekam. Die Bestellung bestand im Einzelnen aus:

- Zubehör für den BeagleBone Black (Netzteil, Funk-Tastatur/ -Maus, microHDMI zu DVI Kabel, Gehäuse).
- diverse Netzwerkkabel
- Netgear GS605 Switch
- 19" Rack

3.7 Auswahl der Software

Beim Betriebssystem des Servers wurde mir schnell klar, dass ich eine Version von Windows Server verwenden würde. Dies lag vor allem daran, dass ich hier wesentlich mehr Erfahrung hatte als auf unixoiden Betriebssystemen.

Beim Client hingegen wollte ich unbedingt eine Linux-Distribution verwenden, da diese zum einen sehr gut auf dem BeagleBone Black lauffähig sind, ich zum anderen ja Windows-Software auf ein Linux System streamen wollte. Meine Anforderungen an die Linux-Distribution war lediglich, dass diese stabil auf dem BeagleBone Black läuft (was die speziell für das Board angepassten Distributionen alle tun) und dass sich die von mir ausgesuchte Virtualisierungssoftware installieren lässt.

Details zur Auswahl der geeigneten Virtualisierungssoftware lassen sich Punkt 3.3 „Recherche“ dieser Dokumentation entnehmen.

4. Durchführung

Nachdem die Planungsphase des Projekts abgeschlossen war, konnte ich mit der praktischen Durchführung der festgelegten Arbeitspakete beginnen. Nachfolgend wird dieser Prozess genauer beschrieben.

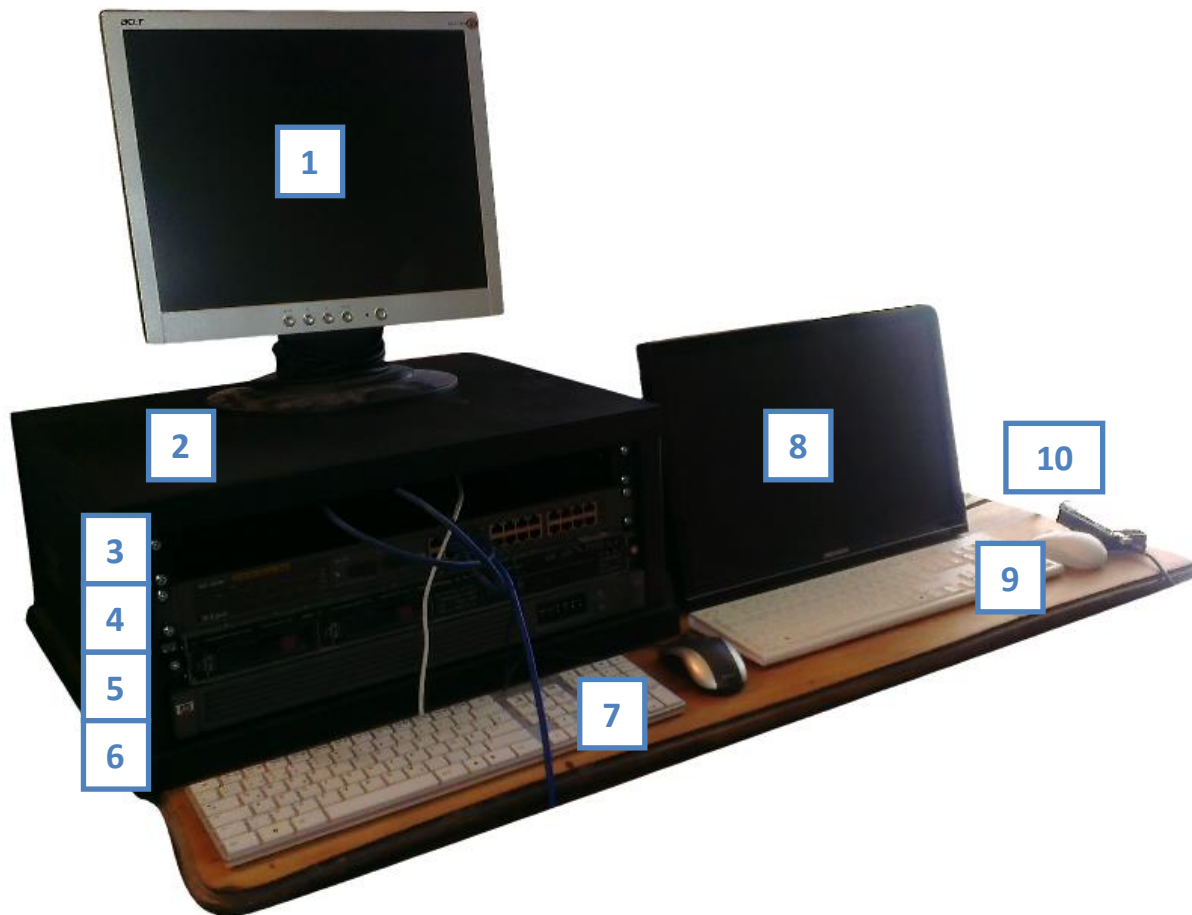


Abb.: Versuchsaufbau bei mir zu Hause.

Nummer	Bestandteil
1	Monitor für Server
2	19" 4HE Rack
3	Ablagefach für Keyboards usw.
4	D-Link DES-1024R+
5	HP Proliant DL320 G5p
6	HP UPS R1500 G2
7	Keyboard / Maus für Server
8	Monitor für BeagleBone Black
9	Keyboard / Maus für BeagleBone Black
10	BeagleBone Black

4.1 Einrichten von Client und Server

Zunächst musste ich den Erhalt des Servers von der August-Bebel-Schule gegenüber Herrn Bömer schriftlich quittieren. Zudem bekam ich die Auflage, die beiden eingebauten Festplatten restlos zu formatieren, sodass keine der ursprünglich auf dem Server gespeicherten Daten wiederherstellbar wären. Dies realisierte ich mit Hilfe einer Linux Boot-CD und unter der Anleitung von Herrn Theil.

Nachdem die Daten auf den Festplatten überschrieben waren, konnte ich den Server mit nach Hause nehmen. Dort schloss ich den Server an die bereitstehenden Ein- und Ausgabegeräte an und überprüfte zunächst einmal sämtliche Einstellungen im BIOS und RAID-BIOS. Ferner unterzog ich den Arbeitsspeicher des Servers mit Hilfe von Memtest86+ einem ausführlichen Test. Anschließend installierte ich zunächst das Betriebssystem Windows Server 2008 R2 sowie notwendige Hardwaretreiber, welche ich auf der Homepage von HP fand.

Nachdem der Server einsatzbereit war, widmete ich mich dem BeagleBone Black. Ich schloss den Einplatinencomputer an Keyboard, Maus und Monitor an und machte mich zunächst mit der Oberfläche der vorinstallierten Linux-Distribution (Ångström) vertraut. Schnell stellte sich heraus, dass ich diese im Rahmen meines Projekts nicht würde benutzen können, da die von mir ausgewählte Virtualisierungssoftware (rdesktop) sich zum Zeitpunkt der Durchführung nicht im Software-Repository²³ von Ångström befand. Dies hat zur Folge, dass sich rdesktop nicht ohne weiteres unter Ångström installieren lässt. Um dieses Problem zu umgehen entschied ich mich, die Debian-basierte Linux-Distribution Ubuntu zu installieren, da rdesktop für diese zur Verfügung stand. Nachdem ich mir eine für das BeagleBone Black angepasste Ubuntu Image²⁴-Datei heruntergeladen und mit der Software Win32DiskImager bootfähig auf eine microSD-Karte gemountet hatte, wollte ich mit der Installation fortfahren. Nach zahllosen Fehlversuchen, bei denen die microSD-Karte nicht erkannt wurde, stellte sich schließlich heraus, dass bei meinem BeagleBone Black der microSD-Kartenslot defekt war. Der Händler, dem ich das defekte Gerät einschickte, konnte mir jedoch leider keinen Ersatz anbieten, da sich die BeagleBoard.org Foundation zu diesem Zeitpunkt aufgrund der starken

²³ Software-Repository: Verwaltetes Verzeichnis zur Speicherung und Beschreibung von digitalen Objekten. Dient bei Linux-Distributionen als Quelle für Software-Installationen.

²⁴ Image: Datei, in welcher das komplette Abbild eines Betriebssystems gespeichert ist. Kann in virtuelle Laufwerke eingebunden werden, um es zu installieren.

Nachfrage in ernsthaften Lieferschwierigkeiten befand. Glücklicherweise konnte mir Herr Süßmann (Lehrkraft an der August-Bebel-Schule) eines seiner BeagleBone Black leihweise für mein Projekt zur Verfügung stellen. Darauf konnte ich nun endlich Ubuntu installieren. Als Desktop-Umgebung für Ubuntu entschied ich mich für LXDE (Lightweight X11 Desktop Environment), da die etwas weiter verbreiteten Umgebungen wie GNOME, KDE oder die Ubuntu Standard-Umgebung Unity mehr als 2 Gigabyte Speicherplatz benötigen. Zwar hätte ich gerne Unity verwendet, da ich an diese Oberfläche schon gewöhnt war, deren Layout kannte usw., doch die Eingewöhnung in LXDE stellte kein größeres Problem dar. Zudem ist LXDE auch für den Einsatz auf etwas schwächerer Hardware ausgelegt. Sobald Ubuntu als Betriebssystem installiert ist, lässt sich LXDE mit zwei simplen Kommandos nachinstallieren:

`sudo apt-get update`

Bringt das Advanced Packaging Tool (APT) auf den neusten Stand, damit anschließend die aktuellste Version der gewünschten Software installiert wird. Der „Sudo“-Befehl ist notwendig, um sich für den Rest des Befehls root-Rechte²⁵ zu sichern.

`sudo apt-get install lxde`

Findet LXDE im Repository und installiert es anschließend.

Hierzu sei gesagt, dass eine Desktop-Umgebung für mein Projekt nicht zwingend notwendig ist, da sich die Virtualisierung auch ohne Probleme auf Kommandozeilen-Ebene starten lässt. Jedoch wollte ich auch eine grafische Oberfläche installieren, um damit den Status des BeagleBone Black als eigenständigen und „vollwertigen“ Computer zu unterstreichen. Somit waren die beiden wichtigsten Komponenten meines Versuchsaufbaus getestet und einsatzbereit und ich konnte zur Einrichtung der eigentlichen Virtualisierung übergehen.

Nachdem LXDE fertig installiert war, benötigte ich noch rdesktop. Da das Software-Repository vom vorigen APT-Update noch auf dem neusten Stand war, konnte ich die Installation direkt mit `sudo apt-get install rdesktop` starten. Nach der Installation öffnete ich mit `rdesktop --help` die Hilfeseite und schaute mir an, welche Befehle und Argumente mir zur

²⁵ root: Superuser-Benutzerkonto bei Unixoiden Betriebssystemen mit den weitreichendsten Zugriffsrechten. Wird i.d.R. nur für besondere Verwaltungsaufgaben genutzt.

Verfügung standen. Nachdem ich mich mit der Befehlsstruktur von `rdesktop` vertraut gemacht hatte, wollte ich mich zunächst zu Testzwecken direkt auf den Server verbinden. Der hier hierfür notwendige Aufruf lautete:

```
rdesktop -f -k de 192.168.2.110 -u SimonBauer -p temppwd
```

Erläuterung:

`rdesktop` startet das eigentliche Programm.

`-f` führt es im Vollbildmodus (Fullscreen) aus.

`-k de` emuliert ein länderspezifisches Tastaturlayout (in diesem Fall „de“ - Deutsches Layout).

`192.168.2.110` ist die IP-Adresse meines Servers im Netz.

