

Realisierung einer Server Based Computing-Lösung

Eine empirische Untersuchung am Beispiel zweier Fallstudien

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften

an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät

der Universität Passau

vorgelegt von

Dipl.-Kfm. Christian Stingl

Passau

Juni 2006

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
Danksagung.....	XII
I. Einleitung	1
I.1. Problemstellung und Ziel der Dissertation	1
I.2. Aufbau und Vorgehensweise	2
II. Technische Grundlagen.....	5
II.1. Verbreitete Netzwerkarchitekturen.....	5
II.1.1. Peer-to-Peer-Computing	5
II.1.2. Client-/Server-Computing.....	7
II.1.3. Server based Computing	8
II.1.3.1. Technologische Details	9
II.1.3.2. Chancen und Risiken	11
II.1.4. Blade-PCs als ergänzende Technologie	13
II.2. Betrachtung der eingesetzten SbC-Komponenten.....	15
II.2.1. SbC-Serverbetriebssystem: Microsoft Windows Server 2003.....	15
II.2.1.1. Terminalservices	15
II.2.1.2. Sicherheitsaspekte	16
II.2.1.3. Software	17
II.2.2. SbC-Clientbetriebssystem: Thinstation	18
II.2.2.1. Mindestvoraussetzungen.....	19
II.2.2.2. Funktionsumfang von Thinstation.....	19
II.2.2.3. Konkurrierende Projekte.....	20
II.2.3. SbC-Netzwerk.....	21
II.2.3.1. Kabelbasierte Datenübertragung nach 802.3	21
II.2.3.2. Funkbasierte Datenübertragung nach 802.11	22
II.2.3.3. Strombasierte Datenübertragung nach HomePlug 1.0	23
II.2.4. Zusammenwirken der einzelnen Komponenten	25

III. Schulen und die Informationsgesellschaft	26
III.1. Herausforderungen der Informationsgesellschaft	26
III.2. Medienkompetenz als Schlüsselqualifikation	27
III.3. Betrachtungen zur schulischen IT-Ausstattung und -nutzung	29
III.3.1. Studie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung	29
III.3.1.1. IT-Ausstattung	29
III.3.1.2. Computernutzung in den bundesdeutschen Schulen	31
III.3.2. Studie des Konsortiums Bildungsberichterstattung	32
III.3.3. IBI Studie 2005	33
III.3.4. Empirische Untersuchungen zur IT-Ausstattung	34
III.3.4.1. IT-Ausstattung	34
III.3.4.2. Finanzierung und Investition	34
III.3.4.3. Wartung und Service	35
III.3.5. Ergebnisse	35
IV. Realisierung der Server based Computing-Technologie	37
IV.1. Beschreibung des Vorgehensmodells	37
IV.2. Fallstudie an der Grundschule Alkofen	39
IV.2.1. Voruntersuchung	39
IV.2.2. IST-Aufnahme	41
IV.2.2.1. Schulnetzwerk	41
IV.2.2.2. Computerraum	43
IV.2.2.3. Computerecke der Klasse 4	45
IV.2.2.4. Ersatz-Computer	46
IV.2.3. IST-Analyse	47
IV.2.3.1. Schulnetzwerk	47
IV.2.3.2. Computerraum	47
IV.2.3.3. Computerecke der Klasse 4	50
IV.2.3.4. Ersatzcomputer	51
IV.2.4. Konzeption der IT-Ausstattung in einer SbC-Umgebung	51
IV.2.5. Migration der Schul-IT in eine SbC-Umgebung	53
IV.2.5.1. Vorbereitungen	54
IV.2.5.2. Client-Migration	56
IV.2.5.3. Server-Installation	61
IV.2.5.4. Kontrolle der Sicherheitseinstellungen	69

IV.2.6. Teststellung	69
IV.2.6.1. Erweiterung des Softwareangebots für den Schulunterricht	69
IV.2.6.2. Aufgetretene Probleme während der Testphase.....	75
IV.2.6.3. Installation der Computerecke in der Klasse 3a	76
IV.2.6.4. Neukonzeption der Computertische in der Klasse 3a und 4	76
IV.2.6.5. Serverseitige Leistungsdatenerhebung.....	77
IV.2.7. Empirische Überprüfung des SbC-Konzepts	82
IV.2.7.1. Evaluation des SbC-Systems durch die Schüler.....	83
IV.2.7.2. Evaluation des SbC-Systems durch die Lehrer.....	94
IV.2.8. Einführung des SbC-Systems.....	97
IV.2.8.1. Server-Hardware.....	97
IV.2.8.2. Terminalserver-Lizenzen.....	97
IV.2.9. Ergebnis der ersten Fallstudie	100
IV.3. Fallstudie Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I.....	102
IV.3.1. Voruntersuchung	102
IV.3.2. IST-Zustand.....	103
IV.3.2.1. Netzwerk des Lehrstuhls	103
IV.3.2.2. Serverraum	104
IV.3.2.3. Seminarraum ZB14	104
IV.3.3. IST-Analyse	105
IV.3.4. Konzeption.....	105
IV.3.5. Migration.....	107
IV.3.6. Teststellung	108
IV.3.6.1. Leistungsdatenerhebung des SbC-Systems	108
IV.3.6.2. Aufgetretene Probleme innerhalb der Testphase.....	110
IV.3.7. Evaluation.....	110
IV.3.8. Ergebnis der zweiten Fallstudie.....	117
V. Ermittlung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit	119
V.1. Allgemeine Darstellung der Total Cost of Ownership	120
V.1.1. Einführung	120
V.1.2. Unterschiedliche Ergebnisse konkurrierender Modelle.....	123
V.1.3. Beurteilung der Methode TCO.....	124
V.2. Aufstellung der Kostenkategorien und der Annahmen des TCO-Modells.....	125
V.3. Generierung der Total Cost of Ownership	131

V.3.1. TCO-Ergebnis der SbC-Technologie	132
V.3.2. TCO-Ergebnis der C/S-Technologie	133
V.3.3. TCO-Ergebnis der P2P-Technologie	134
V.4. Analyse der Total Cost of Ownership	135
V.5. Allgemeine Darstellung der Nutzwertanalyse	138
V.6. Durchführung der Nutzwertanalyse	139
V.7. Analyse der Ergebnisse der Nutzwertanalyse	143
V.8. Ermittlung des Gesamtergebnisses der Fallstudie Alkofen	147
VI. Entwicklung eines zweistufigen Schul-IT-Dienstleistungskonzepts	148
VI.1. Best Practice Beispiele	148
VI.1.1. Best Practice Projekt des Landes Berlin	148
VI.1.2. Best Practice Projekt Lernstatt Paderborn	150
VI.1.3. Best Practice Projekt München	152
VI.2. Public Private Partnership als Basis des Gesamtkonzepts	154
VI.2.1. Erste Stufe: Kooperationsmodell für den Betrieb der Schul-IT	156
VI.2.1.1. Gesamtkonzept des Kooperationsmodells	157
VI.2.1.2. Finanzielles Konzept	157
VI.2.1.3. Risikoanalyse	160
VI.2.1.4. Technisches Konzept	161
VI.2.1.5. Organisatorisches Konzept	164
VI.2.1.6. Medienentwicklungsplan	166
VI.2.2. Zweite Stufe: Erweiterung zum Education Service Provider	166
VI.2.2.1. Allgemeine Voraussetzungen	167
VI.2.2.2. Konzept der ESP-Erweiterung	168
VI.2.2.3. Chancen und Risiken der ESP-Erweiterung	169
VII. Schlussbemerkung	171
Literaturverzeichnis	xiii
Anhang	xxvi

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Peer-to-Peer-Netzwerkarchitektur	6
Abbildung 2: Client-/Server-Netzwerkarchitektur	8
Abbildung 3: Server based Computing-Netzwerkarchitektur	9
Abbildung 4: SbC-Technologie im Detail.....	10
Abbildung 5: PC Blades als ergänzende Technologie	14
Abbildung 6: Funktionsumfang von Thinstation in der Version 2.1.3	19
Abbildung 7: Zusammenwirken der einzelnen SbC-Komponenten	25
Abbildung 8: Vorgehensmodell zur Bearbeitung der Fallstudien.....	38
Abbildung 9: Alter und neuer Computerraum der Grundschule Alkofen	40
Abbildung 10: Computerecke im hinteren Bereich der Klasse 4	41
Abbildung 11: Schulnetzwerk der Grundschule Alkofen	42
Abbildung 12: Hardwareausstattung des neuen Computerraums.....	43
Abbildung 13: Softwareausstattung des Computerraums	44
Abbildung 14: Hardwareausstattung der Computerecke der Klasse 4	45
Abbildung 15: Softwareausstattung der Computerecke der Klasse 4	45
Abbildung 16: Hardwareausstattung der Ersatzcomputer	46
Abbildung 17: Anforderungskatalog an die SbC-Umgebung.....	53
Abbildung 18: Unterteilung der Migrationsphase in einzelne Schritte	53
Abbildung 19: Powerline-Messwerte ohne Aktivierung einer Störquelle	55
Abbildung 20: Migrationsrelevante Informationen zum neuen Computerraum.....	57
Abbildung 21: Migrationsrelevante Informationen zur Klasse 4	59
Abbildung 22: Migrationsrelevante Informationen zu den Ersatzcomputern	60
Abbildung 23: Einzelschritte der Phase Server-Installation.....	61
Abbildung 24: Schülerdesktop im Computerraum mit geöffnetem Startmenü.....	64
Abbildung 25: Lehrerdesktop mit geöffnetem Startmenü	65
Abbildung 26: Softwaretest für die Server based Computing Umgebung	67
Abbildung 27: Einstiegsmenü und Mathematik-Aufgabe "Zahlenmauern" der Lernwerkstatt 6.....	71
Abbildung 28: Einstiegsmenü der Lernanwendung Oriolus.....	72
Abbildung 29: Festplattenauslastung für das Programm "Wasser - Quelle des Lebens"	74

Abbildung 30: Neues Abstellkonzept für die Computer an der Rückwand der Klassen 3a und 4	76
Abbildung 31: Ausgewählte Leistungsindikatoren des Systemmonitors	77
Abbildung 32: Prozessor- und Festplattenauslastung vor Schulbeginn	78
Abbildung 33: Prozessor- und Festplattenauslastung in der zweiten Schulstunde	80
Abbildung 34: Prozessor- und Festplattenauslastung in der letzten Schulstunde.....	81
Abbildung 35: Bewertung der Lernprogramme Teil 1 (Klasse 3a).....	85
Abbildung 36: Bewertung der Lernprogramme Teil 2 (Klasse 3a).....	86
Abbildung 37: Bewertung des neuen Computersystems (Klasse 3a)	87
Abbildung 38: Bewertung des SbC-Computersystems (Klasse 3b)	89
Abbildung 39: Ergebnis der Frage 3 - Zuordnung der Schüler zu einem Computer (Klasse 4)	90
Abbildung 40: Bewertung der Lernprogramme Teil 1 (Klasse 4).....	91
Abbildung 41: Bewertung der Lernprogramme Teil 2 (Klasse 4).....	92
Abbildung 42: Bewertung des SbC-Computersystems (Klasse 4)	93
Abbildung 43: Bewertung des SbC-Computersystems	95
Abbildung 44: Bewertung des SbC-Computersystems Teil 2.....	96
Abbildung 45: Schematische Darstellung des Lehrstuhlnetzwerks	103
Abbildung 46: Computerausstattung des Seminarraums ZB14	106
Abbildung 47: Migrationsrelevante Informationen zum Computerraum	107
Abbildung 48: Prozessor- und Festplattenauslastung der ersten und zweiten Gruppe	109
Abbildung 49: Verfügbarkeit der Navision-Umgebung im Wintersemester 2005/2006	111
Abbildung 50: Performanzvergleich der SbC-Umgebung mit neuem Computer	112
Abbildung 51: Remote-Zugriff auf die Navision-Umgebung	113
Abbildung 52: Remote-Zugriff auf die Navision-Umgebung mit Angabe des Verbindungstyps	114
Abbildung 53: Verbesserungsvorschläge für die Navision-Umgebung	116
Abbildung 54: Darstellung der Wirtschaftlichkeitsanalyse	119
Abbildung 55: Ermittlung der TCO und Überblick über die Kostenstruktur	126
Abbildung 56: TCO der SbC-Technologie.....	133
Abbildung 57: TCO der C/S-Technologie.....	134
Abbildung 58: TCO der P2P-Technologie	135

Abbildung 59: Vergleichende TCO-Darstellung der drei zu untersuchenden Technologien.....	136
Abbildung 60: Ergebnisse der Nutzwertanalyse.....	142
Abbildung 61: Der Aufbau der Lernstatt Paderborn	151
Abbildung 62: Formen der Public Private Partnership	156
Abbildung 63: Gesamtkonzept der Public Private Partnership.....	157
Abbildung 64: Finanzierung des Schulrechenzentrums	158
Abbildung 65: Technisches Konzept des Schulrechenzentrums.....	162
Abbildung 66: Organisatorisches Konzept der Public Private Partnership.....	164
Abbildung 67: Erweiterung des Schulrechenzentrums mit ESP-Technik	168

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Computerausstattung an den bundesdeutschen Schulen.....	30
Tabelle 2:	Zweistufiges Softwareüberprüfungsverfahren	70
Tabelle 3:	Fragestellungen des Schüler-Fragebogens	84
Tabelle 4:	Fragestellungen des Lehrer-Fragebogens	94
Tabelle 5:	Lizenzkosten der Grundschule Alkofen.....	100
Tabelle 6:	Hardwareausstattung des Seminarraums	104
Tabelle 7:	Fragenkatalog zur Befragung der Teilnehmer am Praktikum zu ERP-Systemen.....	111
Tabelle 8:	Direkte und indirekte Kosten nach Gartner	121
Tabelle 9:	TCO für einen Standard-Business PC	123
Tabelle 10:	Formulierung der Einzelziele der NWA	140
Tabelle 11:	Übersicht über die Bewertungskriterien einschließlich der Gewichtung	141
Tabelle 12:	Zielerreichungsgrade	141

Abkürzungsverzeichnis

€	Euro
3D	Dreidimensional
AIP	Adaptive Internet Protocol
ASP	Application Service Providing
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BIOS	Basic Input Output System
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMI	Bundesministerium des Innern
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
bzw.	beziehungsweise
C/S	Client/Server
ca.	circa
CAD	Computer aided design
CAL	Client Access License
CAT5	Category 5
CD	Compact Disc
CPU	Central Processing Unit
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection
d.h.	das heißt
DES	Data Encryption Standard
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
Diss.	Dissertation
DNS	Domain Name Server
DOS	Disk Operating System
Dr.	Doktor
DSL	Digital Subscriber Line
DVD	Digital Versatile Disc
ebd.	ebenda
EMail	Electronic Mail
ERP	Enterprise Resource Planning

ESP	Education Service Providing
etc.	et cetera
f.	folgende
GB	Gigabyte
ggf.	gegebenenfalls
GPL	General Public License
GUI	Graphical User Interface
HCC	Hochschul-Competence-Center
Hrsg.	Herausgeber
Hz	Hertz
i.e.S.	im eigentlichen Sinne
i.V.m.	in Verbindung mit
IBI	Institut für Bildung in der Informationsgesellschaft
ICA	Independent Computing Architecture
IEEE	Institute of Electric and Electronic Engineers
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
ISDN	Integrated Services Digital Network
IT	Informationstechnologie
KBit	Kilo Bit
LAN	Local Area Network
LISUM	Landesinstitut für Schule und Medien
LIT	Landesbetrieb für Informationstechnik
LPT	Line Printer
LTSP	Linux Terminal Server Project
m	Meter
MB	Megabyte
MBit	Mega Bit
MEP	Medienentwicklungsplan
MHz	Megahertz
MS	Microsoft
MS-DOS	Microsoft Disk Operating System
NBI	Network Bootable Image
Nr.	Nummer
NWA	Nutzwertanalyse
o.J.	ohne Jahr

o.S.	ohne Seite
o.V.	ohne Verfasser
P2P	Peer-to-Peer
PC	Personal Computer
PDF	Portable Document Format
POST	Power On Self Test
PPP	Public Private Partnership
Prof.	Professor
PXE	Preboot Execution Environment
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RAS	Remote Access Service
RC4	Rivest cipher 4
RDP	Remote Desktop Protocol
RIS	Remote Installation Service
S.	Seite
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Daten- verarbeitung
SbC	Server based Computing
SCSI	Small Computer System Interface
SEIS	Selbstevaluation in Schulen
SRZ	Schulrechenzentrum
SSH	Secure Shell
TCO	Total Cost of Ownership
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
TS	Terminalserver
USB	Universal Serial Bus
vgl.	vergleiche
WEP	Wired Equivalent Privacy
WiFi	Wireless Fidelity
W-LAN	Wireless Local Area Network
WTS	Windows Terminal Server
z. B.	zum Beispiel

Danksagung

Die vorliegende Dissertation ist im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I an der Universität Passau entstanden. Durch die Arbeit am zur Verfügung gestellten Sun Ray-System wurde ich auf die Technologie des Server based Computing aufmerksam.

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer, Herrn Prof. Dr. Peter Kleinschmidt für das entgegengebrachte Vertrauen und den gedanklichen Anstoß zu meiner Arbeit bedanken. Mit seiner konstruktiven Kritik und seiner Diskussionsbereitschaft in schwierigen Situationen hat er mich weitreichend motiviert und unterstützt.

Herrn Prof. Dr. Franz Lehner gilt mein Dank für die Übernahme des Zweitgutachtens. Bei meinen Kollegen Herrn Dr. Hans Achatz, Herrn Michael Götzfried, Herrn Jörg Grund, Herrn Dr. Markus Schneckenburger, Herrn Christoph Lange und bei der Sekretärin des Lehrstuhls Frau Christine Klössinger möchte ich mich für die ausgeprägte Hilfsbereitschaft und das angenehme Arbeitsklima bedanken.

Mein Dank richtet sich auch an Herrn Bürgermeister Gschwendtner aus Vilshofen und an Herrn Lackner, Schulleiter der Grundschule Alkofen, die mir die Forschungsarbeit an Alkofener Grundschule ermöglicht haben.

Auf die Unterstützung meiner Lebensgefährtin, Frau Dana Hažmuková habe ich mich stets verlassen können. Sie hat mir den Rücken freigehalten, damit ich mich ganz auf meine wissenschaftliche Arbeit konzentrieren konnte.

Einen besonders herzlichen Dank möchte ich an meine Eltern Peter und Helga Stingl richten, die mich während des Studiums und der Promotionsphase gefördert haben.

Christian Stingl

Passau, im Juni 2006

I. Einleitung

I.1. Problemstellung und Ziel der Dissertation

Die Schulen haben in den letzten Jahren kontinuierlich ihren Computerraum und zum Teil auch ihre Klassenzimmer mit Computer ausgestattet. So ist die Anzahl der Computer in den bundesdeutschen allgemein bildenden und berufsbildenden Schulen von 453.342 im Jahr 2001 auf 1.024.163 im Jahr 2005 angestiegen.¹

Gerade zur Jahrtausendwende wurden viele Initiativen gestartet, die die Schulträger bei der IT-Ausstattung finanziell unterstützt haben.² In den letzten Jahren hat sich jedoch gezeigt, dass die zum Teil vor fünf bis sechs Jahren angeschaffte Computerausstattung an einigen Schulen an ihre Grenzen stößt und daher im Rahmen einer Ersatzinvestition ausgetauscht werden müsste.

Die veralteten Computer an diesen Schulen bereiten zunehmend Probleme. Einige Computer können im Rahmen des computergestützten Unterrichts nicht eingesetzt werden, da sie Hardwarefehler aufweisen. Auch existieren bei intakter Hardware mehrere Stabilitätsprobleme aufgrund des veralteten und oftmals ungepatchten Betriebssystems. Eine weitere Schwierigkeit stellt oftmals die Installation neuer Lernprogramme dar. So werden die Minimalvoraussetzungen für die Installation der Software auf den veralteten Computern nicht erfüllt und selbst nach einer erfolgreichen Installation ist ein zügiges Arbeiten auf der langsamen Hardware nicht möglich. Aufgrund des Verzichts von Deployment-Tools zum Verteilen von Software und Updates ist die sehr zeitaufwändige Einzelinstallation bei vielen Schulen zur Regel geworden.

Ein weiteres Problem ist auch darin zu erkennen, dass die Anschaffung von neuen Standardcomputern von Seiten des Schulträgers mit einem hohen finanziellen Aufwand verbunden ist. So hat eine Online-Befragung von Schulträgern ergeben, dass die Schulträger in Zukunft weniger Mittel für die Finanzierung der IT-Ausstattung zur Verfügung stellen werden können.³ Zudem beträgt die Tragweite dieser Investitionen aufgrund der technischen Veralterung und der damit

¹ vgl. BMBF (2005), S. 8.

² Für das Land Bayern wurde zwischen 2000 und 2004 im Rahmen der High-Tech-Offensive 30 Mio. Euro in die IT-Ausstattung der Schulen und in die Fortbildung der Lehrer investiert. vgl. Scholte (2004), S. 8-9. Das Land Niedersachsen hat 80 Mio. Euro für Computerausstattung und Fortbildung in seiner n-21-Initiative aktiviert. vgl. Wollschläger (2005), S. 60-61.

³ vgl. Härtel (2005), S. 39-42.

verbundenen zeitlich beschränkten Nutzungsdauer der IT-Ausstattung nur fünf bis sechs Jahre. Neben dieser beschränkten Nutzungsdauer wird häufig vergessen, dass die IT-Ausstattung der Schule im Vergleich zur Unternehmens-IT eine wesentlich geringere Einsatzdauer aufweist, wenn als Bemessungsgrundlage die Zeit für den computergestützten Unterricht herangezogen wird. Daraus resultiert oftmals die Problematik, dass in eine teure Hardwareausstattung investiert und diese dann zu selten im computergestützten Unterricht eingesetzt wird.

Auf der Basis der kurz angeführten Problemfelder verfolgt die vorliegende Arbeit das Ziel, durch die Übertragung der in den Großunternehmen verbreiteten Server based Computing-Technologie auf das Gebiet der Schulen deren veraltete Computer mit einer aktuellen Windows-Benutzeroberfläche auszustatten und dadurch zu ermöglichen, dass ein computergestützter Unterricht mit dieser Technologie durchgeführt werden kann. Neben diesem technischen Realisierungsschwerpunkt der Arbeit sollen weitere Unterziele definiert werden:

- Im Rahmen einer Kosten-/Nutzenbetrachtung soll die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit der Server based Computing-Technologie im Vergleich zu den bisher an den Schulen eingesetzten Technologien ermittelt und analysiert werden.
- Weiterhin soll ein Gesamtkonzept entwickelt werden, auf dessen Grundlage die Arbeit der beteiligten Personen und Einrichtungen koordiniert und deren Aufgaben- und Verantwortungsbereiche festlegt werden.
- Durch den Einsatz der Server based Computing-Technologie soll eine hohe Verfügbarkeit der IT-Ausstattung erzielt werden. Dadurch sollen die Zeitannteile der Computerstörungen im Unterricht minimiert werden und eine Verbesserung des computergestützten Unterrichts ermöglicht werden. Weiterhin soll durch eine optimale Verteilung der Administrations- und Supportaufgaben der IT-beauftragte Lehrer vor Ort entlastet werden.

I.2. Aufbau und Vorgehensweise

Im Folgenden werden die Struktur der vorliegenden Arbeit und die Inhalte der einzelnen Kapitel kurz dargestellt.

Im zweiten Kapitel werden die technischen Grundlagen und die für das weitere Verständnis notwendigen Begriffsbestimmungen vermittelt. Dabei wird auf die an den Schulen existierenden Netzwerkarchitekturen eingegangen. Auf der Basis dieser Informationen werden die für diese Arbeit zentralen Komponenten der

Server based Computing-Technologie im Kapitel II.2. vorgestellt: Das Serverbetriebssystem, das Clientbetriebssystem und das Netzwerk. Im Unterkapitel II.2.4. wird das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten besprochen.

Das dritte Kapitel "Schule und die Informationsgesellschaft" geht auf die Kernkompetenzen der Informationsgesellschaft ein und analysiert den Begriff der Medienkompetenz. Im Unterkapitel III.2. werden anhand verschiedener Studien und Berichte die Computerausstattung und -nutzung der Schulen, die zur Vermittlung der Medienkompetenz notwendig sind, aufgezeigt. Auch werden eigene Beobachtungen zur IT-Ausstattung an den Schulen beschrieben.

Der Schwerpunkt der Arbeit wird in Kapitel IV. mit der Realisierung der Server based Computing-Technologie anhand zweier Fallstudien behandelt. Die erste Fallstudie⁴ beinhaltet die Einführung dieser Technologie an der Grundschule Alkofen. Die Implementierung der Server based Computing-Technologie wird in den Phasen Voruntersuchung, IST-Aufnahme, IST-Analyse, Konzeption, Migration, Teststellung und Evaluation vollzogen. Auf dieser Vorgehensweise basiert auch die zweite Fallstudie, die am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I der Universität Passau im Rahmen einer Lehrveranstaltung realisiert wurde. Abschließend wird für jede Fallstudie in den Unterkapiteln IV.2.9. und IV.3.8. ein Zwischenergebnis festgehalten.

Im Kapitel V. wird die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit der Server based Computing-Technologie im Vergleich zu den in den Schulen vorhandenen Technologien ermittelt. Dabei wird das TCO-Verfahren zugrunde gelegt, welches zuerst diskutiert und anschließend im Rahmen der Ermittlung der Gesamtkosten der jeweiligen Technologie angewendet wird. Um eine ganzheitliche Betrachtung dieser Technologien zu ermöglichen, wird für jede dieser Technologien eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Methoden werden anschließend im Unterkapitel V.8. präsentiert.

Die Entwicklung eines Dienstleistungskonzepts für die Ausstattung und den Betrieb der schulischen IT-Infrastruktur erfolgt in Kapitel VI. Ausgehend von den Erfahrungen aus mehreren Best Practice Beispielen wird auf Basis einer Public Private Partnership ein Gesamtkonzept für die Ausstattung, Nutzung und Betreuung der schulischen IT-Infrastruktur in einem mit den beteiligten Personen und Einrichtungen abgestimmten Ablauf erarbeitet. Als Erweiterung dieses Kon-

⁴ An dieser Stelle sei erwähnt, dass die erste Fallstudie den Schwerpunkt der Arbeit darstellt. Die zweite Fallstudie soll ergänzende Informationen liefern.

zepts wird im Unterkapitel VI.2.2. ein Betreibermodell besprochen, das die Distribution der Server based Computing-Technologie über das Internet durch einen Education Service Provider ermöglicht.

Mit der Zusammenfassung der Ergebnisse schließt die vorliegende Arbeit ab.

II. Technische Grundlagen

Dieses Kapitel bildet die technische Grundlage für die weiteren Untersuchungen. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden zuerst die in den Schulen existierenden Netzwerkarchitekturen besprochen. Anschließend werden detailliert die technischen Aspekte der Server based Computing-Technologie aufgezeigt. Auch werden die mit dieser Technologie verbundenen Chancen und Risiken besprochen und auf eine technologische Erweiterung durch den Einsatz von Konsolidierungstechnologien auf der Clientseite hingewiesen.

Von besonderer Bedeutung für die beiden in Kapitel IV. zu behandelnden Fallstudien ist die Betrachtung und das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten in einer Server based Computing-Umgebung.

II.1. Verbreitete Netzwerkarchitekturen

Bei der Beschreibung der Netzwerkarchitekturen Peer-to-Peer, Client/Server und Server based Computing stehen neben den netzwerkspezifischen Informationen vor allem die Erfahrungen im Vordergrund, die aufgrund der Arbeit am Untersuchungsobjekt entstanden sind.

II.1.1. Peer-to-Peer-Computing

Bei der Peer-to-Peer-Architektur handelt es sich um ein Kommunikationssystem, in dem eine Gruppe von gleichrangigen Teilnehmern untereinander durch direkte Verbindungen zum jeweiligen Teilnehmer Informationen austauschen können.⁵ Jeder Rechner (Peer) kann sowohl als Server wie auch als Client fungieren.⁶ Neben dem dezentral organisierten Datenaustausch kann auch auf die angeschlossene Peripherie der Peers in Form von Druckern und DSL-Modems zugegriffen werden.

Folgende Funktionen charakterisieren die Peer-to-Peer-Architektur weiter:

- Vernetzung von zwei bis zehn Computern.⁷
- Schnelle und einfache Installation des Netzwerks.
- Kostensenkung aufgrund des Fehlens einer zentralen Netzwerkkomponente und einer zentralen Serverkomponente.

⁵ vgl. Hansen/Neumann (2005), S. 845.

⁶ vgl. Lindemann (1991), S. 37.

⁷ vgl. Plumpley (1999), S. 21.

- Erschwerte Datensicherung und geringe Datensicherheit, da die Daten verteilt und nicht immer verfügbar sind.
- Senkung der Gesamtperformanz mit jedem zusätzlichen Peer im Netzwerk.

Nachfolgende Abbildung zeigt eine in der Praxis oftmals installierte P2P-Umgebung⁸. Zur besseren Verdeutlichung wird die Abbildung in die Bereiche Peripherie, Datenhaltung, Anwendungen, Betriebssysteme und Hardware aufgegliedert:

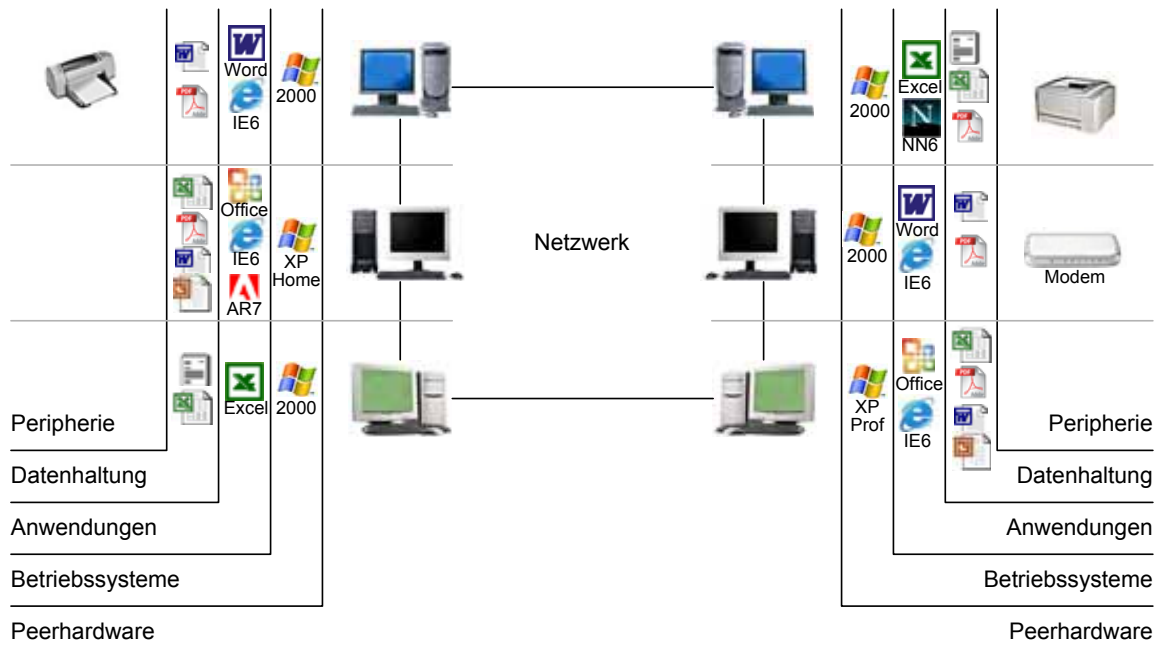


Abbildung 1: Peer-to-Peer-Netzwerkarchitektur

Auf den meist mit unterschiedlichen Betriebssystemen ausgestatteten Peers sind zum Teil gleiche, aber auch in unterschiedlichen Versionen installierte Anwendungen sowie nicht mehr benötigte Anwendungen installiert, was zu einem erhöhten Administrationsaufwand führt und zudem die Systemstabilität gefährdet. Möglich, aber in der Praxis selten vorzufinden, ist die Bereitstellung einer Anwendung im Netzwerk durch einen Peer.

Auch speichert jeder Peer persönliche und gruppenspezifische Daten und bietet je nach Einstellung die entsprechenden Daten im Netzwerk an. Dies kann dazu führen, dass Dritte unerlaubten Zugriff auf persönliche Daten erhalten. Zudem ist eine Datensicherung aufgrund der dezentralen Speicherung schwer möglich.

⁸ In den letzten Jahren hat das Peer-to-Peer-Netzwerk eine Entwicklung hin zu verteilten Dateisystemen in Form von Dateitauschbörsen und zu Grid-Computing vollzogen. Der in der Arbeit verwendete Begriff Peer-to-Peer (P2P) bezieht sich ausschließlich auf die ursprüngliche Verwendung in einer LAN-Umgebung und lässt den aktuellen Trend daher außer Betracht.

Weiterhin ist die Bereitstellung einer Internetanbindung und einer Druckmöglichkeit in dieser Netzwerkarchitektur verbreitet. Auch weist die eingesetzte Clienthardware oftmals Ausstattungsunterschiede auf und erhöht somit den Supportaufwand.

Wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, kann nur schwer ein Überblick über die verteilten Daten, Anwendungen und Peripheriekomponenten gewonnen werden. Daher ist diese Netzwerkarchitektur nur für kleine Arbeitsgruppen geeignet.

II.1.2. Client-/Server-Computing

Unter Client-/Server-Computing wird eine Systemarchitektur verstanden, in der die Benutzer auf den Clients von einem Server Dienste anfordern.⁹ Der Server übernimmt dabei die Funktion eines Datenmanagement-Centers, so dass die Clients auf dessen Dateien und Anwendungen zugreifen können.¹⁰

Folgende Funktionen charakterisieren die Client-/Server-Architektur weiter:

- Es kann eine verteilte Datenverarbeitung erfolgen: Der Client besitzt Anwendungen, die die Ressourcen des Servers in Anspruch nehmen und an den Server Anfragen stellen. Der Server antwortet auf diese Anfragen, indem er die entsprechenden Verarbeitungsschritte durchführt und die Daten an den Client übermittelt. Diese Daten werden anschließend vom Client grafisch aufbereitet und angezeigt.
- Eine erhöhte Datensicherheit kann erzielt werden, indem am Server eine differenzierte Zugangskontrolle über ein Benutzer- und Berechtigungskonzept realisiert wird.
- Die Druckdienste des Servers können eine gesteuerte Nutzung der im Netzwerk verfügbaren Druckperipherie ermöglichen.
- Im Gegensatz zur Peer-to-Peer-Architektur können durch Einsatz der Serverkomponente viele Anwender die Serverressourcen nutzen.
- Die zentrale Serverkomponente schafft im Vergleich zur Peer-to-Peer-Architektur zusätzliche Kosten.
- Die Komplexität nimmt durch die vielfältigen Administrations- und Verwaltungsaufgaben am Server zu.

⁹ vgl. Hansen/Neumann (2005), S. 313.

¹⁰ vgl. Plumpley (1999), S. 21.

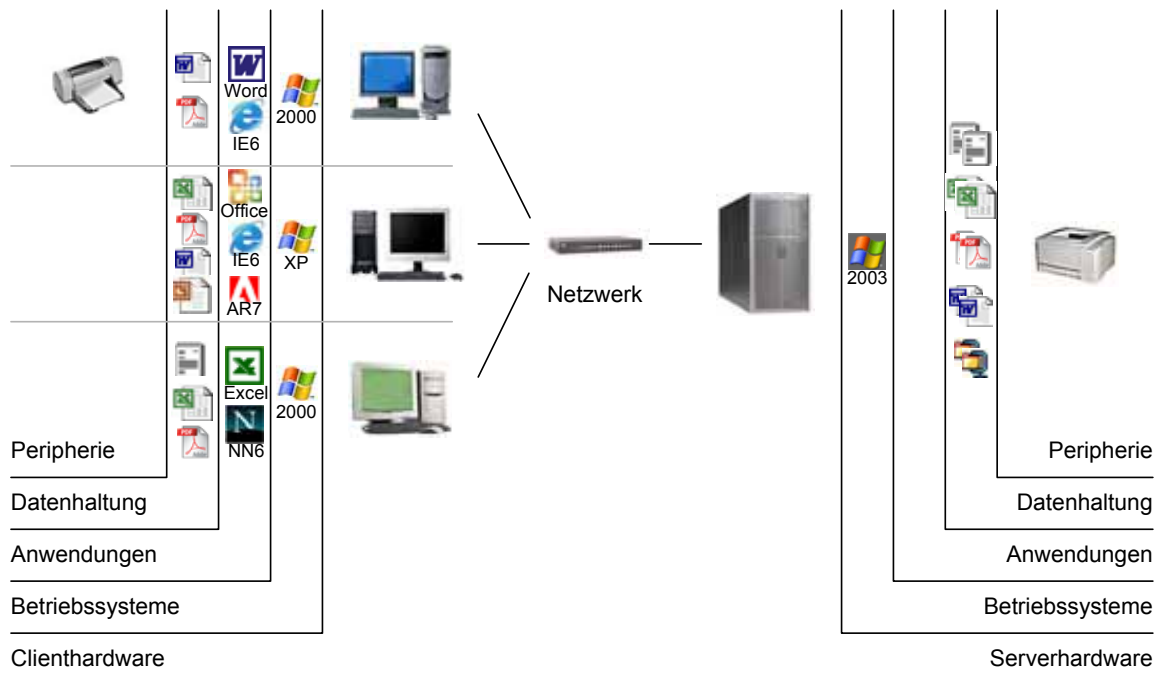


Abbildung 2: Client-/Server-Netzwerkarchitektur

Diese sehr verbreitete Netzwerkarchitektur stellt in der Praxis oftmals Druck- und Dateidienste den Clients zur Verfügung. Zwar sind die wichtigsten Daten zentral auf dem Server gespeichert und über eine Backuplösung gesichert, jedoch können die Clients weiterhin Daten lokal speichern. Dies kann wie in einer P2P-Umgebung auch zu einer verteilten Datenhaltung führen. Auch sind die in verschiedenen Versionen vorliegenden Anwendungen auf den Clients einzeln installiert und können daher zu einem erhöhten Administrationsaufwand führen.

Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, werden die wichtigen Daten zentral vorgehalten und können durch ein eingerichtetes Berechtigungskonzept differenziert aufgerufen werden. Dennoch erhöhen in der Praxis die aufgezeigten Nachteile auf der Clientseite oftmals den Support- und Administrationsaufwand.

II.1.3. Server based Computing

Server based Computing (SbC) sollte nicht als eine eigenständige Netzwerkarchitektur gesehen werden. Vielmehr handelt es sich um eine spezielle Variante der Client-/Server-Architektur.¹¹

Dabei wird unter dem Begriff Server based Computing das Konzept verstanden, bei dem "(...) auf einem zentralen, gut ausgebauten Server (...) viele Benutzer simultan angemeldet sind und interaktiv mit den dort installierten Anwendungen arbeiten. Sämtliche Anwendungskomponenten laufen dabei ausschließlich auf

¹¹ vgl. Tritsch (2003). S. 6.

dem Server ab. Der Zugriff darauf erfolgt über ein Netzwerk und Clients, die nur über Basisfunktionalität verfügen und möglichst einfach zu verwalten sind."¹²

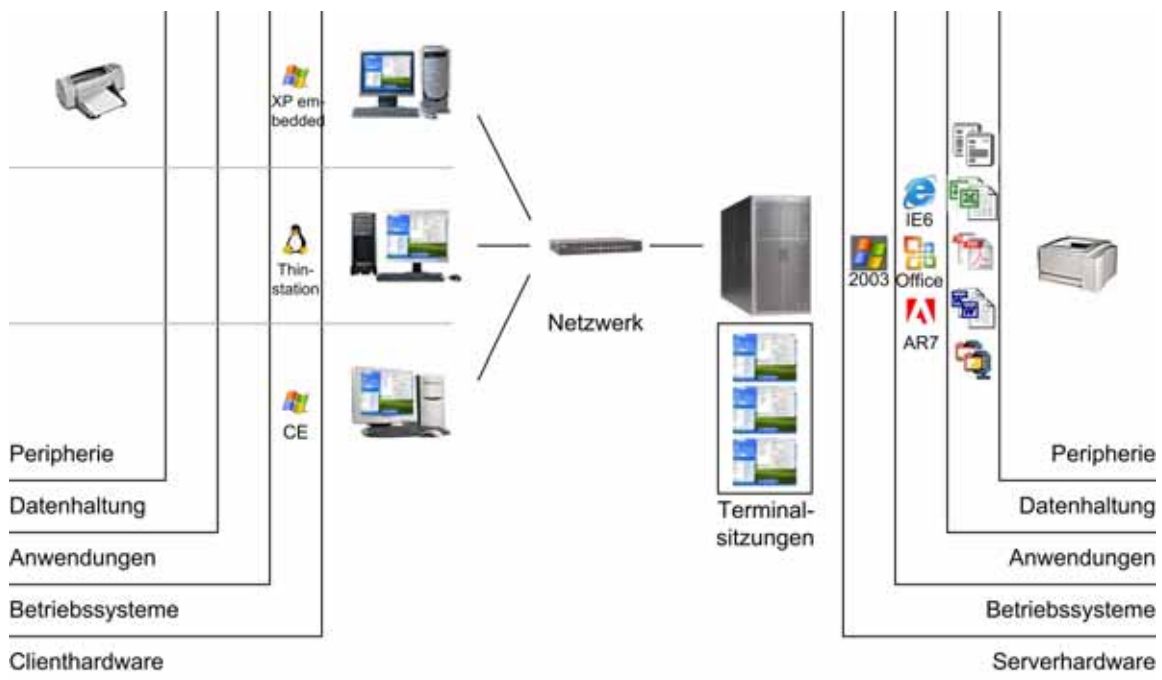


Abbildung 3: Server based Computing-Netzwerkarchitektur

Das Server based Computing-Konzept basiert auf der Annahme, dass sämtliche Daten und Anwendungen auf dem Server zur Verfügung gestellt werden. Die Clients greifen in der Regel auf dessen Ressourcen über eine Terminalsitzung zu. Zudem können die Clients in Form von Thin- oder Fat Clients¹³ weder Daten speichern, noch sind sie in der Lage, Anwendungen lokal zu installieren, da sie keine Festplatte besitzen. Es handelt sich hierbei um ein Modell, bei dem Anwendungen auf dem Server installiert, verwaltet und ausgeführt werden und auf dem einzelnen Client keine Verarbeitung i.e.S. stattfindet (siehe Abbildung 3).

II.1.3.1. Technologische Details

Aufgrund der Tatsache, dass die Kommunikation zwischen den Clients und dem Server auf eine spezielle Art und Weise erfolgt, wird näher darauf eingegangen:

¹² Tritsch (2003). S. 6.

¹³ Ein Fat Client ist im Gegensatz zu einem Thin Client ein voll ausgestatteter, leistungsfähiger Desktopcomputer mit einem schnellen Prozessor, einer großen Festplatte und weiteren Laufwerken für den Datenaustausch. Jedoch werden sämtliche Laufwerk und Festplatten dieser Clients für den Einsatz in einer Server based Computing-Umgebung deaktiviert.

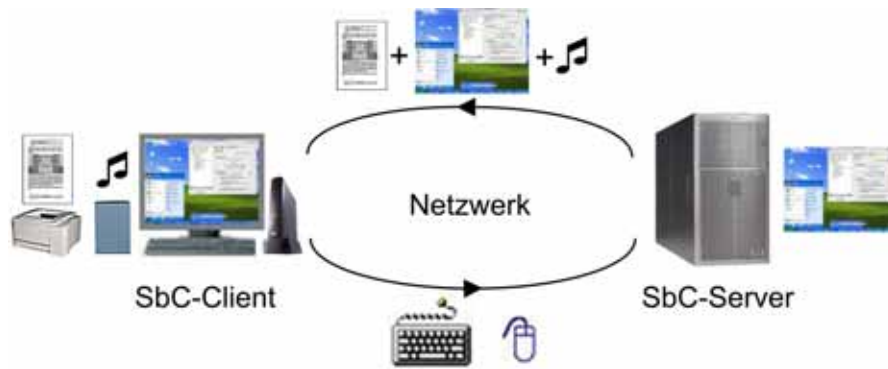


Abbildung 4: SBC-Technologie im Detail

Vom Client aus wird eine Terminalsession auf dem Server gestartet. Dabei wird die Benutzeroberfläche über das Netzwerk zum Client übertragen. Der Benutzer steuert am Client die Terminalsession über die angeschlossene Tastatur und Maus, deren Befehle über das Netzwerk zum Terminalserver übertragen werden. Daraufhin wird auf dem Server die neue Bildschirmausgabe ermittelt und zum Client geschickt. Dieser Zyklus wird beispielsweise bei der Übertragung von Videosequenzen 20 Mal in der Sekunde gestartet.

Das für die Datenübertragung relevante RDP-Protokoll ermöglicht in der aktuellen Version 5.2 durch den Einsatz von virtuellen Kanälen die Übertragung von Druckinformationen und der Server- bzw. Clientzwischenablage. Durch das Mapping-Verfahren des RDP-Protokolls erfolgen die Soundausgabe und die Einbindung lokaler Clientlaufwerke¹⁴. Zudem ermöglicht die maximale Farbtiefe von 24 Bit bei einer maximalen Bildschirmauflösung von 1600x1200 Pixel eine detailreiche Darstellung der Anwendungssoftware.¹⁵

Als Verschlüsselungsmethode für die übermittelten Daten zwischen Server und Client wird der RC4-Algorithmus mit 128 Bit verwendet,¹⁶ soweit diese in der Terminaldienstkonfiguration von Microsoft Windows Server aktiviert wird.

Trotz der Verwendung von Caching-Methoden zum schnellen Aufbau der Benutzeroberfläche kann die dafür erforderliche Bandbreite enorm ansteigen. Für flüssiges Arbeiten sind bereits 50 KBit/s ausreichend. Bei großflächigen Grafiken, Animationen und Videos kann eine Bandbreite von 500 KBit/s pro Client erzielt

¹⁴ Obwohl die Einbindung lokaler Clientlaufwerke dem Prinzip des Server based Computing widerspricht, mussten sowohl die Hardware-, als auch die Betriebssystemhersteller auf die Anforderungen der Kunden reagieren und diese Funktionalität anbieten.

¹⁵ vgl. Wessner (2004), S. 78-82.

¹⁶ vgl. Tritsch (2003), S. 56 f., S. 84.

werden. Dabei ist stets zu berücksichtigen, dass der Großteil der Daten vom Server zum Client übertragen wird.¹⁷

II.1.3.2.Chancen und Risiken

Wie jede Technologie besitzt auch die SbC-Technologie nicht nur Chancen, die eine Verbesserung der IT-Infrastruktur ermöglichen, sondern auch Risiken, die besprochen und mit den Chancen abgewägt werden müssen.¹⁸

Durch den Einsatz der SbC-Technologie können sich in den unterschiedlichsten Bereichen folgende Chancen ergeben:

- Obwohl die Anschaffungskosten von Thin Clients mit denen von Personal Computern vergleichbar sind,¹⁹ kann die Anschaffung von Thin Clients aufgrund der längeren Nutzungsdauer und den mit der Server based Computing-Technologie verbundenen allgemeinen Vorteilen zu einer Reduzierung der Kosten und des Arbeitsaufwands führen.
- Sollten gebrauchte Computer als Thin Clients eingesetzt werden, so fallen ausschließlich Kosten für die Umrüstung dieser Geräte an, die einen Bruchteil der Anschaffungskosten eines Thin Clients ausmachen. Auch an dieser Stelle können Einsparpotentiale realisiert werden.
- Weiterhin können Einsparpotentiale durch eine zentralisierte Administration und demzufolge den Wegfall der aufwändigen Vor-Ort-Administration entstehen.
- Durch die Wiederverwendung gebrauchter Computer als Clients in einer Terminalumgebung können Umweltentlastungspotentiale entstehen. Die Weiterverwendung gebrauchter Computer verlängert nicht nur deren Nutzungsdauer, sondern verbessert auch die Umweltbilanz. So werden die zur Produktion von neuen Computern benötigten Ressourcen geschont. Auch wird der Energieverbrauch, der durch die Neuherstellung und das Recycling von Computern anfällt, vermieden. Weiterhin kann angeführt werden, dass gebrauchte Computer für ihren Betrieb weniger Energie benötigen.²⁰

¹⁷ vgl. Tritsch (2003), S. 83-85.