`-u SimonBauer` übergibt bei der Verbindung gleich einen User-Account des Servers.

`-p temppwd` übergibt das passende Passwort des Accounts SimonBauer.

Nach einigen Sekunden erschien die Oberfläche meines Servers auf dem Bildschirm und ich konnte wie gewohnt auf den Server arbeiten. Natürlich wurde der User „SimonBauer“ direkt auf dem Server ausgeloggt, da man pro Account immer nur von einer Maschine aus zugreifen kann. Möchte man von mehreren Maschinen aus auf dieselbe Hardware zugreifen, so muss man hierfür mehrere User-Accounts anlegen (außerdem muss das Host-Betriebssystem dieses Feature unterstützen). Damit war die prinzipielle Funktionalität meines Systems sichergestellt, doch das eigentliche Ziel des Projekts noch nicht ganz erreicht. Denn damit sich das Konzept der Desktopvirtualisierung wirklich lohnt, müssen die Clients auf eine virtuelle Maschine zugreifen, die auf dem Server läuft. Je mehr dieser virtuellen Maschinen auf dem Server laufen können, desto weniger Hardware benötigt man schlussendlich. Dieser Sachverhalt ist im Folgenden noch einmal schematisch dargestellt:

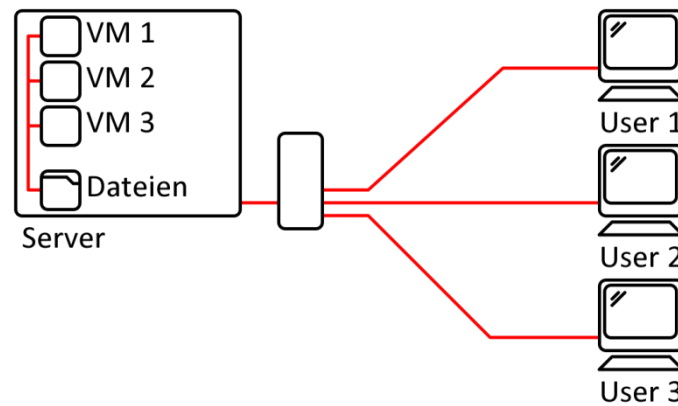


Abb.: Schematische, detaillierte Darstellung von Desktopvirtualisierung.

Jeder User (z.B. Mitarbeiter einer Firma) hat auf dem Server seine eigene virtuelle Maschine (VM) mit spezifischen Einstellungen, installierter Software usw. Er kann sich nun von jedem Client und je nach Einstellung auch von außerhalb des Firmennetzes (z.B. über eine VPN-Verbindung²⁶) auf seine eigene VM einloggen und auf dieser arbeiten. Zudem sind die virtuellen Maschinen mit Netzlaufwerken (NAS) verbunden, um so auf Dateien innerhalb des Firmennetzes zugreifen zu können. Diese Massenspeicher können wie in der Darstellung an denselben Server angeschlossen sein, auf dem auch die virtuellen Maschinen laufen - dies ist aber nicht zwingend notwendig. Prinzipiell versuchen jedoch viele Unternehmen, möglichst viele verschiedene Server (Mail-Exchange, Webserver, Fileserver, Virtualisierung, DNS-Server, DHCP-Server usw.) auf derselben Hardware laufen zu lassen, um Ressourcen zu sparen. Oft werden hierfür die einzelnen Server für die unterschiedlichen Dienste ebenfalls virtualisiert auf derselben Hardware ausgeführt und viele gleichzeitige Anfragen mehrerer Clients per Load Balancing (Lastverteilung) auf mehrere virtuelle Server aufgeteilt.

Da ich diesen Zustand auch in meinem Projekt emulieren wollte, installierte ich als nächstes VirtualBox von Oracle auf dem Server. Mit Hilfe dieser Software ist es möglich, virtuelle Maschinen auf einem Hostsystem zu installieren und laufen zu lassen. Zudem verfügt VirtualBox noch über einige weitere nützliche Features wie z.B.:

²⁶ VPN: Virtual Private Network. Verbindung von außerhalb in ein privates Netzwerk.

- Dynamische Zuteilung und Skalierung der Hardware einer VM (so kann z.B. auch nach der Installation einer VM deren Hardware verändert werden).
- Gleichzeitiges Installieren, Starten und Verwalten mehrerer virtuellen Maschinen.
- Vielfältige Unterstützung von x86-Gastsystemen (Dos, Windows, Linux, Solaris, FreeBSD).
- Vielfältige Einstellungsmöglichkeiten des Netzwerkadapters (z.B. eine Netzwerkbrücke, welche eine Kommunikation des Gastsystems mit dem Netzwerk des Hostsystems ermöglicht).
- Unterstützung des Remote Desktop Protocol (RDP), welches auch z.B. von rdesktop genutzt wird.

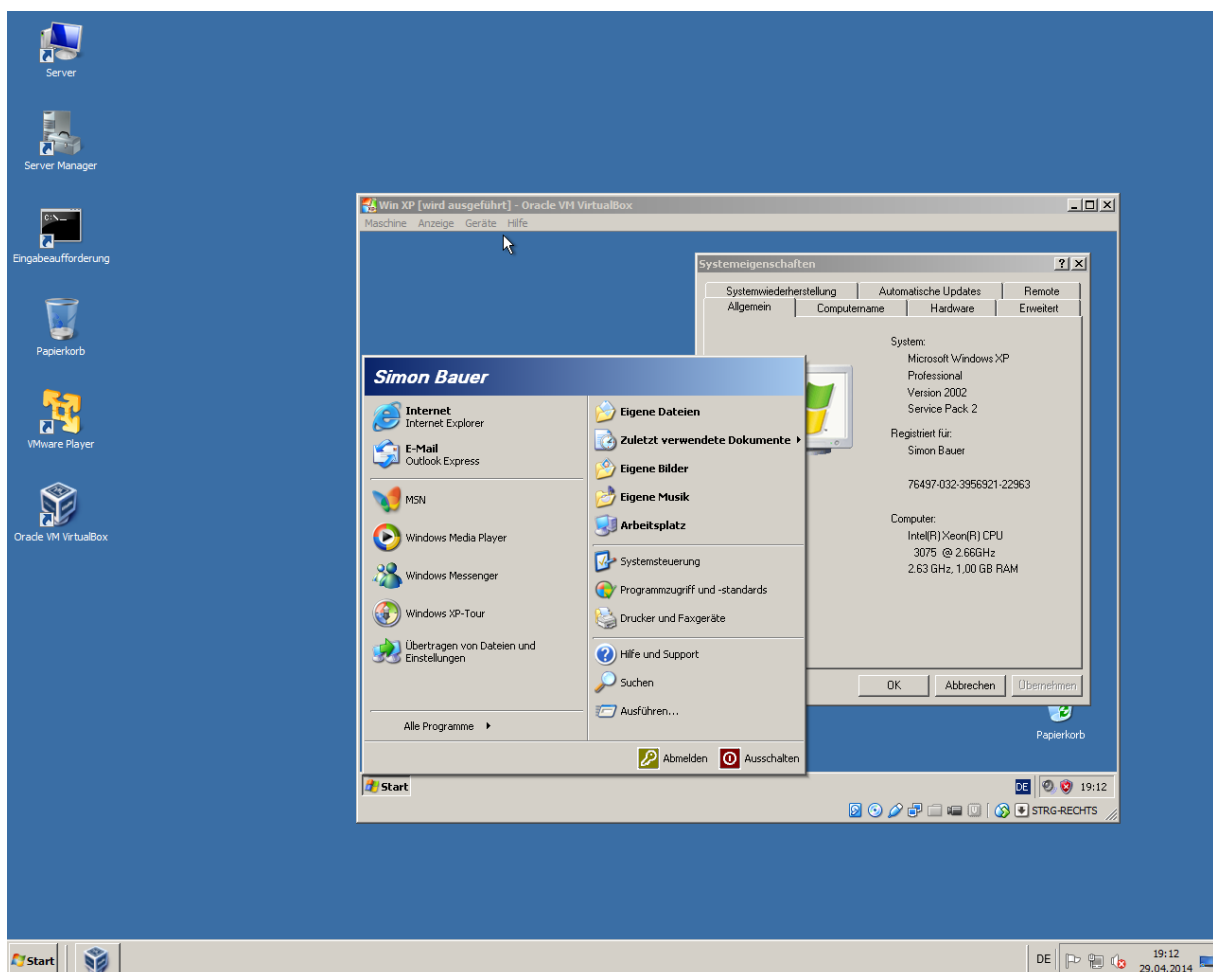


Abb.: Screenshot der Windows XP VM innerhalb des Servers.

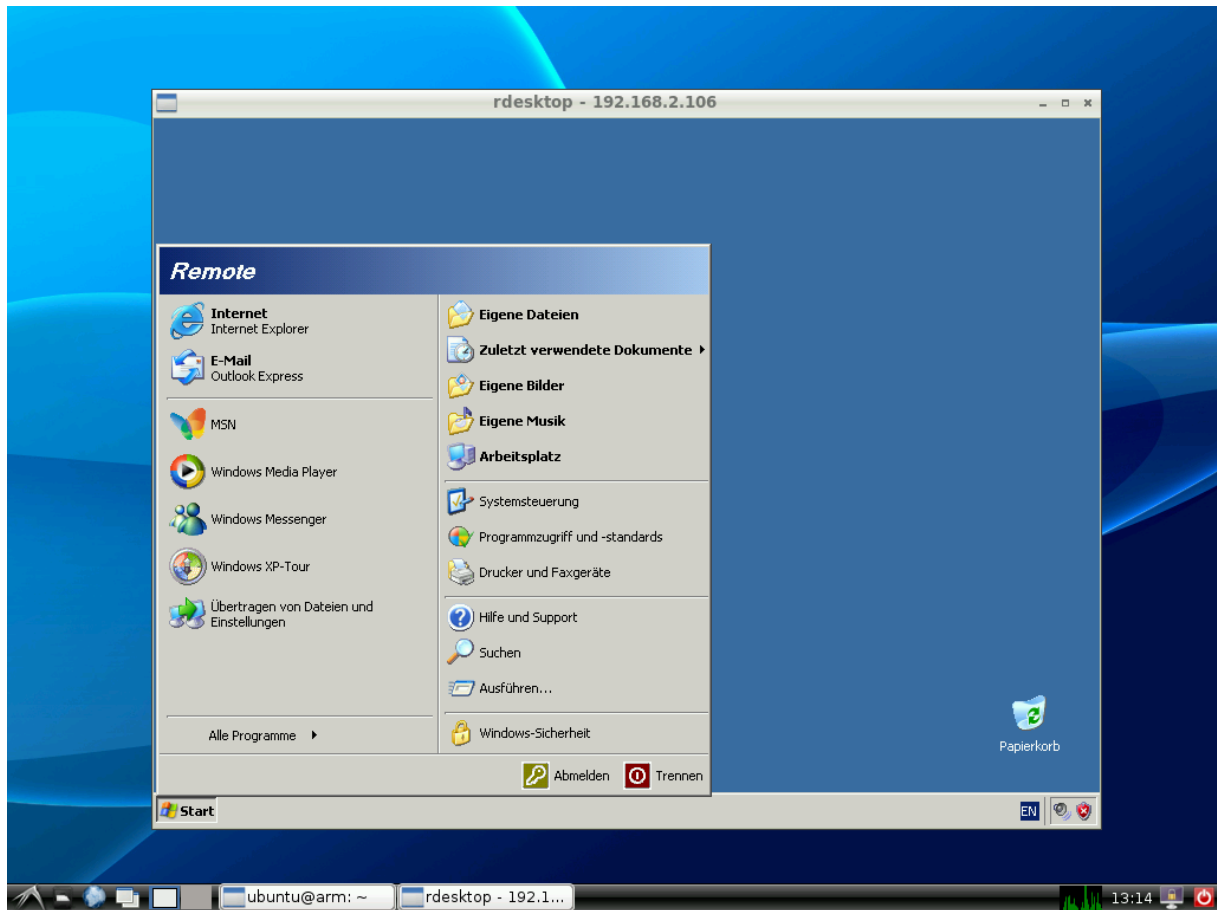


Abb.: Zugriff auf die VM unter dem Benutzerkonto „Remote“ vom BeagleBone Black aus.

Nach der Installation von VirtualBox installierte ich unter dieser ein Windows XP-Image, welches ich ebenso wie das Windows Server 2008 R2-Image des Servers von der MSDNAA-Website heruntergeladen hatte. Nach der Installation und Einrichtung von Windows XP musste ich noch den virtuellen Netzwerkadapter der VM brücken, damit diese eine IM-Adresse in meinem Netzwerk erhalten konnte. Nun konnte ich mich wie zuvor auf den Server von meinem BeagleBone Black aus mit rdesktop auf die virtuelle Maschine verbinden und auf dieser arbeiten. Der Kern des Projekts war damit geglückt. Nachfolgend noch der schematische Aufbau des fertigen Projekts:

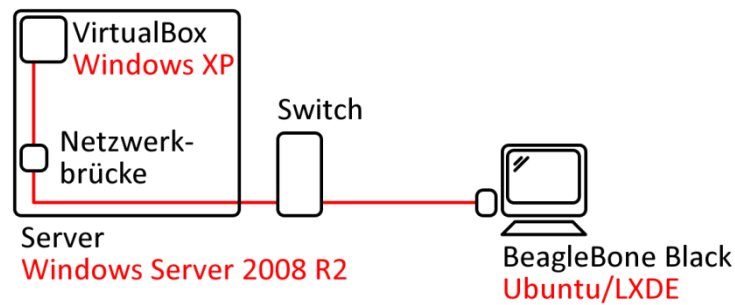


Abb.: Schematische, detaillierte Darstellung des finalen Aufbaus.

4.2 Probleme während der Durchführung

In diesem Abschnitt werden die während des Projekts aufgetretenen Probleme sowie deren Lösungsstrategien noch einmal genauer beleuchtet. Zudem folgt jeweils ein Ansatz, wie das Problem hätte verhindert werden können bzw. zukünftig verhindert werden kann.

4.2.1 ThinPoint und 2X laufen nicht auf ARM-Prozessoren

Schon bevor ich mich auf einen bestimmten Einplatinencomputer festgelegt hatte, waren mir die beiden Lösungen ThinPoint und 2X aufgefallen. Die Liste der Features beider Lösungen klang eindrucksvoll und ich ging fälschlicherweise davon aus, dass die Architektur des Prozessors keine allzu große Hürde darstellen würde, solange das Betriebssystem des Clients unterstützt würde (sowohl ThinPoint als auch 2X unterstützen Linux).

Lösung: Ich stieg auf rdesktop um, welches einen ähnlichen Funktionsumfang bietet und mit dem ARM-Prozessor des BeagleBone Black keinerlei Probleme hat.

Hätte vermieden werden können durch: Ausführlichere Recherche im Vorfeld bzw. Nachfrage beim Anbieter der jeweiligen Software.

4.2.2 microSD-Kartenslot des BeagleBone Black ist defekt

Da der microSD-Kartenslot zur Installation anderer Betriebssysteme zwingend benötigt wird, erwies sich dieser Defekt als besonders fatal. Problematisch war hier auch, dass sich bei keinem Händler zu dieser Zeit ein Ersatzgerät besorgen lies.

Lösung: Ich bekam von Herrn Süßmann ein Leihgerät zur Verfügung gestellt.

Hätte vermieden werden können durch: Testen aller Systeme und Schnittstellen des BeagleBone Black direkt nach dem Kauf des Geräts (zu diesem Zeitpunkt wäre ein Ersatz des defekten Geräts noch problemlos möglich gewesen).

4.2.3 Onboard-Speicher des BeagleBone Black nicht ausreichend für Unity

Die Desktop Umgebung Unity, welche ich aus in Punkt 4.1 genannten Gründen gerne verwendet hätte, benötigt mehr Speicherplatz, als das BeagleBone Black bietet.

Lösung: Statt Unity installierte ich einfach LXDE.

Hätte vermieden werden können durch: Problem hätte nicht vermieden werden können.

4.2.4 LXDE erzeugt Grafikfehler / flackernden Bildschirm

Nach der Installation von LXDE kam es (sofern eine grafische Oberfläche gestartet war) zu Grafikfehlern (verfälschten Farben) sowie gelegentlichem Flackern des Bildschirms.

Lösung: Konfiguration der Xorg-Datei: Dem X Window System fehlte eine Konfigurationsdatei, welche ich nachträglich händisch erstellen musste,

Hätte vermieden werden können durch: Auswahl einer anderen Ubuntu-Distribution.

5. Performance

5.1 Performance des Systems

Ein nicht unwesentlicher Aspekt bei der Virtualisierung ist die Performance. Hier können allerdings je nach Betrachtungsweise unterschiedliche Bereiche gemeint sein. So kann z.B. die Rechenleistung des Servers oder des Clients, die Geschwindigkeit des Netzwerks oder schlicht die von Nutzer „gefühlte“ Geschwindigkeit des Systems gemeint sein. Um die Performance besser und einfacher zu beschreiben möchte ich mich auf den letzteren Aspekt konzentrieren. Der Gedanke dahinter ist, dass mein Projekt zwar Ressourcen sparen soll aber nutzlos wäre, wenn einzelne Arbeitsabläufe aufgrund von Wartezeiten wesentlich länger dauern würden, als bei klassischen Einzelplatzsystemen. Beleuchtet werden zum Einen die Dauer des Bootvorganges sowie das Verbinden zum Server, zum Anderen das eigentliche Arbeiten auf dem Client.

Bootvorgang: Die Dauer zwischen Starten des BeagleBone Black bis zum Login-Bildschirm beträgt ca. 34 Sekunden. Weitere 12 Sekunden werden nach dem Login benötigt, bis die grafische Oberfläche komplett geladen und das System somit betriebsbereit ist. Beide Werte können sich durchaus mit herkömmlichen Desktopsystemen messen. Verzichtet man auf die grafische Oberfläche (welche zum Verbinden auf den Server nicht unbedingt notwendig ist), so verkürzen sich Boot- und Login-Vorgang noch einmal erheblich. Etwa 10 Sekunden nimmt die Verbindung zum Server in Anspruch. Ist diese aufgebaut, befindet man sich sofort in der Produktiv-Umgebung der VM. Also kann man ca. eine Minute, nachdem man den BeagleBone Black gestartet hat, mit dem Arbeiten beginnen. Die Dauer der Bootvorgänge des Servers und der VM habe ich hier bewusst außer Acht gelassen, da in den meisten Unternehmen die Server sowieso ohne Unterbrechung laufen und daher theoretisch auch die virtuellen Maschinen dauerhaft verfügbar gehalten werden könnten. Der Vollständigkeit halber sei aber erwähnt, dass der Bootvorgang einer Windows XP VM auf meinem Server ca. 15 Sekunden dauert. Hat man einen leistungsstärkeren Server zur Verfügung und kann der VM damit mehr RAM zuteilen, verkürzt sich auch dieser Vorgang erheblich.

Arbeiten: Auf der VM lässt sich flüssig und der zugeteilten Hardware entsprechend arbeiten. Es kommt zu keinen nennenswerten Unterbrechungen im Arbeitsfluss. Da der mir zur Verfügung stehende Server nur über 3 GB Arbeitsspeicher verfügt, konnte ich der virtuellen

Maschine nur 1 GB zuteilen. Dies ist unter Windows XP für gängige Office-Anwendungen durchaus ausreichend. Bei ressourcenintensiveren Programmen wie z.B. PhotoShop könnte es hier jedoch zu Engpässen kommen. Wie schon gesagt sind die heutzutage in Unternehmen eingesetzten Server allerdings wesentlich leistungstärker und können den virtuellen Maschinen somit z.B. wesentlich mehr Arbeitsspeicher zur Verfügung stellen.

5.2 Steigerung der Performance

Wie bereits erwähnt könnte ein leistungstärkerer Server verwendet werden, um somit leistungstärkere VMs zu erzeugen. Da mir ein solcher Server allerdings nicht zur Verfügung steht, kann ich leider derzeit nicht untersuchen, wie stark die Performance der VM z.B. mit deren Arbeitsspeicher zusammenhängt. Da das von mir verwendete Windows XP ein 32 Bit-System ist, wäre das Limit von 4 GB Arbeitsspeicher ohnehin recht schnell erreicht.

Ob die Netzwerkverbindung eine Rolle bei der Performance spielt, kann ich derzeit auch nur schwer feststellen, da der Server zwar über Gigabit Ethernet (1000 Mbit/s) Schnittstellen verfügt und ich zu Testzwecken auch einen Gigabit-fähigen Switch zur Verfügung hätte, aber der BeagleBone Black nur über eine Fast Ethernet (100 Mbit/s) Schnittstelle verfügt. Da bei einer derartigen Kette die Verbindung immer nur so schnell wie das langsamste Glied der Kette sein kann, sind Versuche in dieser Richtung mit dem BeagleBone Black nicht durchführbar. Es bleibt abzuwarten, ob die nächste Revision des BeagleBone Black nicht auch eine Gigabit Ethernet Schnittstelle erhalten wird. Es ist allerdings fraglich, ob eine Gigabit Ethernet Schnittstelle wirklich zur Steigerung der Performance beitragen kann, da letztendlich über das Netzwerk lediglich das Bildsignal der VM sowie Ein- und Ausgaben des Users übertragen werden. Sehr große Datenmengen sollten hierbei nicht zustande kommen.

6. Schlussteil

Nach der Vorstellung, Planung und Durchführung des Projekts folgen nun einige abschließende Gedankengänge.

6.1 Soll-Ist-Vergleich

Um festzustellen, welche der ursprünglich festgelegten Ziele tatsächlich erreicht wurden eignet sich ein Vergleich zwischen dem fertigen Projekt und dem Pflichtenheft (welches sich im Anhang dieser Dokumentation befindet). Hierbei sei noch angemerkt, dass ich natürlich aus Kostengründen nicht mehrere Clients gleichzeitig betreiben konnte.

Die Muss-Kriterien (also die zwingen vom Anbieter zu erfüllenden Kriterien) lauteten:

1. Als Clients werden kostengünstige Einplatinencomputer eingesetzt.
2. Auf den Clients wird eine Linux-Distribution installiert, um die Eigenständigkeit zu gewährleisten.
3. Für jeden Mitarbeiter wird eine virtuelle Maschine auf einem Server eingerichtet, deren Zugriffsrechte, Software-Ausstattung, Hardware-Leistung usw. auf die individuellen Bedürfnisse des Mitarbeiters zugeschnitten sind.
4. Jeder Mitarbeiter kann zu jeder Zeit auf seine virtuelle Maschine zugreifen. Der Zugriff erfolgt unabhängig von Client, an welchem sich der Mitarbeiter gerade befindet.
5. Die Server-Hardware wird entsprechend der Anzahl der Clients und deren Hardware-Konfiguration ausgewählt.