¹⁸ Die angegebenen Chancen und Risiken basieren, soweit keine weitere Quellenangabe erfolgt, auf eigenen Erfahrungen und Beobachtungen.

¹⁹ vgl. Schmitz (2005).

²⁰ vgl. Schischke (2004), S. 19-21.

- Der Verzicht auf lokale Speichermöglichkeiten auf der Clientseite und die Konzentration der Programmlogik auf der Serverseite in Verbindung mit einer zentralen Backupstrategie kann zu einer Erhöhung der Datensicherheit führen.
- Da die Thin Clients als reines Eingabegerät ohne relevante Programmlogik und ohne eigene Datenhaltung zu sehen sind, ist eine einfache und kostengünstige Erweiterung um zusätzliche Clients möglich.
- Auch ist der Austausch der Clients nach Vorliegen eines Hardwaredefekts mit wenig Aufwand verbunden, da der Client weder Daten noch Anwendungen besitzt. Dadurch entfällt der in anderen Netzwerkarchitekturen hohe Installations- und Supportaufwand auf der Clientseite.
- Die Installation von Anwendungen erfolgt einmal auf dem Terminalserver. Dadurch kann eine Anwendung einem Benutzer oder einer Benutzergruppe kurzfristig zur Verfügung gestellt werden.
- Anstelle der dezentral verteilten, oftmals ungenutzten Rechenleistung der einzelnen Computer ist die gesamte Rechenleistung auf dem SbC-Server zentral gebündelt. Dadurch besteht die Möglichkeit, die verfügbare Rechenleistung effizient und effektiv einzusetzen. Auch kann durch die Konzentration der Leistungsfähigkeit auf den Terminalserver eine Reduzierung der Kosten erzielt werden.

Andererseits sind mit dem Einsatz der SbC-Technologie folgende Risiken verbunden:

- Der Einsatz von Thin- oder Fat Clients in Form von Windows- oder Linux based Terminals stößt oftmals bei den Benutzern auf verhaltene Reaktionen, da sich diese gegenüber Benutzern mit leistungsfähigen Desktop-Computern als benachteiligt sehen.
- In einer SbC-Umgebung müssen die Benutzertypen genau analysiert werden. Power-User²¹ können im Vergleich zu den Light-Usern²² mehr Serverhardwareressourcen verbrauchen und somit schneller zu Proble-

²¹ Power-User sind Benutzer mit erweiterten Kenntnissen in bestimmten Anwendungen und verfügen über spezielle Berechtigungen. Sie arbeiten mit mehreren Anwendungen gleichzeitig und verbrauchen daher mehr Ressourcen.

²² Light User sind Benutzer, die ein bis zwei Anwendungen starten, jedoch immer nur mit einer Anwendung arbeiten und daher minimale Serverressourcen benötigen.

men führen. Daher wird eine Analyse der Benutzer und deren Anwendungen empfohlen.

- Wie später in Kapitel II.2.1.3 aufgezeigt wird, kann nicht multiuser-fähige Software nicht oder nur mit Einschränkungen auf dem SbC-Server ausgeführt werden. Auch können Spezialanwendungen, wie z.B. 3D- oder sehr rechenintensive Anwendungen, nicht nur zu Problemen führen, sondern auch erhebliche Zusatzkosten verursachen.
- Aufgrund der Tatsache, dass alle Daten, Anwendungen und die Betriebssystemumgebung für den einzelnen Benutzer sich auf dem Terminalserver befinden, entsteht eine starke Abhängigkeit von der Funktionsbereitschaft der Serverkomponente und des Netzwerks. Sollten keine redundante Technologie, wie z.B. die Terminalserverfarmen, ergänzend eingesetzt werden, so können bei Problemen auf dem Terminalserver Ausfallzeiten für einen oder mehrere Benutzer entstehen.
- Durch die gewollt eingeschränkte Arbeitsumgebung der Server based Computing-Technologie können Benutzer in ihrer Arbeitsweise behindert werden. Auch kann es lange dauern, bis die notwendigen Anwendungen und Daten zur Verfügung stehen. Zudem verringert sich die Flexibilität gegenüber aktuellen und zukünftigen Arbeitsanforderungen.

II.1.4. Blade-PCs als ergänzende Technologie

In einer Server based Computing-Umgebung kann neben dem Einsatz von Thin-Clients oder als Thin Client umfunktionierte, gebrauchte Computer auch die Integration von Desktop-Computern mit umfangreicher Funktionsfähigkeit und einem sehr schnellen Prozessor aufgrund der Anforderungen von bestimmten Programmen (CAD, Video) erforderlich sein. Dazu wurden oftmals Standard-Computer angeschafft und in die IT-Umgebung integriert.

Ein neuerer Ansatz ist die Integration von Blade-PCs auf der Clientseite, die ähnlich den in Rechenzentren eingesetzten Blade-Servern²³ die Nachteile der Desktop-Computer beseitigen sollen.

Mit der Blade-PC-Technologie²⁴ versucht die Firma Clearcube, durch zentral gemanagte Desktop-Computer eine Strategie zwischen Thin Client und Desk-

²³ Unter einem Blade-Server wird ein sehr kompakter, leistungsfähiger Server verstanden, der zusammen mit anderen Blade-Servern platzsparend über einen Slotsteckplatz in einem Rack eingebaut ist. Zudem sind alle Server zentral über eine einzige Tastatur-Maus-Kombination ansteuerbar. Auch ist die Netzwerk- und die Stromverkabelung optimiert.

top-Computer zu realisieren. Während sowohl in einer Client-Server-, als auch in einer Server based Computing-Umgebung die Clients direkt am Computerarbeitsplatz vorzufinden sind, verfolgt der Ansatz mit Blade-PCs eine Bündelung der Clients in einer Rackvorrichtung des Serverraums:

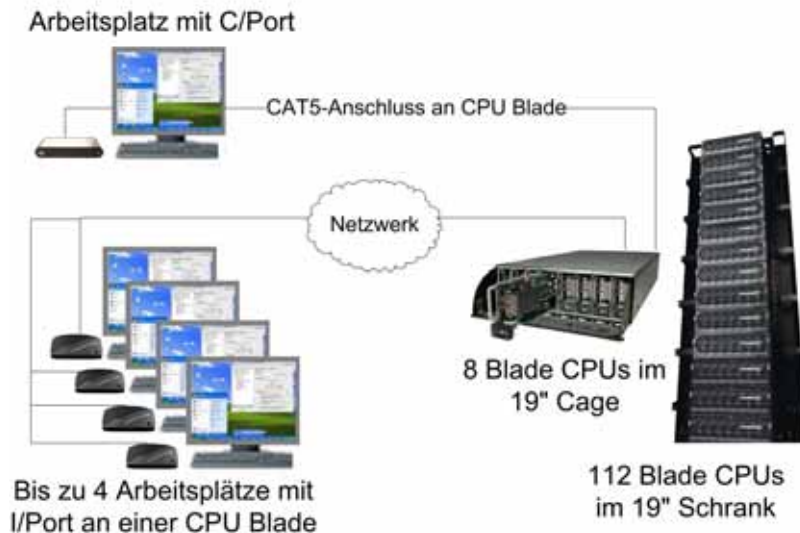


Abbildung 5: PC Blades als ergänzende Technologie

Am Arbeitsplatz selbst wird die Peripherie (Monitor, Tastatur und Maus) über den so genannten C/Port angeschlossen, der als Terminal über eine CAT-5-Verkabelung mit dem bis zu 200 m entfernten Blade-Client im Serverraum kommuniziert. Sollte ein Zugriff über eine größere Entfernung oder über das Internet erforderlich sein, so kann am entsprechenden Arbeitsplatz ein I/Port eingesetzt werden. An einer Blade-CPU können bis zu vier Benutzer über die I/Ports am Arbeitsplatz arbeiten.²⁵

Die Austauschbarkeit und die zentrale Administration der Clients sind wie in einer Thin Client-Umgebung gegeben. In den 19" Cages werden jedoch Desktop-Rechner eingebaut, so dass für jeden Benutzer ein dediziertes PC-System und damit die volle Leistungsfähigkeit für deren Anwendungen zur Verfügung stehen. Weitere Vorteile dieser Technologie sind die Platzersparnis, die Sicherheit vor Diebstahl oder Beschädigung der Clients und natürlich der Datenschutz, da keine USB-Sticks, Diskettenlaufwerke oder CD/DVD-Brenner am Arbeitsplatz an-

²⁴ Der Begriff Blade-PC wurde übernommen aus dem Bereich der Blade-Server. Ein Blade-PC besteht aus mehreren unabhängigen, steckbaren Single-Board-Computer, die eine dedizierte Ausstattung (Prozessor, Arbeitsspeicher, Festplatte und Netzwerkanschluss) aufweisen. Weiterhin ist er gekennzeichnet durch einen geringen Platz, einen geringen Stromverbrauch, eine gemeinsame Stromversorgung und Lüftung, eine schnelle Austauschbarkeit im Rack und eine zentrale Administration.

²⁵ vgl. Tapper (2001), S. 5-6.

schließbar sind. Durch spezielle Administrationssoftware wird die Integration und Konfiguration der Clients erleichtert.

Aufgrund der genannten Vorteile lassen sich Kostenvorteile von bis zu 40 Prozent gegenüber einer Desktop-Umgebung erzielen.²⁶

II.2. Betrachtung der eingesetzten SbC-Komponenten

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit eingesetzten Komponenten bestehen auf der Softwareseite aus dem Multi-User-Betriebssystem Windows 2003 Server der Firma Microsoft und dem Clientbetriebssystem Thinstation auf Open-Source-Basis. Auf der Hardwareseite wurde ein entsprechend dimensionierter Server eingesetzt. Als Clients werden die in der Schule bereits eingesetzten gebrauchten Computer verwendet. Die dritte Komponente stellt das vorhandene bzw. erweiterte Netzwerk der Schule dar.

Im Verlauf der Arbeit wird unter dem Begriff SbC-Server die serverseitige Kombination aus Software und Hardware verstanden. Der Begriff SbC-Client ist mit den bereits gebrauchten, als Terminal eingesetzten Computern verbunden.

Unter dem Begriff SbC-Technologie bzw. SbC-Umgebung werden die drei zuvor beschriebenen Komponenten und deren Zusammenwirken untereinander verstanden.

II.2.1. SbC-Serverbetriebssystem: Microsoft Windows Server 2003

Das von Microsoft entwickelte Betriebssystem Windows Server 2003 bietet die Möglichkeit eines Multiuser-Betriebs, wobei mehrere Benutzer gleichzeitig interaktiv auf dem System angemeldet sein können und auf dem Server mehrere Dienste simultan ausgeführt werden können. Einer dieser Dienste sind die Terminalservices, auf denen das Konzept des Server based Computings basiert.

II.2.1.1. Terminalservices

Die seit 1998 bereits unter Windows NT verfügbaren Terminalservices ermöglichen²⁷, dass Daten und Anwendungen, die auf dem Server verwaltet werden und installiert sind, über das Netzwerk verteilt und über die ebenfalls auf dem Server ausgeführte und über das Netzwerk verteilte Benutzeroberfläche auf den Clients geöffnet bzw. aufgerufen werden können.

²⁶ vgl. Computerwoche (2003).

²⁷ vgl. Tritsch (2003), S. 3 f.

Der Zugriff auf die Terminaldienste erfolgt über die entsprechend installierte Software auf den Clients mit Hilfe des RDP-Protokolls. Einerseits kann die Remotedesktopverbindung als der von Microsoft empfohlene RDP-Client auf einem Client mit einem Windows-Betriebssystem verwendet werden.²⁸ Andererseits kann bei einem Verbindungsaufbau von einem linux- bzw. unix-basierten Client der RDP-Client RDesktop eingesetzt werden.²⁹

Es wird empfohlen, dass auf dem Terminalserver keine zusätzlichen Dienste installiert werden, die die Performanz der Terminaldienste reduzieren. So kann beispielsweise die Installation von Back-Office-Komponenten (z.B. EMail- oder Webservices) zu einer verminderten Leistungsfähigkeit des Terminalservers führen.³⁰

II.2.1.2.Sicherheitsaspekte

Da die Terminaldienste eng mit dem Betriebssystem verknüpft sind und ein Angriff über das Internet möglich ist, müssen notwendige sicherheitsdienliche Maßnahmen besprochen werden.

Die Minimalkonfiguration, bestehend aus einem für die Terminaldienste dedizierten Microsoft Windows Server 2003 und aus den über das Netzwerk angebotenen Clients, sollte nur in einer Umgebung mit reduzierten Ansprüchen bzw. aus Kostengründen implementiert werden, da bei einem Ausfall des Terminalservers den Benutzern weder Daten, noch Anwendungen zur Verfügung stehen.³¹

Microsoft empfiehlt daher als Basismodell für eine Terminalumgebung den Einsatz von zwei Terminalservern in Verbindung mit zwei Domänencontrollern, die die Benutzerprofile inklusive der Benutzerdaten serverseitig speichern und damit für den Benutzer ein Ausfall eines Terminalservers oder eines Domänencontrollers unbemerkt bleibt.³² "Damit ergibt sich eine minimale Zahl von vier Serversystemen, die nötig sind, um eine ansatzweise ausfallsichere und möglicherweise noch lastausgleichende Lösung zu implementieren."³³

Eine Möglichkeit, die Sicherheit des Terminalservers auf der Benutzerseite zu erhöhen, ist die Absicherung des Desktops durch den Einsatz von Gruppenricht-

²⁸ vgl. Tritsch (2003), S. 96-111.

²⁹ vgl. Rdesktop (2006).

³⁰ vgl. Tritsch (2003), S. 29-31.

³¹ vgl. Tritsch (2003), S. 114.

³² vgl. Tritsch (2003), S. 115.

³³ Tritsch (2003), S. 115.

linien. Über die Konfiguration von Gruppenrichtlinien kann der Zugriff auf Anwendungen und Desktopfunktionen eingeschränkt werden und somit ein Schaden durch unbewusste oder absichtliche Benutzereingriffe verhindert werden.³⁴

Aufgrund der Tatsache, dass der Zugriff auf den Terminalserver unter Umständen auch über das Internet erfolgen kann, sollte durch den Einsatz einer Firewall mit den entsprechenden Zugriffssteuerungsregeln die Sicherheit des Terminalservers erhöht werden.³⁵

Neben den aufgezeigten Möglichkeiten existieren noch weitere Sicherheitsmaßnahmen zur Absicherung des Windows 2003 Terminalservers gegen innere und äußere Einflüsse. Dabei muss aber immer berücksichtigt werden, dass trotz aller Vorkehrungen ein Restrisiko aufgrund neu auftauchender Sicherheitslücken immer bestehen bleibt.

II.2.1.3. Software

Ohne eine ausreichende Anzahl von installierten und zuverlässig funktionierenden Anwendungen ist eine Akzeptanz des Server based Computing-Konzepts bei den Benutzern nicht erreichbar. Damit diese Software von mehreren Benutzern gleichzeitig verwendet werden kann, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein.³⁶

Vor allem ältere MS-DOS-basierte und 16-bit Windows-basierte Anwendungen können Probleme erzeugen, die alle Benutzer auf dem Terminalserverssystem negativ beeinflussen können. Laut Microsoft soll auf Anwendungen mit folgenden Eigenschaften verzichtet werden:³⁷

- MS-DOS basierte Anwendungen, die aufgrund sich sehr schnell wiederholender Tastatur- und Mauseingaben eine sehr hohe CPU-Auslastung hervorrufen.
- Microsoft FoxPro für MS-DOS Anwendungen kann aufgrund der zu hohen CPU-Auslastung nicht effektiv in einer Terminalumgebung eingesetzt werden.
- 16-bit Windows-basierte Anwendungen, die direkt auf ini-Dateien zugreifen, können in einer Mehrbenutzerumgebung beim gleichzeitigen Zugriff Probleme bereiten.

³⁴ vgl. TechNet (2003), S. 1.

³⁵ vgl. McClure/Scambray (2002), S. 409.

³⁶ vgl. Tritsch (2003), S. 181-182.

³⁷ vgl. MSDN (2006).

- MS-DOS- und 16-bit basierte Windowsanwendungen, die sich intern mit einem NetWare-Laufwerk verbinden, können in einer Server based Computing-Umgebung nicht verwendet werden.
- MS-DOS-basierte Druckanwendungen benutzen oftmals Drucktechniken, die in einer Server based Computing-Umgebung nicht korrekt arbeiten und daher zu Problemen führen.

Nicht nur ältere MS-DOS- und 16-bit Anwendungen können Probleme bereiten. Auch 32 bit-Anwendungen zeigen oftmals Fehler bei der Installation oder bei der Verwendung. Der Grund dafür ist, dass die Anwendungsentwickler sich nicht immer an die von Microsoft herausgegebenen Grundsätze für die Entwicklung von 32-bit Anwendungen gehalten haben, die eine korrekte Funktion der 32-bit Anwendung in mehreren Instanzen unter mehreren Benutzern gleichzeitig ermöglichen. Durch Anpassungen an unterschiedlichen Stellen des Server-Betriebssystems können jedoch problematische 32-bit Anwendungen für den Terminalservereinsatz konfiguriert werden.³⁸

Aufgrund der zuvor beschriebenen Probleme ist es erforderlich, die Eignung der in einer Server based Computing-Umgebung zu installierenden Software durch einen Testdurchlauf auf einer geeigneten Testumgebung zu kontrollieren. Zudem bietet Microsoft auf seiner Homepage mit dem Application Compatibility Toolkit eine Möglichkeit an, die Kompatibilität der in einer Server based Computing-Umgebung zu installierenden Software überprüfen zu lassen.³⁹

II.2.2. SbC-Clientbetriebssystem: Thinstation

Das Projekt Thinstation wurde von Miles Roger im April 2003 auf der Entwicklungsplattform SourceForge⁴⁰ initiiert und basiert auf dem Projekt Netstation von Franciso Castro.⁴¹ Bei Thinstation handelt sich um ein kleines, linuxbasiertes Betriebssystem mit einer überschaubaren Anzahl von kleinen Programmen, das einen Computer oder ein Notebook zu einem terminalbasierten Thin Client um-

³⁸ vgl. Tritsch (2003), S. 182.

³⁹ Die Überprüfung der Kompatibilität erfolgt unter: <http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/windows/appcompatibility/default.mspx>.

⁴⁰ SourceForge stellt eine der größten webbasierten Plattformen für die Entwicklung und die Verteilung von Open-Source-Projekten dar.

⁴¹ vgl. Thinstation (2006a).

funktioniert.⁴² Das Betriebssystem ist kostenlos und unterliegt den Lizenzbestimmungen der GNU General Public License (GPL).⁴³

II.2.2.1. Mindestvoraussetzungen

Die Hardwareanforderungen für den Einsatz des Betriebssystems sind minimal. So kann jeder ältere Computer mit einem x86-kompatiblen Prozessor und einer Taktfrequenz ab 100 MHz eingesetzt werden. Der Arbeitsspeicher sollte mindestens 16 MByte aufweisen; für den Einsatz lokaler Anwendungen (z.B. lokaler Internetbrowser) werden 32 MByte empfohlen. Auf eine Speichermöglichkeit mit USB-Anschluss, eine Festplatte, ein CD-Rom-Laufwerk oder ein Disketten-Laufwerk kann verzichtet werden, da das Betriebssystem auch per Etherboot oder PXE gebootet werden kann. Die eingesetzten Hardwarekomponenten des Computers müssen vom Kernel (Version 2.6.10) unterstützt werden. Nur die Grafikkarte wird direkt unter xfree86 Version 4.3.99.903 angesprochen.⁴⁴

II.2.2.2. Funktionsumfang von Thinstation

Obwohl in der späteren Realisierung der SbC-Technologie nur ein kleiner Funktionsumfang von Thinstation benötigt wird, wird dennoch der komplette Funktionsumfang vorgestellt.⁴⁵

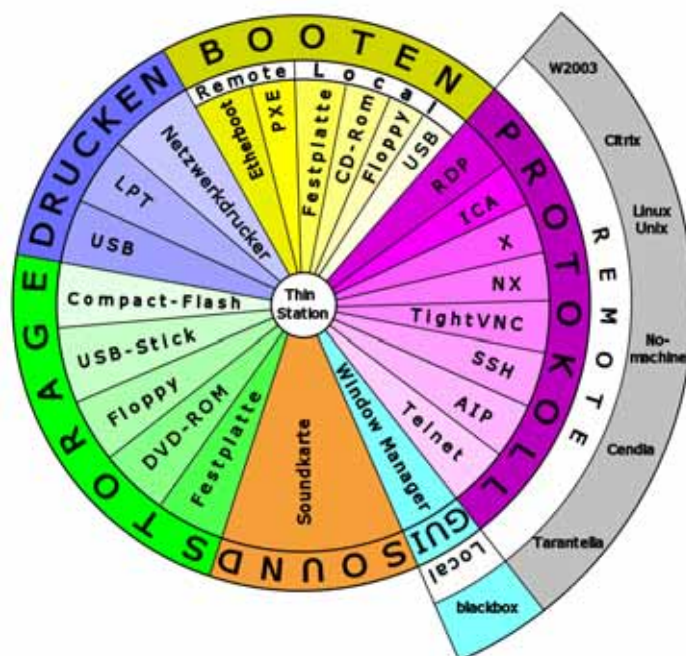


Abbildung 6: Funktionsumfang von Thinstation in der Version 2.1.3

⁴² vgl. Thinstation (2006b).
⁴³ vgl. Thinstation (2006b).
⁴⁴ vgl. Thinstation (2006c).
⁴⁵ vgl. Thinstation (2006d).

Thinstation erlaubt über Samba den Zugriff auf folgende lokale Ressourcen: Disketten-Laufwerk, DVD-Rom-Laufwerk, Festplatte, Compact-Flash Speicher oder USB-Stick. Zudem wird über Samba auch der Zugriff auf lokal angeschlossene Drucker über LPT oder USB ermöglicht.⁴⁶ Ein weiteres Feature stellt die Soundausgabe dar.

Die Distribution unterstützt durch die Einbindung mehrerer Protokolle den text- und GUI-basierten Zugriff auf entfernte Server. Mit Hilfe des RDP-Protokolls und des vom Rdesktop-Projekt zur Verfügung gestellten freien RDP-Client kann eine Terminalsitzung mit einem Microsoft Windows 2003 Server aufgebaut werden. Das ICA-Protokoll ermöglicht über die entsprechende Clientsoftware den Zugriff auf eine Citrix Metaframe-Umgebung. Mit Hilfe des X-Protokolls ist es möglich, eine grafische oder textbasierte Anwendung auf einem entfernten X-Server zu starten und auf dem Thinstation-Client darzustellen. Eine Weiterentwicklung der Kompressions-Technologie auf Basis des X-Protokolls stellt das NX-Protokoll von NoMachine dar, welches den Zugriff auf eine NoMachine NX Terminalumgebung erlaubt. Aufgrund des effizienten Protokolls kann jede grafische Anwendung oder eine komplette Desktop-Umgebung über jede Netzwerkverbindung auf dem entfernten Client ausgegeben werden.⁴⁷

Der Zugriff auf eine Cendio Linux/Unix-Umgebung erfolgt über die Protokolle SSH und TightVNC. Die Einbindung der Tarantella-Lösung, die zwischen Applikationsservern auf Unix-, Linux- und Windows-Basis und den Clients vermittelt, erfolgt unter Thinstation durch das AIP-Protokoll.⁴⁸ Ansonsten stehen noch das SSH- und das telnet-Protokoll zur Verfügung, die die Kommunikation mit Linux- bzw. Unix-Servern ermöglichen.