Die Kriterien 1 und 2 wurden vollständig erfüllt. Bei Kriterium 3 wurde zunächst nur eine virtuelle Maschine erstellt. Es würde aber kein Problem darstellen, beliebig viele weitere zu erstellen. Dasselbe gilt auch für Kriterium 4: Wären weitere Clients im Rahmen meiner finanziellen Möglichkeiten, so würde deren Anbindung keinerlei Probleme verursachen und jeder Client könnte sich auf jede VM verbinden. Kriterium 5 wurde im durch den Versuchsaufbau definierten kleinen Maßstab erfüllt. Die Hardware des Servers ist für den Betrieb eines Clients ausreichend.

Zusätzlich waren im Pflichtenheft noch sogenannte Wunsch-Kriterien festgelegt. Diese müssen nicht zwingend erfüllt werden, damit das Projekt als abgeschlossen gilt. Der Kunde kann sie aber bei Bedarf als zusätzliche Dienstleistungen in Anspruch nehmen.

1. Die Clients sind im Bedarfsfall mit neuen Schnittstellen erweiterbar (USB, W-LAN, Audio).
2. Als virtuelle Maschine können im Bedarfsfall auch andere Betriebssysteme eingesetzt werden (Dos, Windows XP / Vista / 7 / 8, diverse Linux-Distributionen, Android usw.).
3. Es können Netzlaufwerke für die gemeinsame Nutzung der Firmendaten durch alle Clients installiert werden.

Kriterium 1 kann leider ebenfalls aus finanziellen Gründen nicht erfüllt werden. Um Kriterium 2 zu erfüllen, richtete ich auf dem Server testweise eine VM mit einer x86-Version von Android 4.4 als Betriebssystem ein und verband mich vom Client aus mit dieser. Auch dies funktionierte problemlos. Zu beachten ist hier lediglich, dass man bei dieser Konstellation zwingen einen DHCP-Server²⁷ im Netzwerk benötigt, da es bei Android keinerlei Möglichkeit gibt, dem Endgerät eine statische IP-Adresse zuzuweisen. Die Erfüllbarkeit von Kriterium 3 testete ich ebenfalls, indem ich am Router im Netzwerk ein Netzlaufwerk einrichtete, auf welches ich vom Client aus zugreifen konnte.

Abschließend kann gesagt werden, dass man den Verlauf des Projekts durchaus als erfolgreich bezeichnen kann. Alle Muss-Kriterien wurden (wenn auch in manchen Aspekten in kleinerem Maßstab) erfüllt. Die Wunsch-Kriterien wurden ebenfalls erfüllt, soweit es mir finanziell möglich war.

Das in Punkt 2.5.2 angesprochene Kostenlimit von ca. 300€ wurde zwar knapp erreicht, jedoch nicht überschritten.

²⁷ DHCP-Server: Server in einem Netzwerk, welcher den Clients bzw. anderen Hosts mit Hilfe des Dynamic Host Configuration Protocol automatisch dynamische IP-Adressen zuweist (ersetzt eine statische Vergabe der Adressen).

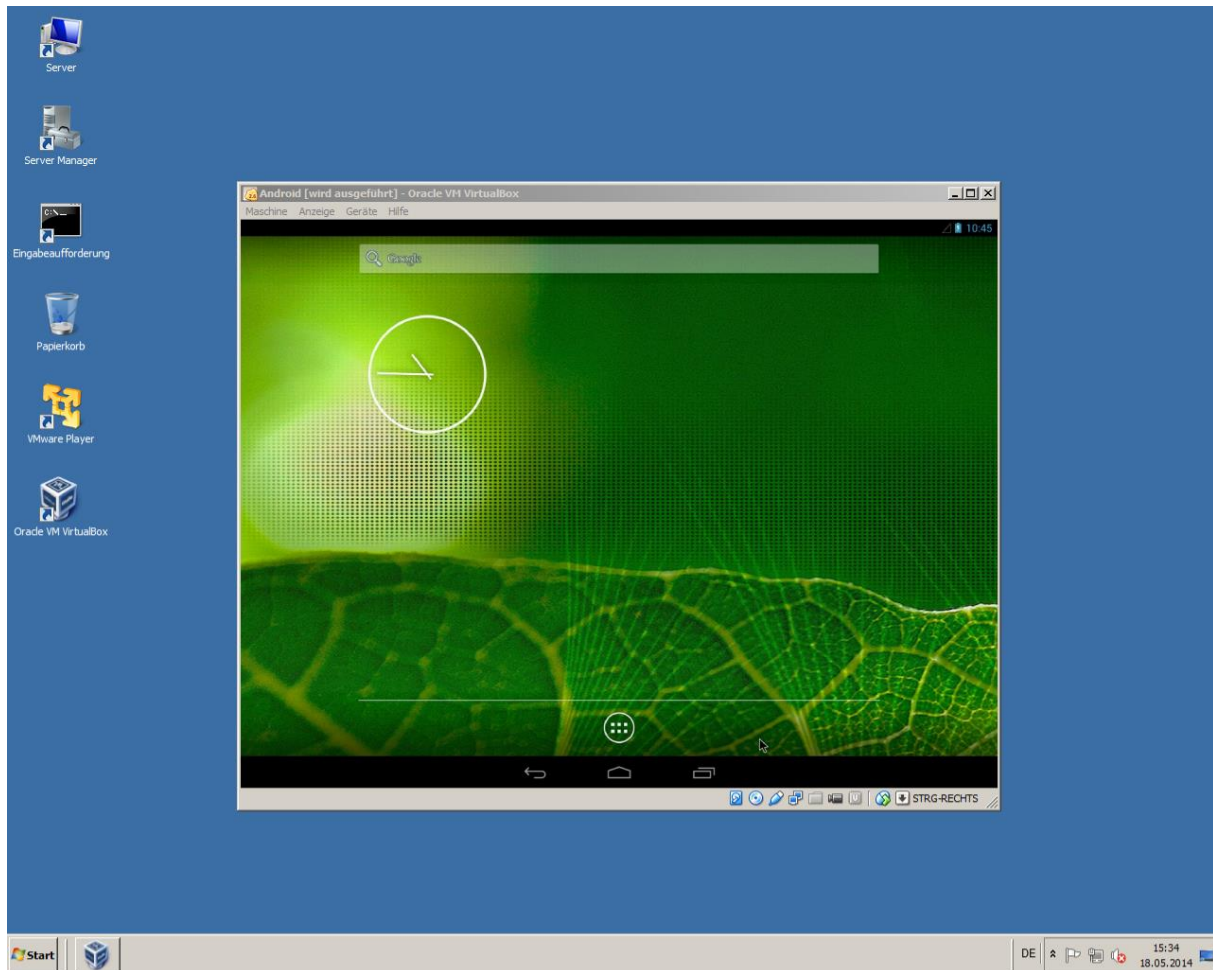


Abb.: Virtuelle Maschine auf dem Server mit einer x86-Portierung von Android.

6.2 Zukunftsausblick

Sicherlich am interessantesten scheint die Frage, ob das Projekt am Markt eine reale Chance hätte. Zur nachfolgenden Analyse sei jedoch noch angemerkt, dass ich natürlich kein „Insider“ der Virtualisierung bin. Zudem kann eine Analyse eines Projekts, die von dessen Projektleiter geschrieben wurde nur schwerlich objektiv gewertet werden. Ich werde mich allerdings bemühen, eine möglichst objektive Sichtweise beizubehalten.

Aus meiner Sicht war das Ergebnis des Projekts durchaus zufriedenstellend. Der zur Virtualisierung genutzte Client ist schnell einsatzbereit, das System arbeitet stabil und ausfallfrei, es lässt sich reibungslos arbeiten.

Das größte Problem, welches der BeagleBone Black als Client zur Virtualisierung mit sich bringt, ist die (derzeit) mangelhafte Verfügbarkeit. Wie schon erwähnt bestehen im Zeitraum, in dem das Projekt durchgeführt wurde, enorme Lieferengpässe. Dies würde

natürlich einen Einsatz im großen Stil unmöglich machen. Selbst wenn man auf den größten Konkurrenten des BeagleBone Black umsteigen würde (Raspberry Pi), wäre es durchaus fraglich, ob der Hersteller die Stückzahlen liefern könnte, die ein größerer Anbieter von Virtualisierungslösungen benötigen würde. So lange die Hersteller diverser Einplatinencomputer nicht einmal die aktuelle Nachfrage an ihren Produkten befriedigen können sehe ich keine Chance, die besagten Produkte als Clients zur Virtualisierung zu etablieren.

Wäre der BeagleBone Black in ausreichenden Stückzahlen verfügbar, so sehe ich keinen Grund, der gegen den Einsatz im Sinne meines Projekts spräche. Natürlich bieten diverse ThinClients eine üppigere Hardware was Arbeitsspeicher und CPU betrifft, doch der BeagleBone Black bietet dafür andere Vorzüge (niedrige Anschaffungs- und Betriebskosten, enorme Erweiterbarkeit). Gerade wenn man Wert auf diverse Schnittstellen legt, ist ein Einplatinencomputer wesentlich flexibler als ein regulärer ThinClient.

6.2.1 Zusätzliche Erweiterungen

Obwohl das Projekt an sich abgeschlossen ist, sind an diese Stelle Überlegungen angebracht, welche (sinnvollen) Erweiterungen bzw. neuen Features man noch einbinden könnte, um das Gesamtkonzept noch attraktiver zu gestalten.

Wireless LAN: Mit der kabellosen Anbindung des Clients an das firmeninterne Netzwerk könnte man die für einen Arbeitsplatz benötigten Kabel weiter reduzieren. Zudem würde sich der schnelle Aufbau von temporären oder festen Arbeitsplätzen flexibler gestalten. Da der BeagleBone Black von Haus aus keine WLAN-Unterstützung bietet, müsste hier auf ein WLAN-Cape zurückgegriffen werden.

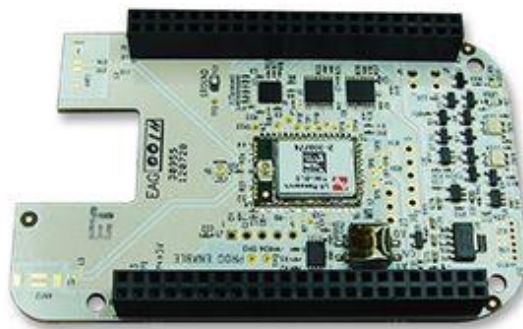


Abb.: WLAN-Cape.

Audio Support: Sollten am Client Audio Ein- und Ausgänge nötig sein (z.B. für VoIP-Gespräche), stößt man sehr schnell an die Grenzen des regulären BeagleBone Black, dessen einzige Audio-Quelle die in HDMI integrierte Schnittstelle ist. Abhilfe würde hier der Einsatz eines Audio-Capes schaffen, welches einen Audio Eingang und einen Audio Ausgang (3,5 mm Stereo-Klinkenstecker) zur Verfügung stellt.

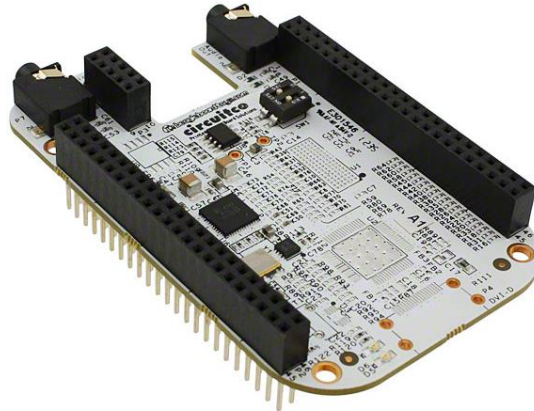


Abb.: Audio-Cape.

Nach diesem Schema können natürlich auch zahllose weitere Schnittstellen nachgerüstet werden.

6.3 Erfahrungssicherung für Nachfolgeprojekte

Da das Projekt einer der ersten ist, welches ich selbstständig durchführen konnte, wird in diesem Abschnitt auf den Lerneffekt eingegangen, den die Durchführung für mich hatte. Ich konnte durch das Projekt nicht nur mein Fachwissen in einigen Themenbereichen (Virtualisierung, Einplatinencomputer, Linux) erweitern, sondern auch einige „grundlegenden Regeln“ des Projektmanagements aus erster Hand erfahren. Sowohl die in Punkt 4.2 angesprochenen Probleme als auch die Durchführung des Projekts an sich führten zu folgenden „Leitsätzen“, welche ich in Zukunft beachten werde:

- Bei der Auswahl von Hard- und Software immer darauf achten, dass sie den Ansprüchen des Projekts genügt. Ggf. Rückfragen an den Anbieter richten.
- Bestellte Hardware / Materialien sofort nach Erhalt umfangreich bzw. bestenfalls sogar vollständig prüfen. Dies vermeidet Probleme mit Umtauschfristen etc.

- Kompatibilität beachten. Wird die gewünschte Hardware vom gewünschten Betriebssystem unterstützt? Läuft die benötigte Software auf dem gewünschten Betriebssystem? Diese Fragen sind im Vorfeld zu klären.
- Im Zweifelsfall lieber etwas überdimensioniert bestellen. I.d.R. ist es günstiger, im Zweifelsfall das leistungsstärkere System zu bestellen, als ein schwächeres System nachträglich aufzurüsten.
- Spezialisierte Fachkräfte einsetzen: Wenn ich beispielsweise ein Projekt mit Unixoiden Betriebssystemen durchführen will, so muss ich mich entweder selbst gut auf diesem Gebiet auskennen oder entsprechende Fachkräfte auf diesem Gebiet zu Rate ziehen können. Ist das nicht der Fall, wird es unweigerlich zu Verzögerungen kommen.

6.4 Projektdokumentation / Präsentation

Da ich schon vor Beginn des Projekts wusste, dass ich im Anschluss eine Dokumentation schreiben sowie eine Präsentation halten muss, hielt ich während der Durchführung des Projekts öfters kurz inne, um mir Randnotizen zu den einzelnen Produktionsschritten zu machen. Hierbei hielt ich nicht nur technische Details an sich fest, sondern auch weitere Details (gewonnene Eindrücke, Lage im Zeitplan, aufgekommene Probleme und deren Lösungsweg usw.). Als ich dann nach der Produktion mit dem Schreiben der Dokumentation begann, konnte ich so auf eine umfangreiche Sammlung von Notizen zurückgreifen. Dies hat mir beim Schreiben sehr geholfen. Dies wird mir auch beim Erstellen der Projektpräsentation hilfreich sein, womit ich voraussichtlich am 20.05.2014 beginnen werde, sobald die Dokumentation abgegeben ist.

6.5 Quellen

6.5.1 Literatur

- Heinrich Hübscher, Hans-Joachim Petersen, Carsten Rathgeber, Klaus Richter, Dr. Dirk Scharf: *IT-Handbuch für IT-Systemelektroniker/-in Fachinformatiker/-in*
 - Westermann Verlag, 5. Auflage 2007
 - ISBN: 978-3-14-225042-7
- Doug Loewe: *Netzwerke*
 - Wiley-VCH Verlag, 5. Auflage
 - ISBN: 978-3-527-70409-5
- Mirko Dölle: Rechenzwerge - ARM-Boards für unter 100 Euro
 - c't vom 14.03.2014, Heise Zeitschriften Verlag

6.5.2 Websites:

URL	letzter Aufruf
http://www.happyware.com/de/it-loesungen/virtualisierungsloesungen/arten-der-virtualisierung/	02.05.2014
http://h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en/sm/WF05a/12454-12454-321959-338927-5231345-5234230.html?dnr=2	02.05.2014
http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Applikationsvirtualisierung-application-virtualization.html	02.05.2014
http://www.computerwoche.de/a/alles-ueber-virtualisierung,2350017,5	02.05.2014
http://de.wikipedia.org/wiki/Einplatinencomputer	02.05.2014
http://elinux.org/Beagleboard:BeagleBone_Capes	02.05.2014
http://www.hwkitchen.com/products/gsm-playground/	02.05.2014
http://pandaboard.org/	02.05.2014
http://www.amaxing.de/die-bessere-alternative-zum-raspberry-pi-cubietruck-3-cubietruck/2013/12/05/	02.05.2014
http://jaxenter.de/artikel/Sieben-Zwerge-Ethernut-169937	02.05.2014
http://beagleboard.org/project/QNX+Neutrino+on+OMAP/	02.05.2014
http://beagleboardbsp.codeplex.com/	02.05.2014
http://www.ti.com/devnet/docs/catalog/embeddedsoftwarefulldetails.tsp?productId=13121	02.05.2014
http://www.liquidware.com/shop/show/BB-PND/PandaBoard	02.05.2014
http://www.aliexpress.com/store/product/Cubietruck-dual-core-cubietruck-Wifi-BT-2GB-DDR3-hot-selling/211096_1386992798.html	02.05.2014
http://www.egnite.de/egnite-shop.html	02.05.2014
http://elinux.org/BeagleBone_M2M_Cape	02.05.2014
http://elinux.org/Beagleboard:BeagleBoneBlack	02.05.2014
http://www.tecchannel.de/server/virtualisierung/2049652/it_trends_2013_2014_vom_anbieter_hype_zur_anwenderloesungen/	02.05.2014
http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/products/windows-server-2012-r2/default.aspx	02.05.2014

http://scr3.golem.de/?d=0908/Futro-S100&a=69277&s=5	02.05.2014
http://www.tecchannel.de/server/virtualisierung/2037095/desktop_client_server_anwendung_presentation_was_ist_was_bei_der_virtualisierung/index5.html	02.05.2014
http://www.idicos.de/Style%20Library/idicos/goVirtual/v1.swf	02.05.2014
http://www.glcomp.com/products/servers/hp-proliant/blade-servers/blade-infrastructure/c3000	02.05.2014
http://www.dell.com/de/unternehmen/p/cloud-client-computing	02.05.2014
http://wysestore.com/Shop/index.php?main_page=index&cPath=30_49	02.05.2014
http://www.dell.com/de/unternehmen/p/cloud-client-computing	02.05.2014
http://blog.kutej.net/2011/05/hp-proliant-dl320g5	02.05.2014
http://files.dlink.com.au/Products/DES-1024R+/Images/	02.05.2014
http://www.dlink.com/de/de/business-solutions/switching/unmanaged-switches/desktop/des-1024rplus-24-port-10-100mbps-rack-mount-switch	02.05.2014
http://netgear.at/products/home/switches/gs605.aspx#	02.05.2014
http://www.misco.de/product/155707/NETGEAR-GS605-5-Port-Gigabit-Desktop-Switch-5-Port	02.05.2014
http://www.frontierpc.com/networking/network-switches-bridges/ethernet-switch/netgear/gs600/gs605-5-port-gigabit-ethernet-switch-na-10238313.html	02.05.2014
http://www.armhf.com/getting-started-with-ubuntu-img-file/	02.05.2014
https://www.virtualbox.org/	02.05.2014
http://www.mikrocontroller.net/articles/Raspberry_Pi	02.05.2014
https://www.akirisolutions.com/products/beagle-bone/ubuntu	02.05.2014
http://www.tigal.com/category/185	02.05.2014
http://learn.adafruit.com/search?q=BeagleBone+Black	02.05.2014
http://beagleboard.org/static/beaglebone/latest/README.htm	02.05.2014
http://www.citrix.de/products/receiver/overview.html	02.05.2014
http://www.linkedin.com/company/cloud-distribution-ab/private-cloud-application-streaming-665333/product	02.05.2014
http://www.straightrunning.com/XmingNotes/	02.05.2014
http://www.2x.com/products/	02.05.2014
http://www.thinpoint.ch/applikationsvirtualisierung.html	02.05.2014
http://www.netleverage.com/thinpoint.html	02.05.2014
http://distrowatch.com/table.php?distribution=lubuntu	02.05.2014
http://de.wikipedia.org/wiki/Unix	10.05.2014
http://de.wikipedia.org/wiki/Power_over_Ethernet	10.05.2014
http://de.wikipedia.org/wiki/Registrierungsdatenbank	10.05.2014
http://de.wikipedia.org/wiki/Kernel_%28Betriebssystem%29	10.05.2014
http://www.computerwoche.de/a/alles-ueber-virtualisierung,2350017,4	10.05.2014
http://de.wikipedia.org/wiki/Mikroprozessor	10.05.2014
http://www.microsoft.com/germany/msdn/academic/dreamspark/default.aspx	10.05.2014
http://de.wikipedia.org/wiki/Murphys_Gesetz	10.05.2014

6.5.3 Fachgespräche

Mit folgenden Personen (abgesehen von den Lehrkräften der August-Bebel-Schule) führte ich Fachgespräche, welche mir beim Durchführen der Projektarbeit halfen:

- Achim Enders, Regionalleiter Mitte / Geschäftsleitung Fritz & Macziol GmbH
- Niaz Khan, Informatik Betriebswirt Cordsen Engineering GmbH
- Michael Buchholz, IT-Systemelektroniker Cordsen Engineering GmbH

6.6 Verwendete Software

Während der Planung und Durchführung des Projekts sowie während des Erstellens der Dokumentation und der Präsentation habe ich folgende Software verwendet:

- Software für das Projekt:
 - Apt (<https://wiki.debian.org/Apt>)
 - rdesktop (<http://www.rdesktop.org/>)
 - VMware Player (<http://www.vmware.com/de/products/player>)
 - VirtualBox (<https://www.virtualbox.org/>)
- Betriebssysteme
 - Microsoft Windows XP Professional (<http://windows.microsoft.com/de-de/windows/windows-help?os=winxp#windows=windows-xp>)
 - Microsoft Windows 7 Professional (<http://windows.microsoft.com/de-DE/windows/home>)
 - Microsoft Windows Server 2008 R2 Standard (<http://www.microsoft.com/de-de/download/details.aspx?id=19994>)
 - Canonical Ubuntu 13.10 (<http://www.ubuntu.com/>) + LXDE (<http://lxde.org/>)
 - Android 4.4 (<http://www.android-x86.org/>)
- Dokumentation / Präsentation
 - Microsoft Word 2010 (<http://office.microsoft.com/de-de/>)
 - Microsoft PowerPoint 2010 (<http://office.microsoft.com/de-de/>)
 - Microsoft Expression Design 4 (<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=36180>)
 - GIMP 2.8 (<http://www.gimp.org/>)
 - PDF to Doc Converter 1.1 (<http://www.hellopdf.com/>)

7. Anhang

Im Folgenden finden sich alle Dokumente, aus welchen sich bei Bedarf noch einmal wichtige Details entnehmen lassen. Im Einzelnen sind im Anhang enthalten:

- fiktives Lastenheft (Punkt 3.2)
- fiktives Pflichtenheft (Punkt 3.4)
- Datenblatt zum BeagleBone Black (Punkt 1.2.4)
- Datenblatt zum HP Proliant DL320 (Punkt 2.3.1)
- Datenblatt zum D-Link DES-1024R+ (Punkt 2.3.2)

Hierbei ist zu beachten, dass von den Datenblättern zum BeagleBone Black sowie zum HP Proliant jeweils nur die ersten paar Seiten angefügt sind, da die Datenblätter sehr lang sind. Die vollständigen Datenblätter liegen im PDF und DOC-Format auf einer CD-ROM dieser Dokumentation bei.