Anstelle der Remote-Verbindung mit einem Server kann auf die Desktop-Funktionalität von Thinstation durch den Start eines lokalen Windowsmanagers zurückgegriffen werden. In dieser Umgebung steht auch ein lokaler Internetbrowser zur Verfügung.

II.2.2.3. Konkurrierende Projekte

Neben Thinstation existieren andere interessante Projekte, die sich im Bereich Thin Client-Betriebssysteme ansiedeln lassen und somit als Alternativen zu Thinstation herangezogen werden können:

⁴⁶ vgl. Thinstation (2006e).

⁴⁷ vgl. Nomachine (2006).

⁴⁸ vgl. Kretschmer/Burbach/Suchodoletz (2004), S. 310.

- So verfolgt das Linux Terminal Server Project (LTSP) das Ziel, ein linux-basiertes Netzwerk bestehend aus einem Linux-Server und mehreren festplattenlosen Clients aufzubauen.⁴⁹ Für den Einsatz in Schulen existieren mit K12LTSP und SkoleLinux zwei angepasste Versionen des LTSP-Projektes.⁵⁰
- Das NetStation-Projekt ist dem Thinstation-Projekt sehr ähnlich. Es ermöglicht den Einsatz eines Standardcomputers als Thin Client, der mittels Floppy/CD/USB/Festplatte oder PXE/Etherboot gebootet werden kann und sich mit einem Anwendungsserver über die entsprechenden verfügbaren Protokolle verbindet.⁵¹
- Das PXES Universal Linux Thin Client Projekt bietet wie das zuvor genannte Projekt die Möglichkeit, einen Fat Client als Thin Client zu verwenden und diesen mit einem Applikationsserver zu verbinden. Jedoch wird zusätzlich kommerzieller Support für dieses Thin-Client-Betriebssystem angeboten.⁵²

II.2.3. SbC-Netzwerk

Die dritte Komponente der SbC-Technologie stellt das Netzwerk bzw. die Vernetzung der beiden Komponenten Server und Clients dar. Aufgrund der umfangreichen Inhalte dieses Themas werden nur die für diese Arbeit relevanten Bereiche aufgezeigt.

Im Folgenden werden bestimmte kabel-, funk- und strombasierte Datenübertragungsmöglichkeiten genauer betrachtet.

II.2.3.1. Kabelbasierte Datenübertragung nach 802.3

Die am weitesten verbreitete Netzwerktechnologie Ethernet ist in der IEEE-Norm 802.3 standardisiert und beschreibt den Datenaustausch zwischen den im Netzwerk angeschlossenen Geräten.⁵³ Dabei werden die Adressierung, die Rahmenformate, die eingesetzte Verkabelungshardware und der Medienzugriff genau festgelegt.

⁴⁹ vgl. Kretschmer/Burbach/Suchodoletz (2004), S. 56-57.

⁵⁰ vgl. LTSP (2006).

⁵¹ vgl. Netstation (2006).

⁵² vgl. 2xPXES (2006).

⁵³ vgl. IEEE (2006).

Mit diesem Standard sind folgende Ethernet-Medientypen verbunden.⁵⁴

- Mit 10Base-2⁵⁵ wird die Übertragungsgeschwindigkeit von 10 MBit/s in einer Umgebung mit Koaxialkabel beschrieben (Standard 802.3a).
- 10Base-T basiert auf dem Standard 802.3i und ermöglicht eine Übertragungsgeschwindigkeit von 10 MBit/s bei einer maximalen Kabellänge von 100 m auf einem CAT3- oder CAT5-Kabel.
- Unter IEEE 802.3u ist mit 100Base-TX eine Übertragungsrate von 100 MBit/s auf einem CAT-5 Kabel festgelegt.
- Eine Übertragungsgeschwindigkeit von 1000 MBit/s ermöglicht 1000-Base-T (IEEE 802.3ab) auf einem CAT5-Kabel.

Generell werden Netzwerke mit 10 MBit/s als Ethernet-, mit 100 MBit/s als Fast-Ethernet- und mit 1000 MBit/s als Gigabit-Ethernet-Netzwerke bezeichnet.

Ethernet besitzt, wie auch andere Datennetztechnologien, die Eigenschaften eines Shared Mediums. Bei geringem Datenaufkommen können die Daten zu den angeschlossenen Computern schnell gesendet werden. Da jedoch aufgrund des Zugriffsverfahrens CSMA/CD⁵⁶ die Möglichkeit für Kollisionen proportional mit der Anzahl der im Netzwerk angeschlossenen Computer und der zu sendenden Datenmenge zunimmt, können bei einer Auslastung von über 50% Netzwerkzusammenbrüche entstehen. Dieses Problem wird durch den Einsatz von Switches, die die Anzahl der Kollisionen deutlich reduzieren, gelöst.

II.2.3.2. Funkbasierte Datenübertragung nach 802.11

Das unter der Bezeichnung W-LAN geführte funkbasierte Netzwerk gehört zum Standard der IEEE 802.11-Familie. Diese Technologie bietet die Möglichkeit, Computer auf kostengünstige Art und Weise über größere Distanzen in einem Netzwerk zu verbinden.⁵⁷

Betrieben werden diese Netzwerke entweder im Infrastruktur-Modus, in der ein zentraler Access-Point die einzelnen Netzwerkkomponenten koordiniert, oder im Ad-hoc-Modus, bei dem zwei oder mehrere WLAN-Stationen direkt untereinander als gleichwertige Stationen verbunden sind.

⁵⁴ vgl. IEEE (2006).

⁵⁵ 10Base2 wird auch unter der Bezeichnung Cheapernet oder Thinnet geführt.

⁵⁶ Diese Zugriffsverfahren beschreibt den gemeinsamen Zugriff auf das Netzwerk, wann die Daten auf das Netz gestellt werden, und wie mit Datenkollisionen umgegangen wird.

⁵⁷ BSI (2006), S. 4.

Im Bereich der Datenverschlüsselung hat sich gezeigt, dass die WEP-Verschlüsselungsmethode aufgrund mehrerer Schwachstellen entschlüsselt werden kann.⁵⁸ Daher ist die WiFi-Protected-Access-Verschlüsselung (WPA) und deren Weiterentwicklung WPA2 zu empfehlen, vorausgesetzt, dass die den Schlüsseln zugrunde liegenden Passwörter den Sicherheitsanforderungen genügen.

Die Reichweite der W-LAN-Technologie beschränkt sich in geschlossenen Räumen auf ca. 80 m in Abhängigkeit von der Gebäudestruktur. Im Freien sind bis zu 300 m Reichweite realisierbar.⁵⁹ Innerhalb von Gebäuden können jedoch strukturelle Gegebenheiten, wie z.B. dicke Wände, Metalle oder Stahl-Betonwände die Reichweite des Funksignals deutlich reduzieren. Die Übertragungsgeschwindigkeit des Shared Mediums beträgt in Abhängigkeit von der Signalstärke bis zu 108 MBit/s⁶⁰.

Die gesundheitlichen Risiken wurden in verschiedenen Studien behandelt. So hat das Bundesamt für Strahlenstatistik festgestellt, dass die Strahlenbelastung durch W-LAN-Einsteckkarten bei minimalem Abstand zum Körper unter dem Grenzwert liegt und somit keine gesundheitlichen Risiken davon ausgehen. Dennoch wird empfohlen, den Einsatz von Funknetzwerken nur dann in Erwägung zu ziehen, wenn eine herkömmliche Kabelverbindung nicht möglich ist.⁶¹ Weiter hat das für den Campus der Universität Bremen erstellte "Gutachten zur EMVU-Belastung durch das WLAN" gezeigt, dass die Strahlenbelastung an allen Access-Points des W-LANs deutlich unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte liegt.⁶²

II.2.3.3. Strombasierte Datenübertragung nach HomePlug 1.0

Die Ende der 90er Jahre entwickelte Powerline-Communication-Technologie (PLC), mit der ein Internetzugang über das Stromnetz realisiert werden kann, hat in den Jahren nach der Jahrtausendwende aufgrund technischer Probleme,

⁵⁸ vgl. BSI (2005), S. 26-27.

⁵⁹ Der Einsatz von Richtfunkantennen, die eine Reichweite von mehreren Kilometern besitzen, wird in der vorliegenden Arbeit nicht besprochen, da eine Vernetzung zweier weit entfernt liegender Gebäude nicht notwendig erscheint.

⁶⁰ Die verschiedenen in der Praxis eingesetzten Erweiterungen des Standards 802.11 ermöglichen unterschiedliche Datenübertragungsraten. So ist im 802.11b-Standard eine maximale Übertragungsrate von 11 MBit/s, beim 802.11g von 54 MBit/s und bei 802.11g+ von bis zu 108 MBit/s festgelegt.

⁶¹ vgl. BfS (2005).

⁶² vgl. Universität Bremen (2001), S. 19.

preislicher Unzulänglichkeiten und mangelnder Kundenakzeptanz an Bedeutung verloren.⁶³

Als Indoor-Lösung hat sich die Powerline-Technologie unter dem Namen HomePlug bei der Vernetzung von Gebäuden neben der kabel- und funkbasierten Vernetzung etabliert. So wird zwischen Netzwerkkarte bzw. Netzwerkkomponente und der Steckdose der HomePlug-Adapter eingesetzt, der die Datenübertragung über die Stromleitung ermöglicht.

Die Performanz des HomePlug-Adapters beginnt bei 14 MBit/s und liegt derzeit bei den Spitzenmodellen bei etwa 200 MBit/s. Realistisch erscheinen eher 6-8 MBit/s bzw. 50 MBit/s bei einer maximalen Signalreichweite von 200 m. Zudem fällt die Übertragungsrate mit steigender Distanz und Adapteranzahl.⁶⁴

Der Optimalfall, dass alle Endgeräte in einer einzigen stromführenden Leitung (Phase) liegen, ist relativ selten anzufinden. Üblicherweise besitzen Räume oder Geschosse eine eigene Phase und erschweren damit die Installation. Eine Verkoppelung zwischen unterschiedlichen Phasen durch einen Phasenkoppler oder einen Trennfilter ist mit Übertragungsverlusten möglich. Der Anschluss von Homeplug-Adaptoren an Netzfiltern, wie z.B. Entstörfilter, unterbrechungsfreie Stromversorgungen und Überspannungssteckdosenleisten, führt zu einer Filterung der Datensignale.⁶⁵ Ähnlich problematisch ist der Anschluss eines Adapters an einer Steckdosenleiste, in der weitere getaktete Geräte wie Drucker, Monitor und Computer angeschlossen sind. Dies alles führt zu Leistungseinbußen im Bereich der Übertragungsgeschwindigkeit und der Signalreichweite.

Die in dieser Übertragungstechnik implementierten Sicherheitsmaßnahmen zeigen, dass ein Angreifer nur einen Zugang zum Stromnetz und das mit einer 56bit DES-Verschlüsselung gesicherte Passwort benötigt. Oftmals werden ausenliegende Wandsteckdosen übersehen und bieten dem Angreifer eine Möglichkeit, in das Netzwerk zu gelangen.

Damit die HomePlug-Komponenten verschiedener Hersteller problemlos untereinander kommunizieren können, wurde im Jahr 2001 der Standard HomePlug 1.0 verabschiedet.⁶⁶

⁶³ vgl. Heise (2002).

⁶⁴ vgl. Devalo (2006).

⁶⁵ vgl. Holzhey (2006).

⁶⁶ vgl. Homeplug (2006).

II.2.4. Zusammenwirken der einzelnen Komponenten

Für das Verständnis der SbC-Technologie ist von Bedeutung, wie die einzelnen zuvor aufgezeigten SbC-Komponenten vom Einschalten des SbC-Clients bis zum Erscheinen der Windows-Oberfläche auf dem SbC-Client zusammenarbeiten. Daher wird nachfolgend das Zusammenwirken dieser Komponenten beschrieben.

Nach dem Einschalten des SbC-Clients wird dieser über eine Diskette⁶⁷ remote gebootet. Dabei bewirkt die eingelegte Etherboot-Diskette, dass die Netzwerkkarte des SbC-Clients erkannt wird, DHCP- und TFTP-Informationen⁶⁸ über das Netzwerk mit dem SbC-Server ausgetauscht werden und eine speziell für diesen SbC-Client vorbereitete NBI-Bootimagedatei geladen und auf dem SbC-Client ausgeführt wird.⁶⁹ Diese Bootimagedatei beinhaltet das 5-6 MByte große SbC-Clientbetriebssystem Thinstation.

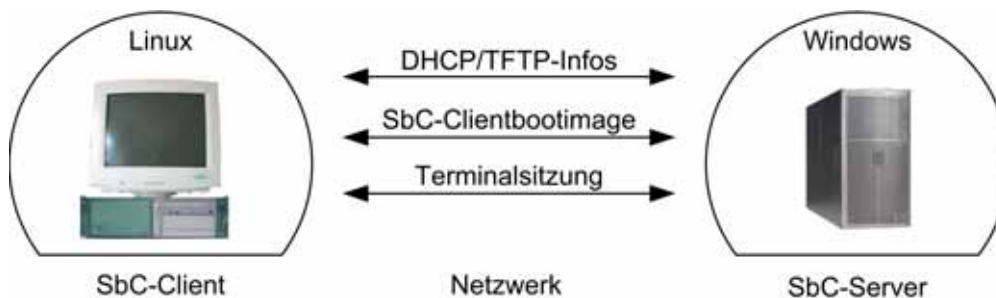


Abbildung 7: Zusammenwirken der einzelnen SbC-Komponenten

Der SbC-Client initialisiert das aktuelle, sich im Speicher befindende SbC-Clientbetriebssystem und baut über den gestarteten RDesktop-Client eine Terminalsitzung mit dem SbC-Server auf. Der Benutzer kann auf dem SbC-Client seiner Arbeit nachgehen.

⁶⁷ Anstelle einer Bootdiskette kann auch von CD, von einem Compact-Flash-Speicher oder von einer Netzwerkkarte mit Boot-ROM gestartet werden.

⁶⁸ Der SbC-Client erhält vom DHCP-Server eine IP-Adresse, die IP-Adresse des TFTP-Servers und den Namen der Bootimagedatei.

⁶⁹ vgl. Etherboot (2006).

III. Schulen und die Informationsgesellschaft

Die neuen Informationstechnologien und das Internet treiben den Paradigmenwechsel vom gedruckten Produkt zur multimedialen, interaktiven Information mit großer Geschwindigkeit voran. So haben die neuen Medien längst alle gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebensbereiche durchdrungen.

Die Schule hat neben den klassischen Kompetenzen auch die Kompetenz zu vermitteln, mit diesen neuen Medien fachkundig umgehen zu können. Der Erwerb dieser Kompetenzen ist eine Voraussetzung für die Integration in die Informationsgesellschaft.

III.1. Herausforderungen der Informationsgesellschaft

Die moderne Informationsgesellschaft bewegt sich im Spannungsfeld zwischen Erneuerung und Tradition. Sie ist gekennzeichnet durch sich schnell ändernde Bedingungen, durch eine Informationsflut und eine ständig steigende Komplexität. Daher müssen den Mitgliedern dieser Gesellschaft Methoden und Praktiken vermittelt werden, sich in dieser Gesellschaft zu Recht zu finden.

Eine eindeutige und wissenschaftlich anerkannte Festlegung der für die Informationsgesellschaft notwendigen Kompetenzen existiert nicht. Daher werden die in der Literatur verbreiteten Kompetenzen angeführt und kurz besprochen:⁷⁰

- Informationskompetenz: Diese Basiskompetenz der Informationsgesellschaft bezeichnet die "Fähigkeit, zu erkennen, wann Information benötigt wird, sie zu finden, bewerten und effektiv zu nutzen".⁷¹
- Fachkompetenz: Fähigkeit, Aufgabenstellungen selbstständig, fachlich richtig sowie methodengeleitet zu bearbeiten und das Ergebnis zu beurteilen.
- Methodenkompetenz: Fähigkeit, einen Lernstoff auf effektive Weise, unter der Verwendung von Lernstrategien und Arbeitsmethoden, zu behandeln.
- Medienkompetenz: Fähigkeit, die Medienentwicklung zu verstehen, sich kritisch damit auseinanderzusetzen und diese zu bewerten. Weiterhin geht es um den kritisch-reflexiven Umgang von medienvermittelte Infor-

⁷⁰ Soweit bei den einzelnen Kompetenzen keine Quellenangabe erfolgt, vgl. Puhlfürst (2005).

⁷¹ Weisel (2005), S. 25.

mationen. Auch beinhaltet Medienkompetenz die Fähigkeit, Medien als Kommunikationsmittel intuitiv zu nutzen.⁷²

- Lernkompetenz: Fähigkeit, selbstständig Lernvorgänge zu planen, zu strukturieren, zu überwachen und gegebenenfalls zu korrigieren und auszuwerten. Zur Lernkompetenz gehören weiterhin das eigene Interesse am Lernen und die Fähigkeit, das eigene Lernen zu steuern.
- Lesekompetenz: "Fähigkeit, geschriebene Texte zu verstehen, zu nutzen und über sie zu reflektieren, um eigene Ziele zu erreichen, das eigene Wissen und Potenzial weiterzuentwickeln und am gesellschaftlichen Leben teilzunehmen."⁷³
- Sozialkompetenz: Fähigkeit, soziale Beziehungen und Interessenlagen, Zuwendungen und Spannungen zu erfassen und zu verstehen sowie sich mit anderen Personen rational und verantwortungsbewusst auseinander zu setzen und zu verständigen.

Der Erwerb und die Erhaltung dieser Kompetenzen ist nicht nur im Ausbildungsbereich, sondern auch im Berufsleben von besonderer Bedeutung. So können die mit den Kompetenzen verbundenen Fähigkeiten nur dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn diese Fähigkeiten im Verbund sehr gut ausgeprägt sind.

Um sich in der Informationsgesellschaft bewegen zu können, müssen deren Mitglieder die besprochenen Schlüsselqualifikationen besitzen. Die schulische Bildung hat dabei den Auftrag erhalten, die Voraussetzungen für ihren Erwerb zu schaffen und im Bereich der Medienkompetenz umfangreiche Qualifikationen zu vermitteln.

III.2. Medienkompetenz als Schlüsselqualifikation

Medienkompetenz wird als eine unter mehreren Schlüsselqualifikationen der Informationsgesellschaft bezeichnet. Dabei wird unter Medienkompetenz verstanden, "Medienangebote sinnvoll auszuwählen und zu nutzen, eigene Medien zu gestalten und zu verbreiten, Mediengestaltungen zu verstehen und zu bewerten, Medieneinflüsse zu erkennen und aufzuarbeiten, Bedingungen der Medienproduktion und -verbreitung analysierend zu erfassen und Einfluss auf die Entwicklung der Medienlandschaft zu nehmen."⁷⁴

⁷² vgl. Glotz (2001), S.16-37.

⁷³ Deutsches PISA-Konsortium (2001), S. 23.

⁷⁴ vgl. Tulodziecki (1997), S. 25.

Lange und Hildebrand⁷⁵ untergliedern die Medienkompetenz in fünf Dimensionen:

- Selbstbestimmungs- und Orientierungskompetenz: Fähigkeit, die Entwicklung der Medien zu verfolgen und die daraus sich ergebenden Veränderungen für die Arbeitswelt zu erkennen und einzuschätzen.
- Selektions- und Entscheidungskompetenzen: Fähigkeit, sich für bestimmte Systeme (Computerhardware, Internettechnologien) und Anwendungen bewusst zu entscheiden.
- Instrumentell-qualifikatorische Aneignungskompetenz: Fähigkeit, Hardware zu installieren und Anwendungen zu bedienen und Internetverbindungen aufzubauen, um sich Daten online per EMail oder Webbrowser zu beschaffen.
- Konstruktiv-qualifikatorische Aneignungskompetenz: Fähigkeit, genutzte Angebote und Dienste reflektiert zu beurteilen, um effektiv und kritisch damit zu arbeiten.
- Lern- und Gestaltungskompetenz: Fähigkeit, auf vielfältige Anforderungen in verantwortlicher, selbstbestimmter und angemessener Weise zu reagieren, sowie die Bereitschaft zur medienspezifischen Qualifizierung.

Es stellt sich die Frage, welche Verfahren für die Schule existieren, die die Ausprägung der zu entwickelnden Kompetenzen, speziell die Medienkompetenz, ermitteln können. Eine Möglichkeit stellt das Evaluationsinstrument SEIS (Selbstevaluation in Schulen) dar.⁷⁶ Mit SEIS als standardisierte Entscheidungs- und Informationsgrundlage kann der Schulentwicklungsprozess gesteuert werden. Zudem versucht dieses Evaluationsinstrument unter dem Begriff der Schulqualität folgende fünf Dimensionen zu messen:⁷⁷

1. Bildungs- und Erziehungsauftrag
2. Lernen und Lehren
3. Führung und Management
4. Schulklima und Schulkultur
5. Zufriedenheit

Diese fünf Dimensionen stellen mit ihren Kriterien die Vielfalt und Komplexität der schulischen Qualität dar. Zwischen der Dimension "Lernen und Lehren" und

⁷⁵ vgl. Lange/Hildebrand (1996), S. 38-42.

⁷⁶ Generelle Informationen können unter <http://www.das-macht-schule.de> abgerufen werden.

⁷⁷ vgl. Stern/Ebel/Vaccaro/Vorndran (2006), S. 18-23.

der Dimension "Bildungs- und Erziehungsauftrag" besteht eine enge Beziehung. So ermittelt die erste Dimension Ergebnisse, also die Kompetenzen, die ein Schüler im Laufe der Schulzeit erwerben soll, während die zweite Dimension die Art und Weise, wie der Schüler diese Kompetenzen erwirbt, ermittelt. Die Dimension "Führung und Management" beeinflusst in hohem Maße die Qualität der Schule und bestimmt zudem, inwieweit die Beteiligten die Entwicklung der Schule steuern können. Die Schaffung von Rahmenbedingungen für das Lernen in Form von emotionaler und physischer Sicherheit wird in der Dimension "Schulklima und -kultur" festgehalten. Letztendlich zeigt die Dimension "Zufriedenheit" an, wie Schüler, Eltern und Lehrkräfte mit der Schule insgesamt zufrieden sind, und weist auf Störungen in den anderen Dimensionen hin.⁷⁸

Mit welcher Ausstattung die Schulen die zuvor genannten Schlüsselqualifikationen der Informationsgesellschaft vermitteln wollen, soll im nachfolgenden Unterkapitel dargestellt werden.

III.3. Betrachtungen zur schulischen IT-Ausstattung und -nutzung

In diesem Unterkapitel werden nacheinander unterschiedliche Studien und Berichte zur Computerausstattung und -nutzung angeführt. Zudem fließen die Ergebnisse eigener Befragungen, basierend auf den Gesprächen mit mehreren IT-beauftragten Lehrern, an dieser Stelle ein.

III.3.1. Studie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) veröffentlicht zum fünften Mal eine Studie über die IT-Ausstattung der allgemein bildenden und berufsbildenden Schulen in Deutschland. Die Ergebnisse der zuletzt im Jahr 2005 durchgeführten Studie werden untergliedert in die Bereiche IT-Ausstattung und IT-Nutzung.