Fritz Bürobedarf GbR
Hauptstraße 12
12345 Musterstadt

Tel.: 012 / 34567 - 01
Fax.: 012 / 34567 - 02
E-Mail: info@fritz-buerobedarf.de

Musterstadt, 01.03.2014

Bauer IT-Systeme GmbH
Hauptplatz 10
12345 Musterstadt

Lastenheft

Sehr geehrter Herr Bauer,
wie telefonisch besprochen sende ich Ihnen hiermit eine Liste aller Features, die unsere virtualisierte Umgebung aufweisen soll:

- Clients sollen in Anschaffung und Unterhalt günstig sein
- Clients sollen auch eigenständig lauffähig sein (kein Windows nötig)
- bei Bedarf kann schnell auf ein Windows-System zugegriffen werden
- jeder Mitarbeiter kann von jedem Platz auf sein System zugreifen
- Server-Hardware den Anforderungen entsprechend

Ich erwarte Ihre Antwort bis zum 15.03.2014. Für eventuelle Rückfragen stehe ich jederzeit zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen,

J. Fritz

Jochen Fritz, Geschäftsleitung

Musterstadt, 07.03.2014

Fritz Bürobedarf GbR
Hauptstraße 12
12345 Musterstadt

Pflichtenheft

Sehr geehrter Herr Fritz,
ich freue mich, Ihnen hiermit das aus Ihren Anforderungen abgeleitete Pflichtenheft zuschicken zu können. Bitte prüfen Sie alle Angaben genauestens, ob sie Ihren Ansprüchen gerecht werden.

Bei eventuellen Rückfragen stehe ich Ihnen jederzeit zur Verfügung!

Mit freundlichen Grüßen,

S. Bauer

Simon Bauer, Geschäftsleitung

Anlagen: Pflichtenheft

Pflichtenheft

1. Zielbestimmung

- Als Clients werden kostengünstige Einplatinencomputer eingesetzt.
- Auf den Clients wird eine Linux-Distribution installiert, um die Eigenständigkeit zu gewährleisten.
- Für jeden Mitarbeiter wird eine virtuelle Maschine auf einem Server eingerichtet, deren Zugriffsrechte, Software-Ausstattung, Hardware-Leistung usw. auf die individuellen Bedürfnisse jedes Mitarbeiters zugeschnitten sind.
- Jeder Mitarbeiter kann zu jeder Zeit auf seine virtuelle Maschine zugreifen. Der Zugriff erfolgt unabhängig von Client, an welchem sich der Mitarbeiter gerade befindet.
- Die Server-Hardware wird entsprechend der Anzahl der Clients und deren Hardware-Konfiguration ausgewählt.
- Die Clients sind im Bedarfsfall mit neuen Schnittstellen erweiterbar (USB, W-LAN, Audio).
- Als virtuelle Maschine können im Bedarfsfall auch andere Betriebssysteme eingesetzt werden (Dos, Windows XP / Vista / 7 / 8, diverse Linux-Distributionen, Android usw.).
- Es können Netzlaufwerke für die gemeinsame Nutzung der Firmendaten durch alle Clients installiert werden.

Legende: **Muss-Kriterium** | **Wunsch-Kriterium** | **Abgrenzungskriterium**

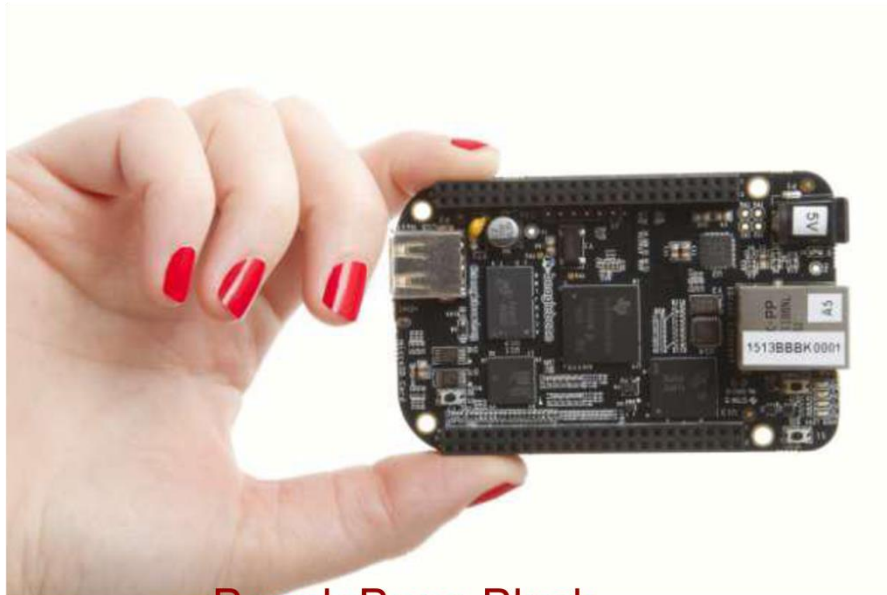
2. Produkteinsatz

Das System wird im Hauptsitz der Firma Fritz Bürobedarf GbR in Musterstadt eingesetzt. Es werden ca. 120 Clients mit unterschiedlichen Anforderungen benötigt.

REF: BBONEBLK_SRM

BeagleBone Black System
Reference Manual

Rev A5.2



BeagleBone Black System Reference Manual

Revision A5.2
April 11, 2013

Author: Gerald Coley

Contributing Editor: Robert P J Day

REF: BBONEBLK_SRM

BeagleBone Black System
Reference Manual

Rev A5.2

THIS DOCUMENT

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0> or send a letter to Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.

All derivative works are to be attributed to Gerald Coley of BeagleBoard.org.

For more information, see <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>

Send all comments and errors concerning this document to the author at
gerald@beagleboard.org

For other questions you may contact Gerald at:

Gerald Coley
Texas Instruments
12500 TI Blvd. Dallas, Tx 75243
g-coley1@ti.com

All information in this document is subject to change without notice.

For an up to date version of this document refer to:

http://circuitco.com/support/index.php?title=BeagleBoneBlack#LATEST_PRODUCTION_FILES_.28A5A.29

REF: BBONEBLK_SRM

BeagleBone Black System
Reference Manual

Rev A5.2

BEAGLEBONE DESIGN

These design materials referred to in this document **NOT SUPPORTED** and **DO NOT** constitute a reference design. Only “community” support is allowed via resources at BeagleBoard.org/discuss.

THERE IS NO WARRANTY FOR THE DESIGN MATERIALS, TO THE EXTENT PERMITTED BY APPLICABLE LAW. EXCEPT WHEN OTHERWISE STATED IN WRITING THE COPYRIGHT HOLDERS AND/OR OTHER PARTIES PROVIDE THE DESIGN MATERIALS “AS IS” WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EITHER EXPRESSED OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. THE ENTIRE RISK AS TO THE QUALITY AND PERFORMANCE OF THE DESIGN MATERIALS IS WITH YOU. SHOULD THE DESIGN MATERIALS PROVE DEFECTIVE, YOU ASSUME THE COST OF ALL NECESSARY SERVICING, REPAIR OR CORRECTION.

This board was designed as an evaluation and development tool. It was not designed with other application in mind. As such, these design materials may or may not be suitable for other purposes. If used, the design material becomes your responsibility as to whether or not it meets your specific needs or your specific applications and may require changes to meet requirements.



REF: BBONEBLK_SRM

BeagleBone Black System
Reference Manual

Rev A5.2

BEAGLEBONE BLACK ADDITIONAL TERMS

BeagleBoard.org, Circuitco, LLC, and BeagleBoard.org (Supplier) provide the enclosed BeagleBone under the following conditions:

The user assumes all responsibility and liability for proper and safe handling of the goods. Further, the user indemnifies Supplier from all claims arising from the handling or use of the goods.

Should the BeagleBone not meet the specifications indicated in the System Reference Manual, the BeagleBone may be returned within 90 days from the date of delivery to the distributor of purchase for a full refund. THE FOREGOING LIMITED WARRANTY IS THE EXCLUSIVE WARRANTY MADE BY SELLER TO BUYER AND IS IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESSED, IMPLIED, OR STATUTORY, INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE. EXCEPT TO THE EXTENT OF THE INDEMNITY SET FORTH ABOVE, NEITHER PARTY SHALL BE LIABLE TO THE OTHER FOR ANY INDIRECT, SPECIAL, INCIDENTAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES.

Please read the System Reference Manual and, specifically, the Warnings and Restrictions notice in the Systems Reference Manual prior to handling the product. This notice contains important safety information about temperatures and voltages.

No license is granted under any patent right or other intellectual property right of Supplier covering or relating to any machine, process, or combination in which such Supplier products or services might be or are used. The Supplier currently deals with a variety of customers for products, and therefore our arrangement with the user is not exclusive. The Supplier assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein.

UNITED STATES FCC AND CANADA IC REGULATORY COMPLIANCE INFORMATION

The BeagleBone is annotated to comply with Part 15 of the FCC Rules

Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation. Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

This Class A or B digital apparatus complies with Canadian ICES-003. Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment. Cet appareil numérique de la classe A ou B est conforme à la norme NMB-003 du Canada. Les changements ou les modifications pas expressément approuvés par la partie responsable de la conformité ont pu vider l'autorité de l'utilisateur pour actionner l'équipement.



REF: BBONEBLK_SRM

BeagleBone Black System
Reference Manual

Rev A5.2

BEAGLEBONE WARNINGS, RESTRICTIONS AND DISCLAIMERS

For Feasibility Evaluation Only, in Laboratory/Development Environments. The BeagleBone Black is not a complete product. It is intended solely for use for preliminary feasibility evaluation in laboratory/development environments by technically qualified electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical/mechanical components, systems and subsystems. It should not be used as all or part of a finished end product.

Your Sole Responsibility and Risk you acknowledge, represent, and agree that:

1. You have unique knowledge concerning Federal, State and local regulatory requirements (including but not limited to Food and Drug Administration regulations, if applicable) which relate to your products and which relate to your use (and/or that of your employees, affiliates, contractors or designees) of the BeagleBone for evaluation, testing and other purposes.
2. You have full and exclusive responsibility to assure the safety and compliance of your products with all such laws and other applicable regulatory requirements, and also to assure the safety of any activities to be conducted by you and/or your employees, affiliates, contractors or designees, using the BeagleBone. Further, you are responsible to assure that any interfaces (electronic and/or mechanical) between the BeagleBone and any human body are designed with suitable isolation and means to safely limit accessible leakage currents to minimize the risk of electrical shock hazard.
3. Since the BeagleBone is not a completed product, it may not meet all applicable regulatory and safety compliance standards which may normally be associated with similar items. You assume full responsibility to determine and/or assure compliance with any such standards and related certifications as may be applicable. You will employ reasonable safeguards to ensure that your use of the BeagleBone will not result in any property damage, injury or death, even if the BeagleBone should fail to perform as described or expected.

Certain Instructions. It is important to operate the BeagleBone Black within Supplier's recommended specifications and environmental considerations per the user guidelines. Exceeding the specified BeagleBone ratings (including but not limited to input and output voltage, current, power, and environmental ranges) may cause property damage, personal injury or death. If there are questions concerning these ratings please contact the Supplier representative prior to connecting interface electronics including input power and intended loads. Any loads applied outside of the specified output range may result in unintended and/or inaccurate operation and/or possible permanent damage to the BeagleBone and/or interface electronics. Please consult the System Reference Manual prior to connecting any load to the BeagleBone output. If there is uncertainty as to the load specification, please contact the Supplier representative. During normal operation, some circuit components may have case temperatures greater than 60 °C as long as the input and output are maintained at a normal ambient operating temperature. These components include but are not limited to linear regulators, switching transistors, pass transistors, and current sense resistors which can be identified using the BeagleBone schematic located at the link in the BeagleBone System Reference Manual. When placing measurement probes near these devices during normal operation, please be aware that these devices may be very warm to the touch. As with all electronic evaluation tools, only qualified personnel knowledgeable in electronic measurement and diagnostics normally found in development environments should use the BeagleBone.