III.3.1.1. IT-Ausstattung

Die darin enthaltenen Ergebnisse geben Aufschluss über die quantitativen und qualitativen Aspekte der Computerausstattung und -nutzung an den Schulen:⁷⁹

- Die Anzahl der in den Schulen aufgestellten Computer nimmt seit 2001 kontinuierlich zu: 453.242 (2001), 684.968 (2002), 852.089 (2003), 949.551 (2004), 1.024.163 (2005)

⁷⁸ vgl. Stern/Ebel/Vaccaro/Vorndran (2006), S. 58-69.

⁷⁹ vgl. BMBF (2005), S. 8-53.

- Die Relation Schüler pro Computer hat sich in den letzten Jahren deutlich verbessert.⁸⁰
 - Grundschule: 23:1 (2002), 15:1 (2004), 13:1 (2005)
 - Sekundarschule I/II: 13:1 (2004), 12:1 (2005)
 - Berufsbildende Schulen: 13:1 (2002), 9:1 (2004), 9:1 (2005)
- Die eingesetzte Computerhardware ist in zwei Kategorien spezifiziert:
 - Die erste Kategorie beinhaltet nicht multimediafähige Computer mit einem x86-Prozessor bis 133 MHz.
 - In der zweiten Kategorie finden sich multimediafähige Computer mit einem x86-Prozessor mit mindestens 133 MHz, mindestens 32 MByte Arbeitsspeicher, einer Soundkarte, einem CD-Rom-Laufwerk und dem Zugriff auf eine zentrale Speichermöglichkeit:

	Grundschule	Sek.schule I/II	Berufsb. Schule
Typ 1 stationär	41.171	60.082	13.183
Typ 1 mobil	1.221	1.504	383
Typ 2 stationär	97.327	282.916	149.052
Typ 2 mobil	7.130	28.289	14.071
Summe Typ 1, 2	146.849	372.791	176.689
Computer gesamt ⁸¹	217.160	526.431	279.821

Tabelle 1: Computerausstattung an den bundesdeutschen Schulen

- Bei den allgemein bildenden Schulen wird im Softwarebereich Lernsoftware am meisten eingesetzt: 63%⁸² (2001), 76% (2002), 87% (2003), 89% (2004) und 92% (2005). Bei den multimedialen Nachschlagewerke ist auch ein positiver Trend zu verzeichnen: 37% (2001), 46% (2002), 56% (2003), 57% (2004) und 60% (2005). Software mit Werkzeugcharakter und Programme zur Erstellung multimedialer Anwendungen finden ihren Einsatz überwiegend an den berufsbildenden Schulen. Auch diese Softwarekategorie konnte in den letzten fünf Jahren ihren Anteil verbes-

⁸⁰ Die Zahlen für bestimmte Jahre wurden vom BMBF nur teilweise veröffentlicht.

⁸¹ In der Zeile "Computer gesamt" sind sämtliche von den Bundesländern erfassten Computer enthalten. Auch sind die Computer berücksichtigt worden, die bei der Erfassung weder nach Computertypen noch nach stationären und mobilen Computern differenziert wurden. Weiterhin muss darauf hingewiesen werden, dass das Summe aus den Zahlen der Zeile "Computer gesamt" in der Tabelle 1 eine Computeranzahl von 1.023.412 anstelle der in der Studie oftmals angegebenen 1.024.163 Computer ergibt. Der Grund für die unterschiedlichen Zahlen kann aufgrund fehlender Informationen nicht ermittelt werden. Zudem wurden in der Tabelle 1 nur Zahlen aus der Studie verwendet.

⁸² Die prozentualen Angaben sind so zu verstehen, dass bspw. 63% der allgemein bildenden Schulen im Jahr 2001 Lernsoftware eingesetzt haben.

sern. Die größte Verbreitung an den berufsbildenden Schulen findet Branchensoftware: 80% (2002), 85% (2003, 2004) und 88% (2005).

- In den letzten fünf Jahren haben bei den Einzelplatzbetriebssystemen die Windows-Versionen auf den Computern der allgemein bildenden Schulen mit einer Verbreitung von 98-100% dominiert. Linux-, Unix- oder andere Betriebssysteme wurden fast ausschließlich in den berufsbildenden Schulen eingesetzt. Diese Betriebssysteme spielen jedoch auch bei dieser Schulart mit 27% (2005) nur eine untergeordnete Rolle.
- Die Vernetzung der Schule wurde in den Jahren 2001 bis 2005 kontinuierlich vorangetrieben. Der Anteil der vernetzten Grundschulen bzw. der vernetzten Sekundarschulen I/II und der vernetzten berufsbildenden Schulen hat um 30% bzw. jeweils um 20% zugenommen.
- Die Art des schulischen Internetanschlusses⁸³ hat sich bei den Grundschulen derart entwickelt, dass der Anteil der ISDN-Anschlüsse von 82% (2002) auf 64% (2005) sank, während im gleichen Zeitraum die DSL-Anschlüsse von 7% auf 37% anstiegen. Bei den Sekundarschulen I/II dominieren mit 65% die DSL-Anschlüsse, während der Anteil der ISDN-Anschlüsse auf 45% zurückging.
- Die Anzahl der mit dem Internet verbundenen Computer hat stets zugenommen: 106.238 (2001), 317.435 (2002), 476.375 (2003), 552.624 (2004) und 595.014 (2005).

III.3.1.2. Computernutzung in den bundesdeutschen Schulen

Im Bereich der Computernutzung kommt die Studie zu folgenden Ergebnissen:⁸⁴

- Generell ist in den letzten drei Jahren der Anteil der Schulen, die Computer im Unterricht einsetzen, in fast allen Fächern, Lernbereichen und beruflichen Einsatzfeldern kontinuierlich gestiegen.
- In der Grundschule findet der computergestützte Unterricht am häufigsten im Fach Deutsch, gefolgt von Mathematik, Sachunterricht, Arbeitsgemeinschaften und den Fremdsprachen statt.
- In den Sekundarschulen I/II wird der Computer am häufigsten im Fach Mathematik eingesetzt. Die Fächer Deutsch und die naturwissenschaftlichen Fächer belegen den zweiten und dritten Platz. Auch in den Arbeits-

⁸³ Im Fragebogen des BMBF zur Studie waren zu diesem Punkt Mehrfachnennungen möglich.
⁸⁴ vgl. BMBF (2005), S. 53-62.

gemeinschaften, Informatik, Gesellschaftswissenschaften, Fremdsprachen, Arbeitslehre/Wirtschaft/Technik, Kunst/Musik, Religion/Ethik, und im Sachunterricht wird der Computer benutzt.

- Bei den berufsbildenden Schulen hat sich folgende Rangfolge ergeben: Informatik, Deutsch, Gesellschaftswissenschaften, Fremdsprachen, Mathematik und Naturwissenschaften.

III.3.2. Studie des Konsortiums Bildungsberichterstattung

Der Bericht "Bildung in Deutschland 2006" des Konsortiums für Bildungsberichterstattung zeigt, dass die privaten Haushalte in Deutschland im internationalen Vergleich überdurchschnittlich mit Computern und Internet ausgestattet sind. So besitzen 67% aller Haushalte einen Computer und 62% einen Internetanschluss.⁸⁵ Dies lässt darauf schließen, dass im außerschulischen Bereich der Mehrheit der Schüler auch der Zugang zu Computern und Internet ermöglicht wird.

Interessant im Vergleich zu anderen Ländern erscheint, dass 75% der deutschen Schüler mehrmals in der Woche zu Hause einen Computer nutzen, während nur 20% der Schüler mehrmals in der Woche mit dem Computer in der Schule arbeitet. Im Vergleich zu anderen Ländern liegt Deutschland in Bezug auf die schulische Computernutzung an letzter Stelle. In dem Bericht wird weiter festgehalten, dass für Mädchen die Schule bei der Vermittlung von Computerkenntnissen einen sehr wichtigen Lernort darstellt. Die männlichen Jugendlichen bevorzugen eher das selbständige und spielerische Lernen am Computer außerhalb der Schule.⁸⁶

Weiterhin wurde festgestellt, dass bei den Jugendlichen die private Nutzung von Anwendungsprogrammen an letzter Stelle steht. Die Haupteinsatzgebiete am heimischen Computer stellen Download, EMail-, Chat- und vor allem Spielprogramme dar.⁸⁷

Sollten Jugendliche außerhalb der Schule keine Möglichkeit besitzen, den Umgang mit dem Computer zu erlernen bzw. zu festigen, so kann die Schule die Möglichkeit bieten, Jugendliche mit schlechteren Startbedingungen im Computernutzung zu fördern.⁸⁸

⁸⁵ vgl. Konsortium Bildungsberichterstattung (2006), S. 60.

⁸⁶ vgl. Konsortium Bildungsberichterstattung (2006), S. 61.

⁸⁷ vgl. Konsortium Bildungsberichterstattung (2006), S. 61.

⁸⁸ vgl. Konsortium Bildungsberichterstattung (2006), S. 62-63.

Der Bericht kommt letztendlich zum Ergebnis, dass der Schule als Lernort für die Computernutzung und den Erwerb von computerbezogenen Kompetenzen gegenüber den außerschulischen computergestützten Lernwelten sowie den selbstgesteuerten informellen Lernprozessen eine untergeordnete Bedeutung zukommt.⁸⁹

III.3.3. IBI Studie 2005

Die Ende des Jahres 2005 von dem Institut für Bildung in der Informationsgesellschaft (IBI) veröffentlichte Studie "Die Stimmen der Schüler. Informations- und Kommunikationstechnologien und Lernen" zeigt auf, welche Auswirkungen der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie auf die Lernerfahrungen und -erwartungen der Schüler hat. Dabei sollen die Schüler die Bedingungen und Verhältnisse des Lernens mit der Informations- und Kommunikationstechnologie einschätzen, ihre eigenen Erfahrungen im Umgang mit den neuen Medien darlegen und von den Veränderungen durch den Einsatz der neuen Medien im Unterricht und im Bereich der Betreuung durch die Lehrer berichten.⁹⁰

Die Schüler gaben an, dass die Nutzung der neuen Medien nicht dauerhaft und nicht sehr intensiv erfolgt. Zudem haben sich quantitative und qualitative Unterschiede bei der Nutzung der neuen Medien gezeigt, die auf den unterschiedlichen Qualifikationen der Lehrer in Bezug auf den Medieneinsatz im Unterricht basieren. Deswegen forderten die Schüler eine angemessene Schulungen der Lehrkräfte im Umgang mit Hard- und Software sowie didaktische, effektive Konzepte, damit der Lehrer sich in seiner neuen Lehrerrolle zurecht finden kann. Weiterhin erkannten die Schüler als Schwachstelle des Einsatzes der neuen Medien das Fehlen eines Medienkonzepts. Der Lernerfolg kann nur dann eintreten, wenn jeder Schüler jederzeit einen Computer mit geeigneter Bildungssoftware vorfinden kann.⁹¹

In den Interviews mit den Schülern konnte festgestellt werden, dass die Schüler mehr Vorteile als Nachteile durch die digitalen Medien sehen, sich aber auch der Gefahren dieses Mediums bewusst sind, die durch den Missbrauch entstehen. Veraltete und störanfällige Hardware sehen die Schüler zwar als problematisch an. Jedoch hängt die Qualität des Lernens und des Lehrens nicht allein von der

⁸⁹ vgl. Konsortium Bildungsberichterstattung (2006), S. 63.

⁹⁰ vgl. IBI (2005), S. 54-57.

⁹¹ vgl. IBI (2005), S. 54-57.

technischen Ausstattung ab. Vielmehr bildet die Kompetenz der Lehrkraft die Basis für den erfolgreichen Einsatz der neuen Medien im Unterricht.⁹²

III.3.4. Empirische Untersuchungen zur IT-Ausstattung

Grundlage der nachfolgenden Ergebnisse sind die Gespräche mit IT-beauftragten Lehrern und die Besichtigung der IT-Ausstattung von fünf Grundschulen.⁹³

Im Rahmen des Lehrergesprächs wurde ermittelt, wie die Grundschulen mit Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) ausgestattet sind, und mit welchen Problemen die IT-beauftragten Lehrer konfrontiert werden.

III.3.4.1. IT-Ausstattung

Jede Schule ist mit einem Computerraum ausgestattet, der es ermöglicht, im Rahmen des computergestützten Unterrichts auf Lernprogramme und Internetinformationen zuzugreifen.

Es konnte festgestellt werden, dass vier der fünf Schulen überwiegend gesperrte und veraltete Computer einsetzen, da deren Schulträger finanziell nicht in der Lage war, einen kompletten Computerraum mit mindestens 16 Computern zu finanzieren. Die Einführung von Medienecken in den Klassenzimmern und die Vernetzung der Klassenzimmer konnte nur bei einer Schule vorgefunden werden.

III.3.4.2. Finanzierung und Investition

Aufgrund der durchgeführten Befragung konnte ermittelt werden, dass bisher die großen Anschaffungen der Schulträger finanziert hat. Kleinere Anschaffungen wurden über den Schuletat oder über den Förderverein abgewickelt. Eher selten brachte der Förderverein einen größeren Betrag für die Erneuerung der IKT auf. In der Wirtschaft werden die Computer etwa alle drei bis vier Jahre gegen neue Computer ausgetauscht. Fast alle Schulen rechnen damit, dass ihre Computer erst nach sieben bis zehn Jahren ausgetauscht werden. Die Investitionen der Schulen im Zeitraum der nächsten drei Jahre zeigen, dass jede Schule plant, ihren Computerraum mit neuen Computern auszustatten, soweit der Schulträger dazu finanziell in der Lage ist. Viele Schulen planen zudem, sich einen Video-

⁹² vg. IBI (2005), S. 54-57.

⁹³ Mit dem IT-beauftragten Lehrer wurde ein 45-minütiges Gespräch geführt. Zudem wurde - soweit möglich - die IT-Ausstattung des Computerraums, der Fachräume und der Klassenzimmer besichtigt. Im Zuge dessen wurden die Hardwaredaten mit entsprechenden Tools ermittelt.

Beamer anzuschaffen. Die Anschaffung von neuer Lernsoftware ist bei fast allen Schulen im Schuletar berücksichtigt.

III.3.4.3. Wartung und Service

Die IT-beauftragten Grundschullehrer wenden sich bei Problemen überwiegend an Firmen oder Privatpersonen. Es kommt aber auch vor, dass Schüler oder deren Eltern zu Rat gezogen werden. Keine Unterstützung erfahren die Lehrer durch IT-Mitarbeiter des Schulträgers bei ihrer Problemlösung.

Zudem zeigen aufgrund der Streichung der Lehrermäßigung einige Grundschullehrer wenig Bereitschaft, sich länger während der Schulzeit mit einem IT-Problem auseinanderzusetzen. Auch besteht oftmals keine Bereitschaft, sich außerhalb der Schulzeit an Nachmittagen oder Wochenenden mit aktuellen Problemen oder Erweiterungen der schulischen IT-Infrastruktur zu beschäftigen. So kann es vorkommen, dass einige defekte Computer nicht benutzt werden können oder dass die geforderte Software nur auf wenigen, funktionierenden Computern installiert ist.

III.3.5. Ergebnisse

Die Anzahl der Computer in den Schulen hat in der Vergangenheit zugenommen und wird auch in Zukunft zunehmen. Obwohl die Computer in der Anschaffung billiger geworden sind, ist davon auszugehen, dass sie mindestens alle fünf bis sechs Jahre ersetzt werden müssen. Auch darf der damit verbundene Administrations- und Supportaufwand nicht unterschätzt werden.

Die vom BMBF durchgeführte Studie basiert nach eigenen Angaben aufgrund der Vergleichbarkeit mit vorhergehenden Studien immer noch auf den Computertypen I und II. Ob es sich um IT-Ausstattung mit aktuellen Computern handelt, geht aus diesen Zahlen nicht hervor, da in der Studie für den Computertyp II eine Bandbreite von 133 MHz bis gegenwärtig 3600 MHz indirekt vorgesehen ist. Eigene Untersuchungen haben gezeigt, dass in Abhängigkeit von der finanziellen Situation des Schulträgers, der Schule und deren Förderverein die Ausstattung an den Grundschulen durch den Einsatz von gebrauchten, auf unterschiedlicher Hardware basierenden Computern häufig problematisch ist. Viele dieser sechs- bis achtjährigen Grundschulcomputer fallen mit ihren 133 bis 400 MHz in den Bereich des Computertyps II der Studie.

Im Bereich der Computernutzung kann eine kontinuierliche Zunahme des computergestützten Unterrichts in fast allen Fächern festgestellt werden. Somit kann

die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Anzahl der installierten Lernprogramme gestiegen ist und daher Probleme bei deren Verteilung und Support entstehen können. Dieser Trend zur vermehrten Installation unterschiedlicher, fächerspezifischer Software wird sich auch in Zukunft fortsetzen.

Wie gut die Lehrer die Integration der neuen Medien in den Unterricht beherrschen, ist eine der Herausforderungen in den nächsten Jahren, der nur durch ein gezieltes Schulungskonzept begegnet werden kann. Auch haben viele Schulen die Entwicklung eines Medienkonzepts noch nicht durchgeführt, sondern begnügen sich derzeit mit der Bereitstellung der IT-Ausstattung bestehend aus der entsprechenden Hard- und Software und sehen dann ihre Aufgabe als erfüllt an. Insgesamt kann folgende Erkenntnis formuliert werden: Aufgrund der weiteren Verbesserung der Schüler-Computer-Relation durch die jährliche Zunahme der aufgestellten Computer, der gegenwärtigen und zukünftigen Ausrichtung der schulischen IT-Infrastruktur auf wartungs- und supportintensive Strukturen, der Schwierigkeiten einiger Lehrer in Bezug auf die Integration neuer Medien in den Unterricht wegen fehlender Schulungen und aufgrund der Unkenntnis einiger Schulen über die Erstellung eines Medienkonzeptes werden gerade für die Grundschulen viele Probleme entstehen. Damit erscheint das von den Grundschulen verfolgte Ziel, die Grundlagen für die Entwicklung einer Medienkompetenz zu schaffen, mit gerade ausreichenden Maßnahmen verfolgt zu werden. Zugunsten vieler Schulleiter soll hier erwähnt werden, dass oftmals die finanzielle Lage der Schule bzw. des Schulträgers keine weiteren Maßnahmen zur Beseitigung der zuvor angeführten Problemfelder zulässt.

Auf der Grundlage dieser Informationen soll im nachfolgenden Kapitel die in Kapitel II.2 beschriebene SbC-Technologie mit Hilfe von zwei Fallstudien einem Praxistest unterzogen werden.

IV. Realisierung der Server based Computing-Technologie

Die veraltete Computerausstattung der Schulen und die Problematik der Finanzierung der IT-Ausstattung von Schulen zeigen, dass neue Wege gegangen werden müssen. Wege, die bei gleicher Qualität eine deutliche Reduzierung der Kosten erbringen. Aus diesem Grund wird die zuvor theoretisch vorgestellte SbC-Technologie einem Praxistest unterzogen. Welche Schritte im Einzelnen erforderlich sind, zeigen die beiden Fallstudien: Die Teststellung der SbC-Technologie an der Grundschule Alkofen und am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I der Universität Passau.

Durch die Bearbeitung der Fallstudien soll schrittweise die Migration einer vorhandenen Technologie wie z.B. die Client-Server-Technologie oder die Peer-to-Peer-Technologie auf die im Rahmen dieser Arbeit zu untersuchenden Server based Computing-Technologie vorbereitet, durchgeführt und dokumentiert werden.⁹⁴

Bevor die beiden Fallstudien vorgestellt werden, wird ein Vorgehensmodell für die weiteren Untersuchungen ausgewählt und beschrieben. Auf Grundlage dieses Vorgehensmodells werden die beiden Fallstudien strukturiert und detailliert dargestellt.

IV.1. Beschreibung des Vorgehensmodells

Derzeit existieren in der Literatur sehr viele Vorgehensmodelle zur Einführung von Informationssystemen. Darüber hinaus entwickeln Beratungsunternehmen ihre eigenen Modelle. Jedoch ist nicht jedes Modell für die Einführung eines Informationssystems geeignet. Generell lassen sich die Modelle in die drei Grundtypen, das sequentielle Modell, das Wasserfall-Modell und das Spiralmodell einordnen.⁹⁵

Das sequentielle Vorgehensmodell oder auch Phasenmodell genannt, ist gekennzeichnet durch einen phasenorientierten Ablauf der Einführung. Die einzelnen Phasen sind in sich abgeschlossen. Daraus ergibt sich, dass organisatorische oder technische Veränderungen aufgrund der starren Ausrichtung des Modells nur schwer berücksichtigt werden können.⁹⁶

⁹⁴ Die drei Technologien werden im weiteren Verlauf der Arbeit mit P2P, C/S und SbC abgekürzt.

⁹⁵ vgl. Kneuper/Müller-Luschnat/Oberweis (1998), S. 37.

⁹⁶ vgl. Kneuper/Müller-Luschnat/Oberweis (1998), S. 39.

Das bei der Softwareentwicklung oftmals eingesetzte Wasserfallmodell bietet eine Rückkopplung zwischen den einzelnen Phasen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, bei konzeptionellen Fehlern Korrekturmaßnahmen einzuleiten.⁹⁷

Das Spiralmodell sieht vor, eine schrittweise Annäherung an die definierten Projektziele durch den zyklischen Durchlauf der einzelnen Entwicklungsschritte Analyse, Konzeption, Realisierung und Integration zu erreichen.⁹⁸

Welches Vorgehensmodell nun gewählt werden soll, lässt sich nicht eindeutig beantworten. Es hängt im Wesentlichen davon ab, welche Anforderungen an das Vorgehensmodell gestellt werden. Als Anforderungen an die beiden vorgestellten Fallstudien können die Einfachheit des Modells, die Durchführbarkeit von Korrekturmaßnahmen bei konzeptionellen Fehlern und die Berücksichtigung der zeitlichen Begrenzung des Projektes angeführt werden. Daraus resultiert das klassische Wasserfallmodell, das dieser Arbeit zugrunde gelegt wird.

Das nachfolgend dargestellte Vorgehensmodell zeigt schrittweise die Migration von einer Peer-to-Peer-Umgebung bzw. einer Client-Server-Umgebung auf die Server based Computing-Umgebung.



Abbildung 8: Vorgehensmodell zur Bearbeitung der Fallstudien

Die Voruntersuchung umfasst neben der Besichtigung der Schule und der Computerausstattung der Schule die Besprechung des Vorhabens mit dem Schulleiter. Es soll in dieser Phase ermittelt werden, ob die Computerausstattung der Schule für die Realisierung der SbC-Technologie geeignet ist. Neben der technischen Verwirklichung müssen die Chancen und Risiken der Einführung geschätzt und mit dem Schulleiter besprochen werden.

Die IST-Aufnahme soll mit Hilfe der softwarebasierten Computerinventarisierung und mehreren Befragungen einen detaillierten Überblick über die vorhandenen Computer und deren Ausstattung ermöglichen. Der Einsatz von System-Informationstools soll den Zeitaufwand der Erfassung des IT-Inventars reduzieren.

Das primäre Ziel der anschließenden IST-Analyse ist die Generierung von Ausgangsdaten für die Durchführung der Technologiemigration zum Server based Computing sowie die Analyse von Schwachstellen.

⁹⁷ vgl. Kneuper/Müller-Luschnat/Oberweis (1998), S. 39.

⁹⁸ vgl. Kneuper/Müller-Luschnat/Oberweis (1998), S. 42-44.

Auf der Basis der IST-Aufnahme, der Schwachstellenanalyse und mehreren Besprechungen wird das Soll-Konzept erarbeitet. An dieser Stelle müssen auf der einen Seite die technischen Aspekte des Server based Computing und auf der anderen Seite die didaktisch-pädagogischen Anforderungen berücksichtigt werden. Das Ergebnis dieses Schrittes ist die Erstellung eines Anforderungskatalogs.

Nach der Ermittlung des IST-Zustands und des Soll-Zustands der IT-Ausstattung muss festgelegt werden, welche Migrationsschritte zur SbC-Technologie notwendig sind. Die Migration schließt mit einer Systemkontrolle, in der die Funktionalität der SbC-Technologie überprüft wird, ab.