Agreement to Defend, Indemnify and Hold Harmless. You agree to defend, indemnify and hold the Suppliers, its licensors and their representatives harmless from and against any and all claims, damages, losses, expenses, costs and liabilities (collectively, "Claims") arising out of or in connection with any use of the BeagleBone that is not in



REF: BBONEBLK_SRM

BeagleBone Black System
Reference Manual

Rev A5.2

accordance with the terms of the agreement. This obligation shall apply whether Claims arise under law of tort or contract or any other legal theory, and even if the BeagleBone fails to perform as described or expected.

Safety-Critical or Life-Critical Applications . If you intend to evaluate the components for possible use in safety critical applications (such as life support) where a failure of the Supplier's product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death, such as devices which are classified as FDA Class III or similar classification, then you must specifically notify Suppliers of such intent and enter into a separate Assurance and Indemnity Agreement.

Mailing Address:

BeagleBoard.org
1380 Presidential Dr. #100
Richardson, TX 75081
U.S.A.

WARRANTY*The BeagleBone Black Assembly as purchased is warranted against defects materials and workmanship for a period of 90 days from purchase. This warranty does not cover any problems occurring as a result of improper use, modifications, exposure to water voltages, abuse, or accidents. All boards will be returned via standard mail if an issue is found or express return is needed, the customer will pay all shipping costs*

Before returning the board, please visit
BeagleBoard.org/support

For up to date SW images and technical information refer to
<http://circuitco.com/support/index.php?title=BeagleBoneBlack>

All support for this board is provided via community support at
www.beagleboard.org/discuss

To return a defective board for repair, please request an RMA at
<http://beagleboard.org/support/rma>

**Please DO NOT return the board without approval from the
RMA team first.**

All boards received without RMA approval will not be worked on.

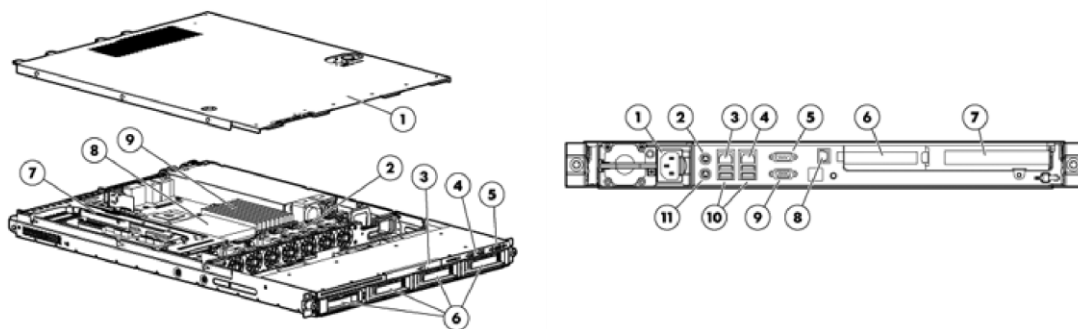
QuickSpecs

HP ProLiant DL320 Generation 6 (G6)

Overview

The HP ProLiant DL320 G6 Server is an enterprise rack-optimized server at an entry level price. The highly manageable 1 processor, 1U server is ideal for single-application IT infrastructure, web and edge-of-network applications.

The HP infrastructure management capabilities, combined with other Insight software, give the DL320 G6 enterprise-class management features. Support for 1 to 4 low-cost Serial ATA drives on an integrated RAID0/1/10 controller, with an optional upgrade to highly reliable hot plug SAS hard drives, gives the DL320 G6 flexibility to meet the needs of your datacenter. Plus, you get the cost-effective solution of a single-processor platform with options from the Intel® Xeon® Processor 5500 and 5600 sequences with turbo mode.



Front View:

1. Cover
2. Non Hot Plug Dual Rotor Fans
3. Optional Slim 9.5mm DVD ROM
4. USB connectors (2)
5. Power Button, UID button, and Front LED Indicators
6. Support for up to four SATA or SAS Hard Drives or SSD's
7. Two PCI-Express Slots (2 PCI-Express 2.0 x16 connectors standard)
8. Processor Socket (Intel Xeon, Core 2, Quad Core, and Six Core)
9. Nine DDR3 Memory Slots

Rear View:

1. Power supply
2. Mouse connector
3. NIC 1 Port/Shared iLO 2 Management Port
4. NIC 2 Port
5. Serial connector
6. PCI Express expansion slot 5, low-profile, half-length
7. PCI Express expansion slot 4, (optional PCI-X, full-length)
8. Dedicated Integrated Lights-Out 2 (ProLiant Onboard Administrator powered by integrated Lights-Out 2) management port (optional)
9. Video connector
10. USB connectors (4)
11. Keyboard connector

What's New

- Support for new HP hard drive

QuickSpecs

HP ProLiant DL320 Generation 6 (G6)

Standard Features

NOTE: For the Standard Features shipped in the "Factory Integrated Models", please see the "Configuration Information - Factory Integrated Models" section.

Processor

One of the following
depending on Model

Six-Core Processors

Intel® Xeon® X5650 (2.66GHz/6-core/12MB/95W, DDR3-1333, HT, Turbo 2/2/2/2/3/3) Processor

Intel® Xeon® E5649 (2.53GHz/6-core/12MB/80W) Processor

Intel® Xeon® E5645 (2.40GHz/6-core/12MB/80W) Processor

Quad-Core Processors

Intel® Xeon® E5607 (2.26GHz/4-core/8MB/80W) Processor

Intel® Xeon® E5606 (2.13GHz/4-core/8MB/80W) Processor

Intel® Xeon® E5603 (1.60GHz/4-core/4MB/80W) Processor

Intel® Xeon® E5506 (2.13GHz/4-core/4MB/80W, DDR3-800) Processor

Intel® Xeon® E5530 (2.40GHz/4-core/8MB/80W, DDR3 1066, HT, Turbo 1/1/2/2) Processor

Intel® Xeon® E5620 (2.40GHz/4-core/12MB/80W, DDR3-1066, HT, Turbo 1/1/2/2) Processor

Intel® Xeon® E5630 (2.53GHz/4-core/12MB/80W, DDR3-1066, HT, Turbo 1/1/2/2) Processor

Intel® Xeon® E5640 (2.66GHz/4-core/12MB/80W, DDR3-1066, HT, Turbo 1/1/2/2) Processor

Intel® Xeon® L5506 (2.13GHz/4-core/4MB/60W, DDR3-800) Processor

Intel® Xeon® L5609 (1.86GHz/4-core/12MB/40W, DDR3-1066) Processor

Intel® Xeon® L5630 (2.13GHz/4-core/12MB/40W, DDR3-1066, HT, Turbo 1/1/2/2) Processor

Dual-Core Processors

Intel® Xeon® E5502 (1.86GHz/2-core/4MB/80W, DDR3-800) Processor

Intel® Xeon® E5503 (2.00GHz/2-core/4MB/80W, DDR3-800) Processor

NOTE: HT indicates that the processor model supports Intel® Hyper-Threading Technology.

NOTE: Turbo indicates the maximum potential frequency increment when using Intel® Turbo Boost Technology, with 6, 4, 3, 2, and 1 cores active.

NOTE: DDR3 speed is the maximum memory speed of the processor. Actual memory speed may depend on the quantity and type of DIMMs installed.

NOTE: For the Intel 5500 and 5600 Series, the letter preceding the model number indicates the performance/wattage of the processor: ; "E" denotes Enterprise Performance/Wattage (Mainstream); and "L" denotes Lower Wattage.

Cache Memory

One of the following
depending on Model

4MB (1 x 4MB) Level 3 Cache

8MB (1 x 8MB) Level 3 Cache

12MB (1 x 12MB) Level 3 Cache

Chipset

Intel 5500 Chipset with up to 6.4GT/s QPI

NOTE: For more information regarding Intel chipsets, please see the following URL:
<http://www.intel.com/products/server/chipsets/>.

QuickSpecs

HP ProLiant DL320 Generation 6 (G6)

Standard Features

Memory Protection

Advanced ECC
Mirroring mode
Lock-step mode
Online spare

NOTE: Xeon W3500 processor family does not support any of above advanced features.

NOTE: Online spare is only supported on Xeon 5600 processor series.

Memory

One of the following
depending on Model

Type	DDR3 1067/1333 Registered (RDIMM) and Unbuffered (UDIMM)
Standard (Entry Models)	4 GB (2 x 2 GB) RDIMM
Standard (High Efficiency Models)	4 GB (2 x 2 GB) UDIMM
Standard (Performance Models)	6 GB (3 x 2 GB) RDIMM
Maximum Memory	Up to 144 GB, using DDR3 Registered (RDIMM) memory, operating at 800MHz when fully populated at 3 DIMMs per Channel in 9 Slots. Up to 24 GB, using DDR3 Unbuffered (UDIMM) memory, operating at 1066MHz when fully populated at 2 DIMMs per Channel in 6 slots.

Network Controller

Embedded NC326i Dual Port Gigabit Server Adapter

Expansion Slots

NOTE: Two total slots. (1) Full length PCI Express x16 slot (x16 connector). Can be replaced with a full-length 64-bit /133MHz PCI-X slot. (1) Half-length, low-profile PCI Express x4 slot (x16 connector).

Expansion Slots #	Technology	Bus Width**	Connector Width	Bus Number*	Form Factor	Notes
5 (Standard)	PCIe	x4	x16	10	Low profile (half length, half height) slot	
4 (Standard)	PCIe	x16	x16	21	Full length, full height slot	This PCIe slot can be replaced with optional PCI-X slot below
4 (Optional)	PCI-X (133MHz, 3.3Volt)	64-bit	Not applicable	24	Full length, full height slot	

* Default bus assignment (in decimal). Inserting cards with PCI bridges may alter the actual bus assignment number

** Indicates the number of physical electrical lanes running to the connector.

QuickSpecs

HP ProLiant DL320 Generation 6 (G6)

Standard Features

Storage Controllers One of the following depending on Model	Entry Models	HP Smart Array B110i SATA RAID Controller (RAID 0/1/1+0) NOTE: Transfer rate: 3Gb/s SATA NOTE: SATA Hot Plug available via Hot Plug Advance Pack for B110i NOTE: Hot Plug SAS and SATA controllers available via PCI card option.	
	High Efficiency Models	HP Smart Array B110i SATA RAID Controller (RAID 0/1/1+0) NOTE: Transfer rate: 3Gb/s SATA NOTE: SATA Hot Plug available via Hot Plug Advance Pack for B110i NOTE: Hot Plug SAS and SATA controllers available via PCI card option.	
	Performance Models	HP Smart Array P410/256MB Controller (RAID 0/1/1+0/5/5+0) NOTE: Available upgrades: Battery Kit upgrade (for BBWC), 512MB with BBWC, Flash Backed Write Cache (FBWC), and Smart Array Advanced Pack (SAAP)	
Internal Storage Devices	Diskette Drive	None	
	Optical Drive	None ship standard Optional: Optional DVD or DVD-RW drive	
	Hard Drives	None ship standard	
	Hard Drive Bays	Standard four 3.5" (Large Form Factor) hot-plug SATA or SAS hard drive bays; optional eight 2.5" (Small Form Factor) hot-plug SATA, SAS or SSD hard drive bays	
Maximum Internal Storage	LFF SATA (4HDD models - requires optional 4HDD cage)	12TB	4 x 3TB
	LFF SAS (4HDD models - requires optional PCI controller)	12TB	4 x 3TB
	SFF SATA, SAS, (8HDD models - requires option PCI controller)	8TB	8 x 1TB
	LFF SATA SSD	3.2TB	8 x 400GB
	SFF SATA SSD	3.2TB	8 x 400GB
Interfaces	Serial	1	
	Video	1	
	Network RJ-45	2	
	Keyboard	1	
	Pointing Device (Mouse)	1	
	SD Slot	1	
	USB 2.0	7 (2 front, 1 internal (optional), 4 rear) NOTE: In order to connect a USB device internally, the internal USB Cable G6 Kit must be used (536769-B21).	