Die anschließende Testphase soll zeigen, inwieweit die eingesetzte Technologie den gestellten Anforderungen genügt. Eventuelle Änderungen können in dieser Phase bedingen, dass das Soll-Konzept abgeändert und die Migration angepasst werden muss.

Die Kontrolle und Überprüfung der zuvor festgelegten Ziele soll mit Hilfe von Befragungen im Rahmen einer Evaluation überprüft werden. Ergänzend sollen die aus den eigenen Beobachtungen gewonnenen Erkenntnisse einfließen.

IV.2. Fallstudie an der Grundschule Alkofen

Im Rahmen der Kontaktaufnahme wurde Mitte Juli 2005 ein Termin mit dem Bürgermeister der Stadt Vilshofen vereinbart. An diesem Tag wurde das Dissertationsvorhaben vorgestellt und gefragt, ob eine Schule an der Erprobung der SbC-Technologie interessiert sei. Der Bürgermeister und sein IT-Leiter schlugen die Grundschule Alkofen vor.

IV.2.1. Voruntersuchung

An der Grundschule Alkofen werden derzeit 107 Schüler und Schülerinnen in sieben Klassen von sieben Lehrern unterrichtet. Der Schulleiter zeichnet verantwortlich für die IT-Ausstattung der Schule, die sich aus den Computern im alten und im neuen Computerraum, den Computern in dem Klassenzimmer der Klasse 4 und den Computern der Schulverwaltung zusammensetzt.

Eine kurze Besichtigung der Computerräume an der Grundschule Alkofen Mitte August 2005 sollte klären, ob die IT-Ausstattung für die Server based Computing-Technologie geeignet ist. Wenn beispielsweise die IT-Ausstattung der Schule vor kurzem erneuert worden wäre, so wäre zwar die Migration zur Server based Computing-Technologie möglich gewesen, jedoch könnte nicht nachgewie-

sen werden, dass auf vergleichsweise alten Rechnern auch mit einer modernen Microsoft Windows-Oberfläche und aktuellen Lernprogrammen gearbeitet werden kann.

Während der Besichtigung der Schule wurde festgestellt, dass die Schule einen alten und einen neuen Computerraum besitzt. In dem alten Computerraum stehen 25 Computer mit einem geschätzten Alter von mindestens 15 Jahren. Dieser Computerraum wird gelegentlich trotz der veralteten Hardware für das Kennenlernen des Computers von den Erst- und Zweitklässlern aufgesucht. Dabei werden einfache DOS-Lernprogramme gestartet. Nach Absprache mit dem Schulleiter wurden dieser Raum sowie die Computer der Schulverwaltung von den weiteren Untersuchungen in der Fallstudie ausgeschlossen.

Der neue Computerraum ist mit 15 Schüler- und einem Lehrercomputer ausgestattet. Fast alle Computer sind mit dem Internet verbunden und arbeiten in einem Peer-to-Peer-Netzwerk. Aufgrund des Alters der Computer von fünf bis sieben Jahren und der Tatsache, dass diese Computer bereits vernetzt sind, eignet sich der neue Computerraum für die Migration zur Server based Computing-Technologie besonders gut.

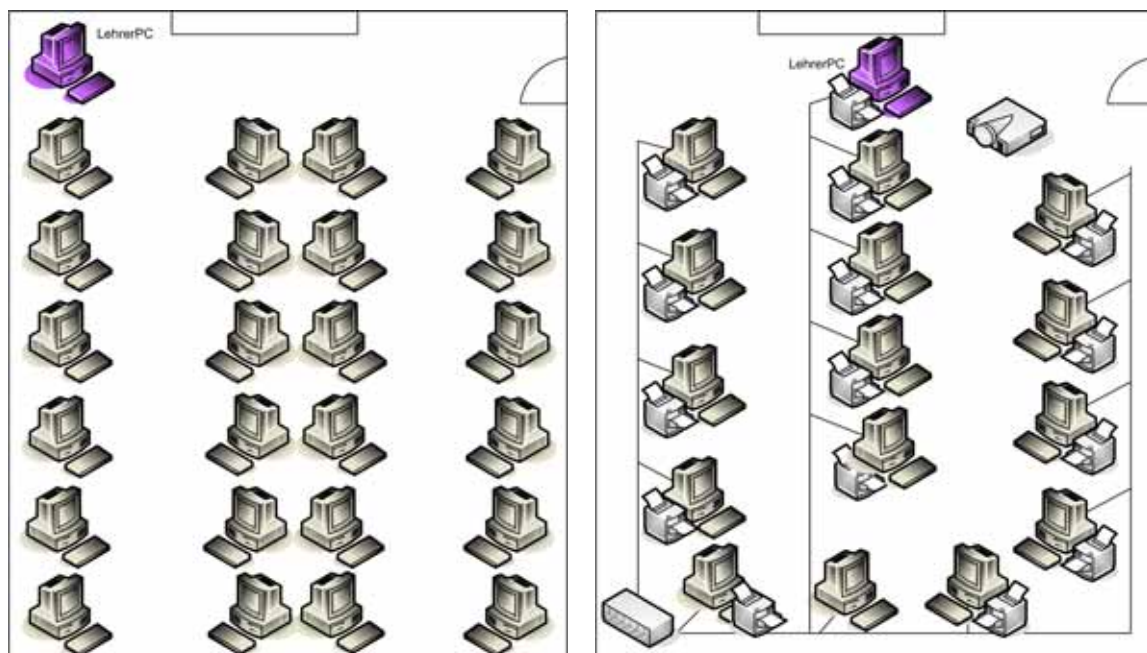


Abbildung 9: Alter und neuer Computerraum der Grundschule Alkofen

In dem Klassenzimmer der Klasse 4 wurde eine Computerecke mit sechs Computern vorgefunden. Während die Computer im neuen Computerraum über einen Switch vernetzt und mit dem Internet verbunden sind, handelt es sich bei

den Computern in der vierten Klasse um nicht vernetzte Computer, die somit keinen Zugriff auf das Internet erlauben.



Abbildung 10: Computerecke im hinteren Bereich der Klasse 4

Die Schulverwaltung, bestehend aus dem Rektor- und dem Sekretariatszimmer ist jeweils mit einem Computer pro Raum ausgestattet. Über einen Router wird gewährleistet, dass das Verwaltungsnetz von dem pädagogischen Schulnetz getrennt ist. Die beiden Verwaltungsrechner sind mit dem Internet verbunden. Im Lehrerzimmer war zum Zeitpunkt der Voruntersuchung kein Computer aufgestellt.

Insgesamt konnte nach der Voruntersuchung festgestellt werden, dass die Schul-IT⁹⁹ als Untersuchungsobjekt für das Dissertationsvorhaben sehr gut geeignet ist. Für die weitere Vorgehensweise ist es jedoch zwingend erforderlich, den exakten Zustand der Schul-IT im Rahmen einer IST-Aufnahme festzuhalten.

IV.2.2. IST-Aufnahme

Zur Gewinnung eines detaillierten Überblicks über das Untersuchungsobjekt wurden im Rahmen der IST-Aufnahme das Schulnetzwerk, der neue Computerraum, die vorhandene Computerecke im Klassenzimmer der vierten Klasse und die Ersatzcomputer analysiert.

IV.2.2.1. Schulnetzwerk

Das Schulnetzwerk besitzt zum Zeitpunkt der IST-Aufnahme die Funktion, den neuen Computerraum und die Schulverwaltung mit dem Internet zu verbinden.

⁹⁹ Der Begriff Schul-IT beschreibt im weiteren Verlauf der Dissertation die IT-Ausstattung der Schule ohne die Computer der Verwaltung und ohne die Computer des alten Computerraums.

Diese Funktionalität wird durch den Einsatz des Allnet DSL-Routers im Sekretariat ermöglicht. Die Trennung des Verwaltungsnetzwerks vom pädagogischen Schulnetzwerk wird durch einen D-Link Router im Rektorat realisiert.

Der DSL-Internetzugang der Schule wurde im Jahr 2002 über das Projekt T@school gefördert und steht seitdem der Schule kostenlos zur Verfügung.

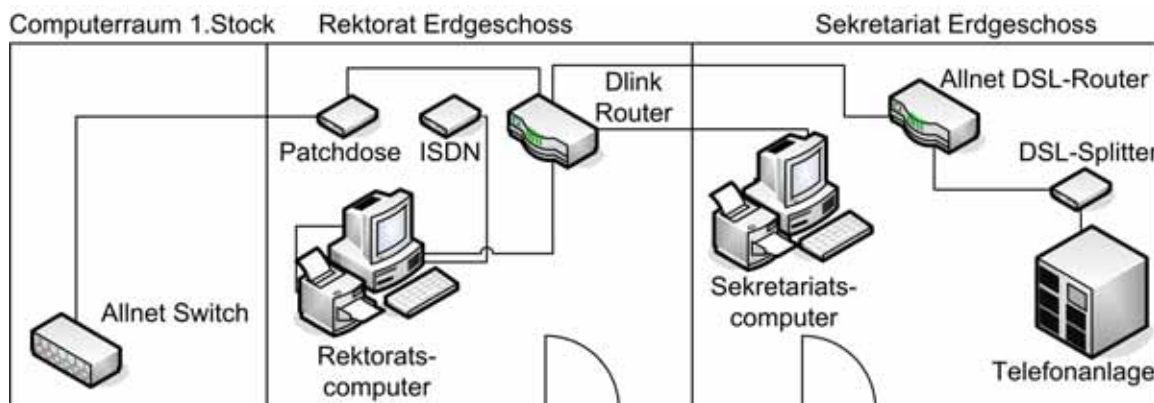


Abbildung 11: Schulnetzwerk der Grundschule Alkofen

Der Rektorscomputer besitzt noch einen zusätzlichen Internetzugang über eine ISDN-Leitung, der aber aufgrund des vorhandenen DSL-Internetzugangs sehr selten verwendet wird.

Der neue Computerraum ist über einen Allnet-Switch mit dem Zugriff auf das Internet versorgt. Die im Rektorszimmer vorhandene Patchdose wurde aus Sicherheitsgründen installiert. Der Schulleiter soll auf einfachste Art und Weise durch Entfernen des Netzwerksteckers an der Patchdose die Möglichkeit besitzen, den Zugriff auf das Internet im Computerraum zu unterbinden.

Weiterhin wird durch den Switch im Computerraum die Vernetzung der Computer ermöglicht.

IV.2.2.2. Computerraum

Die Hardwareausstattung der 16 Computer des Computerraums ist in der nachfolgenden Tabelle festgehalten.

	PC01	PC02	PC03	PC04
Modell	noname	noname	noname	Senic pro m5
Prozessor	Intel Celeron 466	Intel Celeron 466	Intel Celeron 466	Intel Pentium 133
Arbeitsspeicher	64 MB	64 MB	64 MB	64 MB
Grafikkarte	8 MB ATI Rage IIc	8 MB ATI Rage IIc	8 MB ATI Rage IIc	2 MB CirrusLogic 5436
Netzwerkkarte	Realtek RTL8139	Realtek RTL8139	Realtek RTL8139	-
Soundkarte	C-Media CMI8738	C-Media CMI8738	C-Media CMI8738	Creative SB128 5880
Floppy	ja	ja	ja	ja
CD-Rom	50xCD-Rom	50xCD-Rom	50xCD-Rom	52xCD-Rom
Festplatte	10 GB	10 GB	10 GB	2 GB
Monitor	17" LG 702B	17" AOC 7Glr	17" AOC 7Glr	17" Eizo FlexScan F56
	PC05	PC06	PC07	PC08
Modell	noname	noname	Compaq Deskpro	noname
Prozessor	Intel Celeron 466	Intel Celeron 466	Intel Pentium 233	Intel Celeron 466
Arbeitsspeicher	64 MB	64 MB	64 MB	64 MB
Grafikkarte	8 MB ATI Rage IIc	8 MB ATI Rage IIc	4 MB Matrox MilleniumI	8 MB ATI Rage IIc
Netzwerkkarte	Realtek RTL8139	Realtek RTL8029	Compaq NetFlex3	Realtek RTL8139
Soundkarte	C-Media CMI8738	C-Media CMI8738	ESS ES1868	C-Media CMI8738
Floppy	ja	ja	ja	ja
Laufwerk	50xCD-Rom defekt	50xCD-Rom	20xCD-Rom	50xCD-Rom
Festplatte	10 GB	10 GB	2 GB	10 GB
Monitor	17" Siemens MCM1755	17" Siemens MCM1755	17" Siemens MCM1705	17" AOC 7Glr
	PC09	PC10	PC11	PC12
Modell	noname	noname	noname	Compaq Deskpro
Prozessor	Intel Pentium 2 233	Intel Celeron 466	Intel Celeron 466	Intel Pentium 233
Arbeitsspeicher	32 MB	64 MB	64 MB	64 MB
Grafikkarte	8 MB Elsa Vic. Erazor	8 MB ATI Rage IIc	8 MB ATI Rage IIc	4 MB Matrox MilleniumII
Netzwerkkarte	Novell 2000 Adapter	Realtek RTL8139	Realtek RTL8139	Compaq NetFlex3
Soundkarte	Creative Vibra 16X	C-Media CMI8738	C-Media CMI8738	ESS ES1868
Floppy	ja	ja	ja	ja
Laufwerk	50xCD-Rom	50xCD-Rom	50xCD-Rom	16xCD-Rom
Festplatte	3,2 GB	10 GB	10 GB	2 GB
Monitor	17" Belinea 107035	17" Siemens MCM1755	17" AOC 7Glr	17" Siemens MCM1705
	PC13	PC14	PC15	PC16 - Lehrer
Modell	Compaq Deskpro	Compaq Deskpro	Siemens pro m5	noname
Prozessor	Intel Pentium 233	Intel Pentium 233	Intel Pentium 133	Intel Celeron 466
Arbeitsspeicher	64 MB	64 MB	64 MB	128 MB
Grafikkarte	4 MB Matrox MilleniumII	4 MB Matrox MilleniumII	2 MB CirrusLogic 5436	16 MB Elsa Victory II
Netzwerkkarte	Compaq NetFlex3	Compaq NetFlex3	nicht vorhanden	Realtek RTL8139
Soundkarte	ESS ES1868	ESS ES1868	Creative SB128 5880	C-Media CMI 8738
Floppy	ja	ja	ja, defekt	ja
Laufwerk	16xCD-ROM	16xCD-Rom	8xCD-Rom	10x/40xDVD-Rom
Festplatte	2 GB	2 GB	2 GB	30 GB
Monitor	17" AmTRAN AT897D	17" AmTRAN AT897D	17" Siemens MCM1755	17" AOC 7Glr

Abbildung 12: Hardwareausstattung des neuen Computerraums

Zudem besitzt jeder Computer bis auf PC04 und PC15 einen lokal angeschlossenen Tintenstrahldrucker. Ein fahrbarer Beamer der Marke NEC VT540 soll den computergestützten Schulunterricht im Computerraum unterstützen.

Im Rahmen der Voruntersuchung wurde festgestellt, dass die Computer einzeln installiert wurden. Daher ist neben der Hardwareausstattung auch die Softwareausstattung der 16 Computer interessant:

	PC01	PC02	PC03	PC04
Betriebssystem	MS Windows 98	MS Windows 98	MS Windows 98	MS Windows 98 SE
Internet Explorer	5.01	5.01	5.01	5.01
Adobe Acrobat	5.0	5.0	5.0	5.0
MS Office 2000	ja	ja	ja	ja
Budenberg	ja	ja	ja	ja
ECMM Highlight 2	ja	ja	ja	ja
Koky	ja	ja	ja	ja
Matheland 2	ja	ja	ja	ja
Sonstiges	-	-	Hugo 5	Hugo 5
	PC05	PC06	PC07	PC08
Betriebssystem	MS Windows 98	MS Windows 98	MS Windows 98 SE	MS Windows 98
Internet Explorer	5.01	5.01	5.01	5.01
Adobe Acrobat	5.0	5.0	5.0	5.0
MS Office 2000 Pro	ja	ja	ja	ja
Budenberg	ja	ja	ja	ja
ECMM Highlight 2	ja	ja	nein	ja
Koky	ja	ja	nein	ja
Matheland 2	ja	ja	nein	ja
Sonstiges	-	-	-	-
	PC09	PC10	PC11	PC12
Betriebssystem	MS Windows 95	MS Windows 98	MS Windows 98	MS Windows 98 SE
Internet Explorer	5.01	5.01	5.01	5.01
Adobe Acrobat	5.0	5.0	5.0	5.0
MS Office 2000 Pro	ja	ja	ja	ja
Budenberg	ja	ja	ja	ja
ECMM Highlight 2	demo	ja	ja	nein
Koky	nein	ja	ja	nein
Matheland 2	ja	ja	ja	nein
Sonstiges	-	-	-	-
	PC13	PC14	PC15	PC16
Betriebssystem	MS Windows 98 SE	MS Windows 98 SE	MS Windows 98 SE	MS Windows 98
Internet Explorer	5.01	5.01	5.01	5.01
Adobe Acrobat	5.0	5.0	5.0	5.0
MS Office 2000 Pro	ja	ja	ja	ja
Budenberg	ja	ja	ja	ja
ECMM Highlight 2	nein	nein	nein	ja
Koky	nein	nein	nein	ja
Matheland 2	nein	nein	nein	ja
Sonstiges	-	-	Midtown Madness	Löwenzahn 3

Abbildung 13: Softwareausstattung des Computerraums

Der Computerraum ist für den gezielten Computerunterricht in Zweiergruppen konzipiert und kann von maximal 30 Schülern und einem Lehrer genutzt werden. Der vorhandene Beamer kann an den Lehrercomputer angeschlossen werden und ermöglicht die Projektion des Lehrerbildschirms an die Vorderwand. Der Zugang zu dem abgeschlossenen Raum ist nur mit einem Lehrer während der Schulöffnungszeiten von Montag bis Freitag zwischen 7.45 Uhr bis 13.00 Uhr möglich.

IV.2.2.3. Computerecke der Klasse 4

Die wesentliche Funktion der Computerecke in dem Klassenzimmer der vierten Klasse besteht darin, dass die Schüler während des Unterrichts in Zweier- oder Dreiergruppen eine Aufgabe am Computer selbständig lösen können. Hierzu standen den Schülern vor Beginn der Fallstudie sechs nicht vernetzte Computer zur Verfügung, die folgende Hardwareausstattung aufweisen:

	PC30	PC31	PC32
Modell	Siemens	Siemens	Siemens
Prozessor (MHz)	Intel Pentium 133	Intel Pentium 133	Intel Pentium 133
Arbeitsspeicher	64 MB	64 MB	64 MB
Grafikkarte	2 MB CirrusLogic 5436	2 MB CirrusLogic 5436	2 MB CirrusLogic 5436
Netzwerkkarte	-	-	-
Soundkarte	Creative SB128 ES1371	Creative SB128 ES5880	Creative SB128 ES5880
Floppy	ja	ja	ja
CD-Rom	8xCD-Rom	8xCD-Rom	8xCD-Rom
Festplatte	3.2 GByte	3.2 GByte	3.2 GByte
Monitor	15" Eizo F340i-W	15" Eizo F340i-W	15" Eizo F340i-W
	PC33	PC34	PC35
Modell	Siemens	Siemens	Siemens
Prozessor (MHz)	Intel Pentium 133	Intel Pentium 133	Intel Pentium 133
Arbeitsspeicher	64 MB	64 MB	64 MB
Grafikkarte	2 MB CirrusLogic 5436	2 MB CirrusLogic 5446	2 MB CirrusLogic 5436
Netzwerkkarte	-	-	-
Soundkarte	Creative SB128 ES1371	Creative SB128 ES5880	Creative SB128 ES5880
Floppy	ja	ja	ja
Laufwerk	8xCD-Rom	8xCD-Rom	8xCD-Rom
Festplatte	3.2 GByte	3.2 GByte	3.2 GByte
Monitor	15" digital PC7XV-DE	15" digital PC7XV-DE	17" Siemens MCM1707

Abbildung 14: Hardwareausstattung der Computerecke der Klasse 4

Auch die Computer der vierten Klasse wurden einzeln installiert. Nachfolgende Tabelle zeigt die Softwareausstattung der Computerecke:

	PC30	PC31	PC32
Betriebssystem	MS Windows 98 SE	MS Windows 98 SE	MS Windows 98 SE
Internet Explorer	5.00	5.00	5.00
Adobe Acrobat	-	-	-
MS Office 2000 Pro	-	ja	-
Budenberg	ja	ja	ja
Cosmo	ja	ja	ja
Stadtralley	ja	ja	ja
Matheland 2	ja	ja	-
Sonstiges	Heureka	Heureka	Fit in Mathe 4
	PC33	PC34	PC35
Betriebssystem	MS Windows 98 SE	MS Windows 98 SE	MS Windows 98 SE
Internet Explorer	5.00	5.00	5.00
Adobe Acrobat	-	4.0	4.0
MS Office 2000 Pro	-	-	-
Budenberg	ja	ja	ja
Cosmo	ja	ja	ja
Stadtralley	ja	ja	ja
Matheland 2	ja	ja	ja
Sonstiges	Heureka	-	-

Abbildung 15: Softwareausstattung der Computerecke der Klasse 4

IV.2.2.4. Ersatz-Computer

Im Laufe der Jahre wurden dem Schulleiter der Grundschule Alkofen von der Stadtverwaltung Vilshofen, von Unternehmen und Privatpersonen mehrere Computer und Monitore gespendet. Diese Computer sollen zum einen als Ersatz für defekte Computer im Computerraum oder im Klassenzimmer dienen. Zum anderen sollen sechs Computer in der Klasse 3a als Computerecke installiert werden.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Hardwareausstattung der Ersatzcomputer, welche mit Hilfe eines Systeminformationstools ermittelt wurde:

	PC40	PC41	PC42	PC43
Modell	Siemens Scenic	Siemens Scenic	Siemens Scenic	Siemens Scenic
Prozessor (MHz)	Intel Pentium 233	Intel Pentium 233	Intel Pentium 233	Intel Pentium 233
Arbeitsspeicher	128 MB	128 MB	128 MB	128 MB
Grafikkarte	2MB CirrusLogic 5436	2MB CirrusLogic 5436	2MB CirrusLogic 5436	2MB CirrusLogic 5436
Netzwerkkarte	-	-	-	-
Soundkarte	Sound CMI 8738	Sound CMI 8738	Sound CMI 8738	Sound CMI 8738
Floppy	ja	ja	ja	ja
CD-Rom	8xCD-Rom	8xCD-Rom	8xCD-Rom	8xCD-Rom
Festplatte	3.2 GByte	3.2 GByte	3.2 GByte	3.2 GByte
Monitor	17" MAG	17" MAG	17" MAG	17" MAG
	PC44	PC45	PC46	PC47
Modell	Siemens Scenic	Siemens Scenic	Siemens ScenicProM5	Siemens ScenicProM5
Prozessor (MHz)	Intel Pentium 133	Intel Pentium 133	Intel Pentium 133	Intel Pentium 133
Arbeitsspeicher	64 MB	64 MB	64 MB	64 MB
Grafikkarte	2 MB CirrusLogic 5436	2 MB CirrusLogic 5436	2 MB CirrusLogic 5446	2 MB CirrusLogic 5446
Netzwerkkarte	3Com 3C905-TX XL1	3Com 3C905-TX XL1	3Com 3C905-TX XL1	3Com 3C905-TX XL1
Soundkarte	-	-	-	-
Floppy	ja	ja	ja	ja
Laufwerk	4xCD-Rom	4xCD-Rom	4xCD-Rom	4xCD-Rom
Festplatte	3.2 GByte	3.2 GByte	3.2 GByte	3.2 GByte
Monitor	-	-	-	-
	PC48			
Modell	Siemens ScenicProM5			
Prozessor (MHz)	Intel Pentium 133			
Arbeitsspeicher	64 MB			
Grafikkarte	2 MB CirrusLogic 5446			
Netzwerkkarte	3Com 3C905-TX XL1			
Soundkarte	-			
Floppy	ja			
Laufwerk	4xCD-Rom			
Festplatte	3.2 GByte			
Monitor	-			

Abbildung 16: Hardwareausstattung der Ersatzcomputer

Alle Ersatzcomputer wurden der Schule ohne Betriebssystem und mit formatierter Festplatte übergeben. Aus diesem Grund wird auf die Erfassung der Software verzichtet.

Zur Identifizierung wurden während der IST-Aufnahme an sämtlichen Computern Aufkleber mit einer eindeutigen Kennzeichnung angebracht.

IV.2.3. IST-Analyse

Auf der Basis der ermittelten Informationen zur IT-Ausstattung erfolgt in den anschließenden Unterkapiteln die Analyse der Daten im Hinblick auf den Zustand der Computer sowohl im Hardwarebereich, als auch im Softwarebereich und den geplanten Einsatz in einer SbC-Umgebung.

IV.2.3.1. Schulnetzwerk

Der Einsatz des D-Link Routers zur Trennung des Verwaltungsnetzwerks von dem pädagogischen Schulnetzwerk erscheint nicht nur sinnvoll, sondern ist aus Sicherheitsgründen zwingend erforderlich.

Der im Computerraum installierte Allnet-Switch vernetzt den Computerraum und ermöglicht zudem den Zugriff auf das Internet. Die sechs Computer im Klassenzimmer der vierten Klasse sind weder untereinander vernetzt, noch mit dem Internet verbunden. Daher muss die Vernetzung des Klassenzimmers der vierten Klasse und gegebenenfalls weiterer Klassenzimmer vor Beginn der Migration zur SbC-Technologie durchgeführt werden. Mit Abschluss dieser Arbeiten ist das Netzwerk der Schule für den Aufbau der SbC-Technologie ausreichend ausgestattet.

IV.2.3.2. Computerraum

Anhand der Informationen in Abbildung 12 kann festgestellt werden, dass die Prozessorgeschwindigkeit der im Computerraum aufgestellten Computer zwischen 133 MHz und 433 MHz bei älteren Anwendungen unter Umständen noch ausreichen mag. Jedoch ist davon auszugehen, dass gemäß den Systemvoraussetzungen von aktuellen und in Zukunft erscheinenden Anwendungen die Prozessorgeschwindigkeit und der 32 bzw. 64 MB große Arbeitsspeicher nicht mehr unterstützt werden. Auch die Festplattengröße von PC07, PC12, PC13, PC14 und PC15 mit 2 GB und PC09 mit 3.2 GB kann sich als weiterer Engpass des vorgefundenen Computersystems erweisen. Das derzeit installierte Betriebssystem und das installierte Office-Paket belegen mit 700 MB¹⁰⁰ und mit

¹⁰⁰ Das Betriebssystem MS Windows 98 SE wurde auf einem Rechner neu installiert und danach der Speicherverbrauch über den Windows-Explorer ermittelt.

350 MB¹⁰¹ mehr als die Hälfte des Festplattenspeicherplatzes. Für die Lernsoftware bleiben oftmals nur noch 900 MB bzw. 1800 MB übrig.

Während der Inventarisierung wurde festgestellt, dass das CD-Rom-Laufwerk von PC05 sich nicht öffnen ließ. Der Grund für den Fehler lag bei einem nicht angeschlossenen Stromkabel des CD-Rom-Laufwerks. Zudem sind die Computer PC04 und PC15 nicht mit dem Internet verbunden, da diese beiden älteren Computer keine Netzwerkkarten besitzen.

Der Windows-Desktop wird bei vier Computern mit einer Auflösung von 800x600 Pixeln und bei den restlichen Computern mit 1024x768 Pixeln dargestellt. Bei einigen Computern wurde auch festgestellt, dass die horizontale Bildfrequenz mit 60 Hz in einem Bereich liegt, der schon bei kurzen Arbeiten mit dem Computer zu Augenbrennen und Konzentrationsverlust führen kann. Diese Problematik sollte im Rahmen einer SbC-Umgebung durch eine einheitliche Desktopgröße von 1024x768 Pixeln bei 75 Hz gelöst werden.

Auch wurde innerhalb der Bestandsaufnahme nach dem Einschalten der Computer bei der Hälfte der Computer festgestellt, dass während des Betriebssystemstarts das Windows-Tool ScanDisk automatisch gestartet und die Festplatte auf Inkonsistenzen überprüft wird. Dies führt dazu, dass die Dauer des Startvorgangs sich von durchschnittlich 1½ Minuten auf 3 Minuten verdoppelt und somit Unterrichtszeit verloren geht. Die Ursache für dieses Problem liegt in dem unsachgemäßen Herunterfahren der Computer. Viele Schüler beenden das Betriebssystem nicht, sondern schalten die Computer einfach aus. Diese Problematik sollte die SbC-Lösung mit einer gleich bleibenden Startdauer trotz unsachgemäßem Herunterfahren auffangen.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die im Computerraum aufgestellten Computer in den nächsten ein bis zwei Jahren ausgetauscht werden müssen. Eine Installation des aktuellen Betriebssystems zusammen mit aktueller Lernsoftware ist schon aufgrund der veralteten Hardware nicht empfehlenswert.

Die im Rahmen der IT-Inventarisierung festgestellte Heterogenität bei der verwendeten Hardware ist auch bei den installierten Betriebssystemversionen vorzufinden: Neun Computer sind mit MS Windows 98, vier Computer mit MS Windows 98 SE und ein Computer ist mit MS Windows 95 installiert. Die Betreuung

¹⁰¹ Als Office-Paket wurde das im Computerraum eingesetzte MS Office 2000 mit den Erweiterungen auf CD2 und CD3 installiert. Der Speicherverbrauch wurde mit Hilfe des Windows-Explorers ermittelt.

von mehreren Betriebssystemen führt nicht nur zu einem höheren Administrationsaufwand. Es kann sogar, wie im Fall von PC09 mit MS Windows 95, vorkommen, dass die Installation neuer Lernsoftware nicht durchgeführt werden kann, da dieses Betriebssystem von mehreren Lernsoftware-Anbietern nicht mehr unterstützt wird.¹⁰²

Der während des computergestützten Schulunterrichts oftmals benutzte Internet Explorer ist auf allen Computern in der Version 5.01 installiert. Diese Version besitzt zum Zeitpunkt der IT-Erfassung mehrere als kritisch eingestufte Sicherheitslöcher,¹⁰³ die in den vorgefundenen Installationen durch entsprechende Patches nicht beseitigt wurden. Zudem kann dem Aufruf von skriptbasierten Webseiten nicht mit entsprechender zusätzlicher Sicherheitssoftware begegnet werden, da diese vollkommen fehlt. Auch die regelmäßig von Microsoft bereitgestellten Updates für das Betriebssystem und für den Internet Explorer werden weder automatisch noch manuell installiert.

Die Installation von überflüssigen Programmen wie beispielsweise der Telekom Eumex 404PC Software auf PC09, den Olympus Camedia Master 4.2 auf PC11 und der T-Online Konfigurationssoftware auf PC13 und PC14 verbraucht nicht nur zusätzliche Computerressourcen, sondern kann zusätzliche Probleme bereiten. Zudem lässt es die Vermutung entstehen, dass diese Computer von Privatpersonen gespendet und ohne Neuinstallation des Betriebssystems direkt in den Computerraum integriert wurden.

Die Betrachtung der im Computerraum bereitgestellten Lernsoftware zeigt, dass nur die Budenberg-Software auf allen Computern installiert wurde. Die Englisch-Lernsoftware Koky wurde auf den Computern PC07, PC09, PC12, PC13, PC14 und PC15 nicht installiert. Ein weiteres Englischprogramm namens English Coach Multimedia (ECMM) ist auf den Computern PC07, PC12, PC13, PC14 und PC15 nicht installiert. Zudem besitzt PC09 nur eine Demoversion dieser Software. Das Mathematikprogramm Matheland 2 ist auf den Computern PC07, PC12, PC13, PC14 und PC15 nicht installiert. Eine SbC-Umgebung sollte daher auf allen Computern die gleiche Software zur Verfügung stellen, so dass ein Zeitverlust durch das Auffinden der Computer mit der geforderten Softwareunterstützung vermieden werden kann.

¹⁰² vgl. Medienwerkstatt (2006).

¹⁰³ vgl. Heise (2006a).

Neben der Analyse der verwendeten Hard- und Software ist auch die Nutzung der Schul-IT von Bedeutung. So wird die Einbeziehung des Computerraums in den Unterricht in der Weise vollzogen, dass die Schüler während des Unterrichts den Computerraum aufsuchen und gezielt eine Übung am Computer unter Aufsicht des Lehrers durchführen.

Beispielsweise wird im Internet die Seite www.antolin.de aufgerufen, um das Lese- und Vorstellungsvermögen der Schüler zu fördern, die Leseleistung zu erhöhen und eine eigene Leseidentität zu entwickeln.¹⁰⁴ Die Schüler wählen eigenständig bereits im Unterricht oder zu Hause gelesene Bücher aus einer Liste mit derzeit 8.500 eingetragenen Kinder- und Jugendbüchern aus und beantworten die gestellten Fragen mit jeweils drei möglichen Antworten. Der Schüler erhält für jede korrekte Antwort einen Pluspunkt, für eine falsche Antwort einen Minuspunkt. Auf diese Weise fördert Antolin das Lesen und motiviert die Schüler, sich mit den Inhalten der gelesenen Werke auseinander zu setzen.

Die Lehrer kontrollieren auf der einen Seite die Lesevorlieben, die Leseleistung und die Leseentwicklung der Schüler und können somit auf Defizite bzw. besondere Begabungen reagieren. Auf der anderen Seite können Lehrer auch neue, noch nicht in der Liste eingetragene Bücher eintragen und dazu Fragen entwerfen. An der Alkofener Grundschule sind bereits in mehreren Klassen Antolin-Lesestunden fest in den Unterrichtsplan integriert.

Antolin stellt derzeit eine einzigartige webbasierte, interaktive Leseplattform für den Schulunterricht dar, die weder eine Installation noch ein Update benötigt, da diese Plattform mittels eines Browsers gestartet wird.

Die zweite, im Computerraum eingesetzte Software stellt das Budenberg Lernpaket dar, welches aus einer Sammlung von 62 Einzelprogrammen für die Fächer Deutsch, Mathematik, Englisch und Sachkunde besteht.¹⁰⁵ Gerade die einfache Bedienung zusammen mit einem übersichtlichen Menü, die DOS-ähnliche, schlichte Oberfläche und die Installationsmöglichkeit auf alten Computern zeichnen dieses Programm aus.

IV.2.3.3.Computerecke der Klasse 4

Die Hardwareausstattung der Computerecke ist trotz eines 64 MB großen Arbeitsspeichers mit einer Prozessorleistung von 133 MHz auch für ältere Be-

¹⁰⁴ vgl. Schroedel (2006).

¹⁰⁵ vgl. Lehrer Online (2006).

triebssysteme und Programme nicht ganz unproblematisch. Die Installation des aktuellen Microsoft Windows XP-Betriebssystems unter Verwendung der veralteten Hardware kann ausgeschlossen werden.¹⁰⁶ Auch die Installation aktueller Lernsoftware zeigt oftmals, dass die mit 133 MHz bereit gestellte Prozessorleistung weit unter der geforderten Prozessorleistung von 300 bis 400 MHz liegt.¹⁰⁷ Aus diesem Grund müssen diese Computer als erste ausgetauscht werden, wenn die aktuelle Peer-to-Peer-Technologie beibehalten werden soll.

Die Nutzung der Computerecke in der Klasse 4 ist nur eingeschränkt möglich, da die wichtigste Anwendung Antolin aufgrund der fehlenden Internetverbindung nicht ausgeführt werden kann. Daher werden die Programme im Schulunterricht gestartet, die unter dieser Hardware ausgeführt werden können. Wenn möglich, wird der Computerraum aufgesucht.

IV.2.3.4. Ersatzcomputer

Die Ersatzcomputer weisen eine Prozessorgeschwindigkeit zwischen 133 und 233 MHz und einen 64 MB großen Arbeitsspeicher auf. Viele dieser Computer besitzen weder eine Sound- noch eine Netzwerkkarte. Dass auf den Computern kein Betriebssystem installiert ist, ist für den Einsatz in einer SbC-Umgebung belanglos.

Insgesamt stellen die Ersatzcomputer sicherlich nicht die beste Alternative als Ersatz für den Ausfall eines Computers oder die Ausstattung eines weiteren Klassenzimmers dar, da sie zuerst mit einem Betriebssystem und mit den erforderlichen Programmen versehen werden müssen.

Als nächster Schritt erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Schulleiter die Erarbeitung des Soll-Konzepts für die SbC-Umgebung.

IV.2.4. Konzeption der IT-Ausstattung in einer SbC-Umgebung

Zu Beginn der 120 Tage dauernden Testphase von Anfang Oktober 2005 bis Ende Januar 2006 müssen im Computerraum alle Computern mit der SbC-Technologie ausgestattet und mit einem am Lehrercomputer angeschlossenen Drucker verbunden werden. Der Beamer soll weiterhin in Verbindung mit dem Lehrercomputer eingesetzt werden können. Da der computerbasierte Schulunterricht durch mögliche Fehler in der Testphase nicht gestört werden darf, einigte

¹⁰⁶ vgl. Microsoft (2006a).

¹⁰⁷ vgl. Medienwerkstatt (2006).

man sich darauf, dass das pädagogische Schulnetz mitsamt seinen Computern nicht umkonfiguriert werden darf. Der Schulleiter bestand darauf, dass zu jeder Zeit das aktuell installierte Betriebssystem mitsamt der Lernsoftware auf allen Computern gestartet werden kann. Dies soll erreicht werden, indem die Verbindung zum SbC-Server über ein auf einer Diskette gespeichertes Bootprogramm hergestellt wird. Sobald diese Disketten aus dem Diskettenlaufwerk der SbC-Clients entfernt werden, kann das auf der Festplatte installierte Betriebssystem inklusive der Anwendungen wieder gestartet werden. Die einzig notwendige und abgesprochene Konfigurationsänderung an den vorhandenen Computern ist die Veränderung der Boot-Optionen im Bios der Computer. Weitere notwendige Änderungen in der Migrationsphase müssen mit dem Schulleiter abgesprochen werden.

Da derzeit im Lehrerzimmer für Recherche- und Unterrichtsvorbereitungsarbeiten keine Computer zur Verfügung stehen, soll ein Computer mit einem Internetzugang, einer Druckmöglichkeit und der notwendigen Software aufgebaut werden.

Im Klassenzimmer der vierten Klasse sollen die vorhandenen Computer für die SbC-Umgebung vorbereitet werden. Da eine Verkabelung nur zwischen dem Computerraum und den Räumen der Schulverwaltung existiert, ist an dieser Stelle eine Anbindung der Klassenzimmer an das pädagogische Schulnetzwerk zu realisieren.

Die derzeit installierte Lernsoftware muss nicht übernommen werden. Nur die Benutzung von Antolin und Budenberg ist zwingend erforderlich. Zudem werden von Seiten des Schulleiters weitere Lernsoftwarepakete auf dem Schulverwaltungscomputer des Rektorats getestet.

Das zuvor erstellte grobe Konzept der neuen SbC-Umgebung wird nun in einem Anforderungskatalog detailliert beschrieben:

Technische Anforderungen	
01	Bearbeitung der Lernsoftware soll zügig erfolgen - keine langen Reaktionszeiten des Systems
02	Startzeit der Computer darf keine 2 Minuten dauern, im Optimalfall nur ein bis zwei Minuten
03	System muss zuverlässig arbeiten
Hardware-Anforderungen	
04	Computer- bzw. Hardwareaustausch muss einfach und schnell erfolgen
05	Alle Computer sollen mit dem Internet verbunden und mit einer Soundkarte ausgestattet sein
Software-Anforderungen	
06	Alle Computer besitzen das gleiche Betriebssystem
07	Pro Raum sollte auf allen Computern die gleiche Software installiert sein
08	Lizenzen müssen auch auf Klassenebene abgebildet werden können
09	Neuinstallation und Updates von Programmen sollte einmal zentral für alle Computer erfolgen
Sicherheits-Anforderungen	
10	Windows Updates müssen zeitnah für alle Computerarbeitsplätze installiert werden
11	Antivirensoftware sollte installiert sein und sich selbständig aktualisieren
12	Zugriff auf systemnahe Einstellungen sollte verboten sein
13	Auf allen Schülercomputern darf keine Datei-Ablage auf dem Desktop zulässig sein
Funktionale Anforderungen	
14	Jeder Computer soll einen Speicherort für seine eigenen Dateien besitzen
15	Jeder Computer im Computerraum soll eine Druckmöglichkeit besitzen
Ergonomische Anforderungen	
16	Auf allen Computern muss das Monitorbild mit 75 Hz dargestellt werden
17	Alle Computer sollen mit einem Desktop von 1024x768 Punkte ausgestattet sein
18	Bedienung der Windowsoberfläche und des Startmenüs sollte identisch sein

Abbildung 17: Anforderungskatalog an die SbC-Umgebung

IV.2.5. Migration der Schul-IT in eine SbC-Umgebung

Die Technologie-Migration, also die Überführung der an der Schule vorgefundenen Peer-to-Peer-Umgebung in eine Server based Computing-Umgebung unter Verwendung der vorhandenen Hardware, bedarf einer exakten Planung.

Es wird davon ausgegangen, dass im Rahmen der Voruntersuchung die Defizite im Bereich des Netzwerks und der Client-Ausstattung ermittelt wurden. Nachfolgend werden die einzelnen Phasen der Migration vorgestellt.

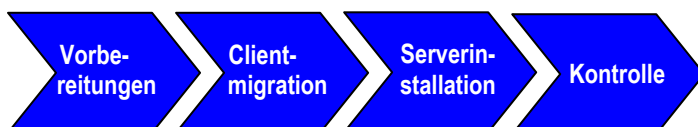


Abbildung 18: Unterteilung der Migrationsphase in einzelne Schritte

IV.2.5.1.Vorbereitungen

Die Schulen weisen in den meisten Fällen nur eine Vernetzung des Computerraumes auf. Daher ist vor der eigentlichen Durchführung der Migration darauf zu achten, dass das Netzwerk vervollständigt wird, zumindest in den Räumen, wo ein computergestützter Unterricht durchgeführt werden soll. Des Weiteren muss gegebenenfalls die IT-Ausstattung in den Räumen entsprechend dem Soll-Konzept aufgerüstet werden, indem gebrauchte Monitore und Computer beim Schulträger, bei der Stadtverwaltung und bei den umliegenden Unternehmen angefragt und kostenlos erworben werden. Für die Alkofener Grundschule ist dies nicht erforderlich, da sie auf die Ersatzcomputer zurückgreifen kann.

Die Klassenzimmer der Klassen 3a und 4 sind mit dem Schulnetzwerk nicht verbunden. Aufgrund der Entfernung der Klassenzimmer zum Rektorat von über 60 m und der baulichen Gegebenheiten kann eine Verlegung eines kabelbasierten Netzwerks nicht einfach vollzogen werden. Aus diesem Grund wurden zwei alternative Verbindungsmöglichkeiten getestet.

Für die Vernetzung der beiden Klassenzimmer sollte aufgrund des bereits vorhandenen Stromnetzes und der gesundheitlichen Unbedenklichkeit die Powerline-Technologie zum Einsatz kommen. Andere Alternativen wie W-LAN und Ethernet werden herangezogen, wenn das Powerlinenetz nicht funktionieren sollte.

Das Klassenzimmer der dritten Klasse liegt etwa 90 m und das Klassenzimmer der vierten Klasse etwa 60 m entfernt. Die erste Phase des Powerline-Tests, in der keine Störquellen¹⁰⁸ aktiviert waren, sollte den Datendurchsatz mit einem Netzwerk-Diagnosetool ermitteln. In der zweiten Testphase sollte der Datendurchsatz nach Einbeziehung einer Störquelle in Form der Klassenzimmerbeleuchtung ermittelt werden. Nachfolgende Abbildung zeigt das Schulgebäude und speziell den rechten Schulgebäudeflügel mit den Klassenzimmern der dritten und vierten Klassen. Die Vernetzung der Klassenzimmer mit dem Schulnetzwerk erfolgt über Powerline-Ethernet-Bridges, die an der Steckdose im Rektoratszimmer und im Klassenzimmer angesteckt werden. In jedem Klassenzim-

¹⁰⁸ Als Störquellen können Neonröhren, elektrische Heizungen, alte Fernseher, Waschmaschinen, Mikrowellengeräte angesehen werden.

mer befinden sich drei Steckdosen, an der der Datendurchsatz in MBit/s¹⁰⁹ ermittelt wurde. Zudem befinden sich am Schulgang weitere vier Steckdosen.

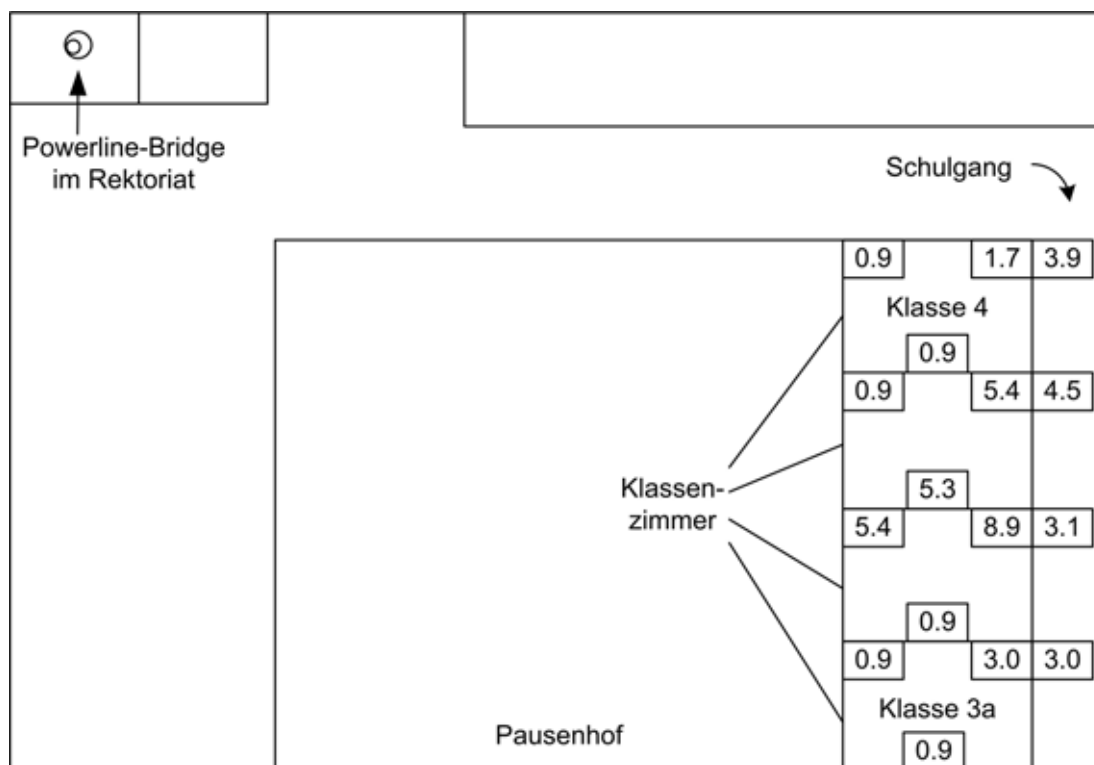


Abbildung 19: Powerline-Messwerte ohne Aktivierung einer Störquelle

Trotz der Entfernung von mehr als 60 m konnte an einigen Steckdosen zwischen 0.9 und 8.9 MBit/s gemessen werden. Zu erwarten wäre gewesen, dass die Signalstärke und damit auch der Datendurchsatz mit zunehmender Entfernung abnehmen. Jedoch zeigt Abbildung 19 eine uneinheitliche Datendurchsatzstruktur. Die Ursache dieser Problematik ist im 45 Jahre alten Stromnetz mitsamt des alten Schaltkastens und den alten Sicherungsautomaten der Schule zu finden. Die Ergebnisse der ersten Stufe des Powerlinetests lassen auf einen Netzbetrieb hoffen, da der niedrigste in einem Klassenzimmer gemessene Wert 1.7 MBit/s beträgt. Dieser Wert ist für sechs Computer ausreichend, wenn man bedenkt, dass eine Verbindung ab 0.64 MBit/s pro Computer möglich ist.