QuickSpecs

HP ProLiant DL320 Generation 6 (G6)

Standard Features

Industry Standard Compliance	ACPI 2.0 Compliant	
	PCI 3.0 Compliant	
	PXE Support	
	WOL Support	
	Microsoft® Logo certifications	
	USB 2.0 Support	
	IPMI 2.0	
Server Power Cords	North America	One 6' Highline (IEC-IEC) power cord ships standard
	Japan	One 6' Highline (IEC) power cord and one 6' Lowline power cord ship standard
	ROW	One 6' Highline (IEC) power cord ships standard
	NOTE: HP ProLiant DL320 G6 servers ship standard worldwide with a C13 to C14 2M Highline jumper cord. Japanese models also include a 2M Lowline power cord. If customers require a local power cord, they can check the power cord matrix for the appropriate country specific cord. Please see the following power cord matrix: http://www.hp.com/go/powercordmatrix	
Power Supplies	Entry Models	HP 400W Factory Integrated Power Supply, non-redundant
	High Efficiency Models	HP 500W Factory Integrated Power Supply Kit with Backplane, non-redundant
	Performance Models	HP 365W Hot Plug Redundant Power Supply Kit with Backplane, redundant
System Fans	5 dual rotor fans ship standard	
Required Cabling	For required cabling information, refer to the Web site at: www.hp.com/servers/proliantdl320-g6 .	
Operating Systems and Virtualization Software Support for ProLiant Servers	Microsoft Windows Server	
	Red Hat Enterprise Linux (RHEL)	
	SUSE Linux Enterprise Server (SLES)	
	Oracle Solaris	
Graphics	NOTE: Support differences will exist between the SATA and SAS configurations.	
	NOTE: For more information on HP's Certified and Supported ProLiant Servers for OS and Virtualization Software and latest listing of software drivers available for your server including how to purchase from HP, please visit our OS Support Site at: www.hp.com/go/ossupport	
	Integrated ATI ES1000, 64 MB video standard	
Graphics	<ul style="list-style-type: none"> 16 bit color: maximum resolution of 1600 x 1200 32 bit color: maximum resolution of 1280 x 1024 	
	NOTE: Maximum resolution available via iLO 2 remote console is 1280 x 1024.	

D-Link

10/100Mbps Unmanaged Switches



DES-1016R+
DES-1024R+

Top: DES-1016R+ switch with 16 auto-sensing 10/100Mbps ports.
Bottom: DES-1024R+ switch with 24 auto-sensing 10/100Mbps ports.
Each switch is equipped with an open slot (on the front) for you to fit in
an optional 2-port 100Mbps Fast Ethernet fiber module.

10/100Mbps Switches for Workgroups

These unmanaged 10/100Mbps switches are designed to enhance workgroup performance while providing a high level of flexibility. Powerful yet easy to use, these devices allow users to simply plug any port to either a 10Mbps or 100Mbps network to multiply bandwidths, boost response time and satisfy heavy load demands.

Choices of 16 or 24 10/100Mbps Ports

Two choices of switches are available: one with 16 10/100Mbps ports, the other with 24 10/100Mbps ports. These ports detect the network speed and auto-negotiate between 10BASE-TX and 10BASE-T, as well as full- and half-duplex.

Auto-adjustment of MDI/MDIX Cross Over

All 10/100Mbps ports auto-adjust MDI/MDIX twisted-pair cable cross-over, eliminating the need for cross-over cables or uplink buttons. You simply plug any port to a server, a workstation or a hub, using the usual straight-through twisted-pair cable. The port will auto-sense the attached device type and adjust the Tx, Rx pin assignments accordingly before transmitting and receiving data.

Optional 100Mbps Fiber Ports

An open slot is provided on the front panel to let you install an optional Fast Ethernet fiber module. This module provides 2 100Mbps fiber ports for 2 server connections or switch-to-switch cascading over the reliable fiber cables, which can be up to 2km long.

Flow Control Protects Against Data Loss

Using flow control (in full duplex and applicable to all 10/100Mbps ports), the switch monitors the buffer status of each port. During peak usage, if the buffer fills to capacity, the switch detects this and signals to the attached node to delay sending new data until the switch can accept it. This operation minimizes the chance of any buffer overrun where incoming data overwrites the current data that has not been completely flushed out of the buffer. This function works with flow control supported Fast Ethernet adapters (installed in servers) connected to the switch in dedicated bandwidth configuration. It can also be applied to switch-to-switch cascading.

Easy Expansion

Cascading 2 switches together to expand the network using the twisted-pair ports is easy. As all 10/100Mbps ports support auto-negotiation of MDI/MDIX twisted-pair cable cross-over, you simply connect 2 switches together without having to find a cross-over cable or to make sure the ports are uplink ports. At 200Mbps full-duplex speed, all ports provide a fast switch-to-switch dedicated bandwidth. 16 or 24 10/100Mbps ports

Key Features

- 1 expansion slot for 2 optional 100Mbps fiber ports
- Full/half duplex support for each port
- Auto-learning of network configuration
- IEEE 802.3x flow control in full duplex mode for protection against data loss
- Back pressure in half duplex mode
- Auto-adjustment of MDI/MDIX cross over for each port
- Auto-correction of twisted-pair polarity reverse
- RAM buffer dynamically allocated for each port

DES-1016R+/1024R+ Technical Specifications

General

Standards

- IEEE 802.3 10BASE-T Ethernet
- IEEE 802.3u 100BASE-TX Fast Ethernet
- IEEE 802.3u 100BASE-FX Fast Ethernet
- ANSI/IEEE 802.3 NWay auto-negotiation
- IEEE 802.3x Flow Control

Protocol

CSMA/CD

Data Transfer Rates

- Ethernet:
 - 10Mbps (half duplex)
 - 20Mbps (full duplex)
- Fast Ethernet:
 - 100Mbps (half duplex)
 - 200Mbps (full duplex)

Topology

Star

Network Cables

- 10BASE-T:
 - 2-pair UTP Cat. 3, 4, 5 (100 m)
 - EIA/TIA-568 100-ohm STP (100 m)
- 100BASE-TX:
 - 2-pair UTP Cat. 5 (100 m)
 - EIA/TIA-568 100-ohm STP (100 m)
- 100BASE-FX:
 - Multi-mode (62.5/125 um or 50/125 um fiber cabling with SC connector)

Number of Built-in Ports

- DES-1016R+: 10/100Mbps port x 16
- DES-1024R+: 10/100Mbps port x 24
- DES-102F: 100BASE-FX port x 2

Media Interface Exchange

Auto-negotiation of MDI-II/MDI-X for all 10/100Mbps ports

Twisted-pair Rx Reverse Polarity

Auto-correction

LED Report

- Per device:
 - Power
- Per 10/100Mbps port:
 - 100Mbps speeds
 - Link/activity

Performance

Transmission Method

Store-and-forward

MAC Address Table

4K entries per device

Packet Filtering Rates

- Ethernet: 14,880 pps per port (half-duplex)
- Fast Ethernet: 148,800 pps per port (half-duplex)

Packet Forwarding Rates

- Ethernet: 14,880 pps per port (half-duplex)
- Fast Ethernet: 148,800 pps per port (half-duplex)

RAM Buffer

256KB per 8 ports

Flow Control

- IEEE 802.3x flow control per 10/100Mbps port in full duplex
- Back pressure per 10/100Mbps port in half duplex

Physical & Environmental

AC Input

100 - 240 VAC, 50/60 Hz
Internal universal power supply

Power Consumption

- DES-1016+: 39 watts (max.)
- DES-1024+: 39 watts (max.)

10/100Mbps Unmanaged Switches



Ventilation

- DES-1016R+: 12V - 0.09A DC fan x 1
- DES-1024R+: 12V - 0.09A DC fan x 1

Operating Temperature

0° - 50°C (32° - 122°F)

Storage Temperature

-30° - 60°C (-22° - 140°F)

Humidity

5% - 95% non-condensing

Dimensions

441 x 207 x 44 mm
(17.4 x 8.15 x 1.732 inches)
19-inch rack-mount width, 1 U height

Weight

- DES-1016R+: 2.55 kg (5.62 lb.), 2.6kg (with DES-102F module)
- DES-1024R+: 2.65 kg (5.84 lb.), 2.7 kg (with DES-102F module)

Emission (EMI)

- FCC Class A
- CE Class A
- C-Tick
- VCCI Class A
- BSMI Class A

Safety

- UL (UL1950)
- CSA (CSA950)
- TUV/GS (EN60950)



Ordering Information

Ethernet/Fast Ethernet Switches

- DES-1016R+ 16 10/100Mbps ports
- DES-1024R+ 24 10/100Mbps ports

Optional Module

- DES-102F 2 100Mbps Fast Ethernet fiber ports (SC connectors)

D-Link®

Specifications subject to change without prior notice.
D-Link is a registered trademark of D-Link Corporation/D-Link System Inc. All other trademarks belong to their proprietors.

U.S.A.	TEL: 1-949-788-0805	FAX: 1-949-753-7033
Canada	TEL: 1-905-829-5033	FAX: 1-905-829-5095
Europe	TEL: 44-20-8731-5555	FAX: 44-20-8235-5511
U.K.	TEL: 44-20-8731-5555	FAX: 44-20-8235-5511
Germany	TEL: 49-61-96779900	FAX: 49-61-96779900
France	TEL: 33-1-30.23.86.88	FAX: 33-1-30.23.86.89
Italy	TEL: 39-02-2900-0676	FAX: 39-02-2900-1723
Iberia	TEL: 34-93-4965751	FAX: 34-93-4965701
Sweden	TEL: 46-(0)8-564-61900	FAX: 46-(0)8-564-61901
Norway	TEL: 47-22-891890	FAX: 47-22-207039
Denmark	TEL: 45-43-96.90.40	FAX: 45-43-42.43.47
Finland	TEL: 358-9-622-91660	FAX: 358-9-622-91661
Singapore	TEL: 65-774-6233	FAX: 65-774-6322
Australia	TEL: 61-2-9417-7100	FAX: 61-2-9417-1077
Japan	TEL: 81-3-5434-9678	FAX: 81-3-5434-9868
China	TEL: 86-10-88097777	FAX: 86-10-88096789
India	TEL: 91-22-652-6696	FAX: 91-22-652-8914
Middle East	TEL: 202-2456176	FAX: 202-2456192
South America	TEL: 56-2-232-3185	FAX: 56-2-232-0923
South Africa	TEL: 27(0)126652185	FAX: 27(0)126652186
Russia	TEL: 7-095-737-3389	FAX: 7-095-737-3390
Taiwan	TEL: 886-2-2910-2626	FAX: 886-2-2910-1515
D-Link Corp.	TEL: 886-2-2916-1600	FAX: 886-2-2914-6299



RECYCLABLE
Rev. 01 (Mar. 2001)
Printed in Taiwan
7ES1016R+010