Vor Beginn der zweiten Teststufe wurden als primäre Störquelle sämtliche Neon-Lampen in den Klassenzimmern eingeschaltet. Diese Lampen haben die Verbindung unterbrochen und haben den Datenverkehr zwischen dem Klassenzimmer und dem Schulnetzwerk zum Erliegen gebracht. Zudem könnte die im Winter oftmals benutzte Elektroheizung für die Turnhalle weitere Probleme be-

¹⁰⁹ Die in Abbildung 19 angegebenen Werte basieren auf gerundeten Durchschnittswerten jeweils dreier Messungen.

reiten. Eine Lösung wäre, eine Phase mit weniger Störquellen zu finden. Dazu müsste jedoch in das Klassenzimmer der Klasse 4 und in das 30 m entfernte Klassenzimmer der Klasse 3a eine eigene Stromleitung gezogen werden. Die vergleichsweise hohen Kosten und die nicht genau ermittelbaren Störquellen führen dazu, dass die Powerline-Vernetzung nicht zum Einsatz kommt.

Als weitere Alternative stand eine Funkverbindung über 802.11g zwischen dem Rektoratszimmer und den Klassenzimmern zur Verfügung. Erste Messungen haben jedoch gezeigt, dass aufgrund der großen Distanz und der vielen Mauern nur das Klassenzimmer der Klasse 4 mittels Funk vernetzt werden könnte.

Beide Vernetzungsarten arbeiteten nicht zuverlässig genug, so dass ein kabelgebundenes Netzwerk in den Klassenzimmern aufgebaut und mit dem pädagogischen Schulnetzwerk verbunden wurde.

IV.2.5.2. Client-Migration

Nachdem die IT-Ausstattung und das Netzwerk entsprechend der Konzeption vervollständigt wurden, muss ermittelt werden, welche Computer den Hardwareanforderungen nicht genügen und aus diesem Grund für die neue Technologie umgebaut werden müssen. Eventuell nicht umzurüstende Computer müssen entsorgt werden, da eine Umrüstung zu hohe Kosten mit sich bringt.

Aufgrund der Tatsache, dass die in der IST-Aufnahme festgehaltenen Computerinformationen für die Migration zu unübersichtlich sind, wurde eine Darstellung in Form einer Matrix entwickelt. Diese, in den weiteren Ausführungen mit Migrationsmatrix bezeichnet, wird erstellt, indem als erstes die 16 ermittelten Computer des Computerraums zu Computer-Konfigurationen auf der Basis von gleichen Komponentenausstattungen gruppiert und dann auf migrationsrelevante Informationen reduziert werden. Ein weiterer Grund für die Änderung der Darstellungsform von der tabellarischen Übersicht zu einer Migrationsmatrix liegt in der häufigen Verwendung der migrationsrelevanten Informationen an unterschiedlichen Stellen:

- Bei der Identifizierung und Umrüstung der migrationsrelevanten Hardwarekomponenten der Clientcomputer.
- Bei der Erstellung der linux-basierten Clientbetriebssysteme.
- Bei der Ermittlung der Migrationskosten.

Als erstes werden die Migrationsmatrizen für den Computerraum erstellt.

Legende Migrationsmatrix:

Konfiguration		Computernummern
Prozessor	Arbeitsspeicher	
Netzwerkkarte	Grafikkarte	Soundkarte

CR01		01, 02, 03, 05, 06, 08, 10, 11
466	64	
1	1	1

CR02		07, 12, 13, 14
233	64	
3	3	2

CR03		09
233	64	
4	4	3

CR04		04, 15
133	64	
0	2	4

CR05		16
466	128	
1	1	5

Soundkartenübersicht			
Nr	Bezeichnung	Chipsatz	Treiber
1	onboard C-Media	CMI8738	snd-cmipci
2	Ensonique	ESS1868	snd-es18xx
3	Creative Vibra 16X	CT4710	snd-sb16
4	Creative SB 128	ESS5880	snd-ens1371

Netzwerkkartenübersicht			
Nr	Bezeichnung	Chipsatz	Treiber
1	Realtek RTL8139	RTL8139	8139too
2	3com 905	3C-905	3c59x
3	Compaq NetFlex 3	Tulip	tulip
4	Novell-Adapter 2000	RTL8139	8139too

Grafikkartenübersicht			
Nr	Chipsatz	Speicher	Treiber
1	ATI Rage IIc	8 MB	xorg6-ati
2	Cirrus Logic 5436	2 MB	xorg6-cirrus
3	Matrox Millenium II	4 MB	xorg6-mag
4	Nvidia Riva TNT2	8 MB	-
5	Elsa Victory 2	16 MB	xorg6-tdfx

Abbildung 20: Migrationsrelevante Informationen zum neuen Computerraum

Es wird angenommen, dass im Computerraum alle Monitore mindestens die Bildschirmdiagonale 17" und mindestens eine Auflösung von 1024x768 bei 75 Hz unterstützen. Auch sollte jeder Computer einen Kopfhörer für die Benutzung der Lernsoftware mit Soundausgabe besitzen und mit einem CD-ROM oder einem Diskettenlaufwerk für das Starten des SbC-Clientbetriebssystems ausgestattet sein.

Auf Basis der in Abbildung 20 dargestellten Hardwarekonfigurationen werden die migrationsrelevanten Informationen für den neuen Computerraum ermittelt.

Die erste Zeile der Konfiguration CR01 zeigt die grundlegenden Performanzkomponenten der Konfiguration: die Prozessorgeschwindigkeit und die Arbeitsspeichergröße. Das SbC-Clientbetriebssystem benötigt eine Prozessorge-

schwindigkeit von mindestens 100 MHz und eine Arbeitsspeichergröße von mindestens 16 MB. Die Konfiguration CR04 zeigt mit dem Intel Pentium 133 MHz Prozessor eine nahe dem Grenzbereich liegende Komponente an, welche zwar laut Mindestvoraussetzung des SbC-Clientbetriebssystems zulässig ist, jedoch in der Praxis beobachtet werden muss. Die anderen Prozessoren mit 233 und 466 MHz dürften im operativen Einsatz keine Probleme bereiten. Auch der Arbeitsspeicher der einzelnen Computer ist mit 32 MB, 64 MB und 128 MB ausreichend dimensioniert. Sollte der Prozessor oder der Arbeitsspeicher nicht den Anforderungen genügen, so würde dieser Computer von der Migration ausgeschlossen und entsorgt werden. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass der Austausch des Prozessors oftmals mit dem Austausch des Motherboards und des Arbeitsspeichers verbunden ist. Der Austausch des Arbeitsspeichers ist aufgrund der vielen Formate und Spezifikationen nicht einfach durchzuführen.

Die zweite Zeile der Migrationsmatrix zeigt die migrationsrelevanten Hardwarekomponenten: die Netzwerkkarte, die Grafikkarte und die Soundkarte. Es muss an dieser Stelle geprüft werden, ob die entsprechende Komponente unterstützt wird bzw. ob diese überhaupt vorhanden ist. Dies ist bei der Soundkarte und der Netzwerkkarte nicht immer selbstverständlich. Nicht vorhandene Komponenten müssen im Rahmen der Migration als Neu- oder Gebrauchtware zugekauft und eingebaut werden. Weiter ist für die Migration elementar, dass die vorhandenen Komponenten auch vom SbC-Clientbetriebssystem unterstützt werden. Diese Überprüfung erfolgt mit Hilfe der im Anhang positionierten Tabellen auf S. XXVI-XXX, welche eine Liste der unterstützten Hardwarekomponenten zeigt. In der Abbildung 20 zeigen die Informationen mit einem roten Hintergrund an, dass diese Komponente im Rahmen der Migration ausgetauscht werden muss. Die Grundinformationen werden in der Netzwerkkarten-, Grafikkarten- und Soundkartenübersicht dargestellt, die jeweils die verwendeten Komponenten mit deren Chipsatz und in der letzten Spalte der jeweiligen Tabelle die Nummer des verwendeten Treibers beinhalten. Wie zu erkennen ist, muss die Grafikkarte des Computers mit der Konfiguration CR03 ausgetauscht werden. Zudem besitzen die beiden Computer mit der Konfiguration CR04 keine Netzwerkkarte.

Als nächstes müssen die Migrationsmatrizen der Computer in der vierten Klasse erstellt werden:

Legende Migrationsmatrix:

Konfiguration		Computernummern
Prozessor	Arbeitsspeicher	
Netzwerkkarte	Grafikkarte	Soundkarte

KL41 30, 33		
133	64	
0	1	1

KL42 31, 32, 34, 35		
133	64	
0	1	2

Netzwerkkartenübersicht			
	Bezeichnung	Chipsatz	Treiber

Grafikkartenübersicht			
	Chipsatz	Speicher	Treiber
1	CirrusLogic 5436	2 MB	xorg6-cirrus

Soundkartenübersicht			
	Bezeichnung	Chipsatz	Treiber
1	Creative SB128	ES1371	snd-es1371
2	Creative SB128	ES5880	snd-es1371

Abbildung 21: Migrationsrelevante Informationen zur Klasse 4

Die Prozessoren der beiden Migrationsmatrizen überschreiten gerade die Minimalanforderung seitens des SbC-Clientbetriebssystems und müssen daher in der Testphase beobachtet werden. Der Arbeitsspeicher beider Konfigurationen ist ausreichend dimensioniert. Aufgrund der Tatsache, dass die Computer keine Netzwerkkarten besitzen, müssen diese nachgerüstet werden. Die Grafikkarte wird von dem SbC-Clientbetriebssystem unterstützt und erfüllt die Anforderung für die Darstellung des Windows-Desktop mit der Auflösung 1024x768 bei 75 Hz. Für die Soundkartenchipsätze ES5880 und ES1371 stehen Treiber zur Verfügung.

Auch werden die Ersatzcomputer in die Migration mit einbezogen, da diese Computer unter Umständen sofort einen defekten SbC-Client ersetzen müssen. Aus diesem Grund werden auch bei den Ersatzcomputern die Migrationmatrizen erstellt:

Legende Migrationsmatrix:

Konfiguration		Computernummern
Prozessor	Arbeitsspeicher	
Netzwerkkarte	Grafikkarte	Soundkarte

E01 40, 41, 42, 43		
233	128	
0	1	1

E02 44, 45		
133	64	
1	1	2

E03 46, 47, 48		
133	64	
1	2	0

Netzwerkkartenübersicht			
	Bezeichnung	Chipsatz	Treiber
1	3COM Ethernet XL1	3C905-TX	-

Grafikkartenübersicht			
	Chipsatz	Speicher	Treiber
1	Cirrus Logic 5436	2 MB	xorg6-cirrus
2	CirrusLogic 5446	2 MB	xorg6-cirrus

Soundkartenübersicht			
	Bezeichnung	Chipsatz	Treiber
1	Creative SB128	CMI 8738	snd-cmipci
2	Creative SB128	ES5880	snd-es1371

Abbildung 22: Migrationsrelevante Informationen zu den Ersatzcomputern

Alle überprüften Ersatzcomputer erfüllen die Mindestanforderung bezüglich der Prozessorgeschwindigkeit und dem Arbeitsspeicher. Auch hier gilt: Sollte ein Ersatzcomputer mit 133 MHz Prozessorgeschwindigkeit eingesetzt werden, so muss dieser bezüglich der Performanz beobachtet werden. Die Computer der Konfiguration E01 besitzen keine Netzwerkkarte. Auch wird die Netzwerkkarte der Konfiguration E02 und E03 vom SbC-Clientbetriebssystem nicht unterstützt. Daher müssen die Netzwerkkarten aller Ersatzcomputer ausgetauscht bzw. ergänzt werden. Zudem muss in die Computer mit der Konfiguration E03 eine Soundkarte eingebaut werden.

Nachdem pro Raum die Migrationsmatrizen erstellt wurden, kann mit der Erstellung der SbC-Clientbetriebssysteme begonnen werden. Zudem kann die Migration fortgeführt werden, indem die nicht kompatiblen bzw. nicht vorhandenen Hardwarekomponenten ausgetauscht bzw. ergänzt werden.

Parallel oder im Anschluss an die Client-Migration muss der SbC-Server aufgebaut, installiert und vernetzt werden.

IV.2.5.3. Server-Installation

Die wichtigste Komponente der SbC-Technologie stellt der Server dar. Für die Realisierung der Fallstudie an der Grundschule Alkofen wurde ein Server des Lehrstuhls leihweise zur Verfügung gestellt, da die Schule keinen eigenen Server besaß.

Dieser Server ist mit einem Intel Pentium IV 2.8 GHz Prozessor und mit einem zwei GByte großen Arbeitsspeicher ausgestattet. Die Festplattenbasis bildet ein RAID1-System bestehend aus zwei 36 GByte Festplatten. Für den Datenaustausch bzw. für die Datensicherung wurde ein DVD-Brenner eingebaut.

Die Installation des Servers setzt normalerweise voraus, dass von einem Microsoft Schullizenzpartner eine Installations-CD mit einem gültigen Licence-Key erworben wurde. Da es sich um eine Testumgebung handelt, wurde von der Microsoft Homepage eine 180 Tage-Trial-Version heruntergeladen und für diese Fallstudie verwendet. Die für die Terminalumgebung notwendigen Lizenzen wurden nicht erworben, da die Trial-Version des Windows Serverbetriebssystems 120 Tage lang temporäre Terminalzugriffslizenzen ausstellen kann.

Nachfolgende Prozesskette zeigt einen Überblick über die einzelnen notwendigen Schritte der SbC-Serverinstallation, die anschließend detailliert beschrieben werden:



Abbildung 23: Einzelschritte der Phase Server-Installation

Die Basisinstallation beinhaltet die Erstinstallation des Microsoft Windows Server 2003 und die anschließende Konfiguration des Server-Betriebssystems. Nach der grundlegenden Installation müssen die Netzwerkumgebung eingerichtet und die verfügbaren Patches für das Betriebssystem eingespielt werden. Grundlegend für die Einrichtung des Servers ist die Konfiguration des Active Directories¹¹⁰ inklusive des DNS-, des DHCP- und des RAS- und Routing-Dienstes. An dieser Stelle wird bereits die Software für die Remote-Administration installiert und konfiguriert. Die Basisinstallation sieht auch bereits vor, eine Antiviren-

¹¹⁰ Das Active Directory ist ein hierarchisch aufgebauter Verzeichnisdienst zur zentralen Verwaltung von Netzwerkressourcen in Form von Computern, Benutzern, Druckern, Dateien, Verzeichnisse, usw. und deren Eigenschaften.

Software zu installieren und zu konfigurieren. Aus Sicherheitsgründen wird eine Imaging-Software installiert und im Laufe der gesamten Installationsphase eingesetzt, damit bei Konfigurationsfehlern auf einen älteren Installationszustand zurückgesprungen werden kann.

Die Installation des Terminaldienstes ist für den Aufbau einer SbC-Umgebung unverzichtbar, da dieser Dienst den Zugriff der SbC-Clients auf die Windowssitzungen am SbC-Server ermöglicht. Die Konfiguration dieses Dienstes umfasst die Unterstützung der Soundausgabe und die Anpassung sicherheitsrelevanter Einstellungen. Aufgrund der Verwendung der Demoversion des Betriebssystems kann auf den zusätzlich zu installierenden Terminallizenzserver verzichtet werden. In einer produktiven Umgebung müsste jedoch der Terminallizenzserver installiert, beim Microsoft Clearing House aktiviert und mit Terminal-Clientlizenzen ausgestattet werden.

Ein Grundprinzip der SbC-Technologie beschreibt, dass die SbC-Clients ihr Betriebssystem vom SbC-Server laden und initialisieren. Aus diesem Grund muss die Terminalfunktionalität erweitert werden. Für die serverseitige Bereitstellung der linux-basierten Client-Betriebssysteme ist die Installation und Konfiguration des Remote-Installationsdienstes auf dem Server notwendig.

Zudem werden auf einem Linux-Server des Lehrstuhls die SbC-Clientbootimages erstellt und in dem entsprechenden Verzeichnis auf dem SbC-Server der Schule bereitgestellt.

Die wesentliche Funktion des Benutzer- und Berechtigungskonzepts¹¹¹ ist es, auf dem Server gespeicherte Daten nur den Benutzern zur Verfügung zu stellen, die die Berechtigung dazu besitzen. Dadurch werden einerseits die benutzerspezifischen Daten vor Übergriffen nicht berechtigter Dritter geschützt. Andererseits wird der Datenaustausch über Ordner mit Zugriff für bestimmte Benutzer ermöglicht. Dies erfolgt durch das Einrichten von Benutzerkonten und der Zuweisung dieser Konten zu Sicherheitsgruppen. Damit wird auf einfachste Art und Weise die gemeinsame, gemäß den Sicherheitsanforderungen geschützte Nutzung von Datei- und Druckressourcen realisiert.

In der vorliegenden Fallstudie wird die Verwaltung der Benutzer durch eine Einteilung in drei logische Gruppen erleichtert. Die erste Gruppe stellt die Gruppe der Administratoren mit Vollzugriff auf das Betriebssystem dar. Die zweite Gruppe wird durch die Lehrer der Schule repräsentiert. Sollte der Rektor

¹¹¹ In der Abbildung 23 mit B+B-Konzept abgekürzt.

pe wird durch die Lehrer der Schule repräsentiert. Sollte der Rektor oder der IT-verantwortliche Lehrer einen Vollzugriff auf das System haben wollen, so würde er neben der Gruppe der Lehrer auch der Gruppe der Administratoren angehören. Der dritten Gruppe gehören die Schüler an. Da aus lizenzrechtlichen Gründen¹¹² nicht jeder Schüler ein eigenes Benutzerkonto erhält, wird jedem Schülercomputer ein eigenes Benutzerkonto zugeordnet. So wird beim Starten des Computers PC01 im Computerraum automatisch der Benutzer CR01 angemeldet.

Das breite Spektrum an externen und internen Bedrohungen, nicht nur in Form von Trojanern, Viren und Würmern, sondern auch in Form von unvorsichtigen Benutzern und Hackern, gefährden die Stabilität der SbC-Technologie und damit die Verfügbarkeit der SbC-Clientcomputer für den computergestützten Unterricht. Damit diese Stabilität gewährleistet werden kann, ist ein Sicherheitskonzept aufbauend auf dem Benutzer- und Berechtigungskonzept zu entwickeln. Dieses wird im Wesentlichen durch die Gruppenrichtlinien¹¹³ in Verbindung mit dem Active Directory realisiert. Zusätzliche Sicherheitsprogramme, wie z.B. Virenschutz- und Anti-Spywareprogramme, erhöhen die Sicherheit.

Mit Hilfe der Gruppenrichtlinien wird die Desktopumgebung für Lehrer und Schüler eingerichtet. Die Schüler-Desktopumgebung sieht vor, dass auf den Windows-Desktop kein Zugriff erlaubt wird. Auch sind Veränderungen am Desktop, wie z.B. das Verschieben und Verändern der Startleiste oder das Verändern des Startmenüs, für Schüler nicht erlaubt. Systemnahe Zugriffe über die Systemsteuerung und die Registry werden unterbunden. Sicherheitskritische Menüpunkte, wie z.B. "Ausführen" werden entfernt. Sämtliche Installationsmöglichkeiten für neue Programme werden deaktiviert. Abbildung 24 zeigt die aufgeräumte Schüler-Desktopumgebung:

¹¹² siehe Kapitel IV.2.8.2.

¹¹³ Gruppenrichtlinien stellen eine zentrale Definition von Konfigurationseinstellungen für Benutzer und Computer innerhalb einer Domäne dar. Mit ihrer Hilfe ist es beispielsweise möglich, die Desktopumgebung eines Benutzers zu gestalten, Auch die Zuweisung von Druckern, die Speicherung der Daten und die Zugriffseinschränkung auf systemnahe Ressourcen wie z.B. die Systemsteuerung.

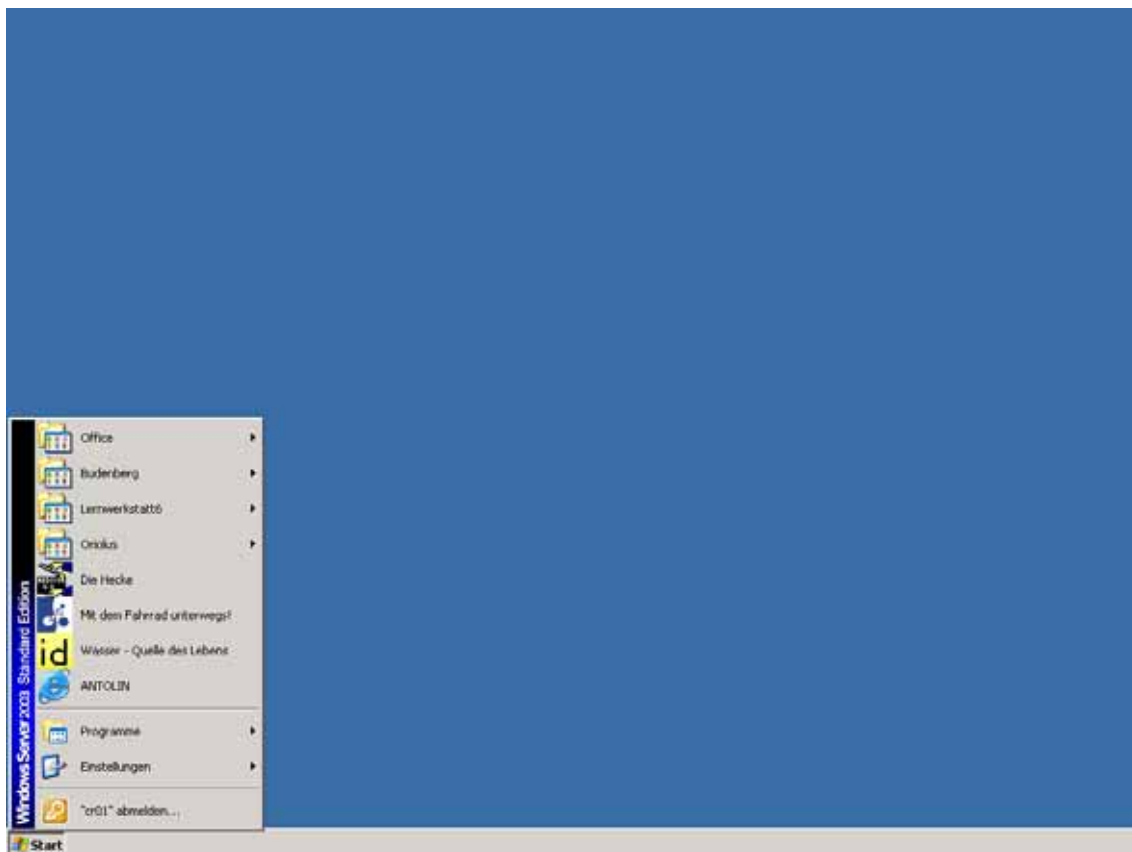


Abbildung 24: Schülerdesktop im Computerraum mit geöffnetem Startmenü

Im Gegensatz zur Schülerumgebung zeigt sich die Lehrer-Desktopumgebung weniger restriktiv. Persönliche Dokumente können in einem eigenen Ordner oder auf dem Desktop abgelegt werden. Das Startmenü beinhaltet alle Menüpunkte des Schüler-Startmenüs. Zusätzliche Menüpunkte ermöglichen es dem Lehrer beispielsweise, den Internetzugriff für einzelne Räume zu deaktivieren oder aber bestimmte Programme den Schülern bereitzustellen.

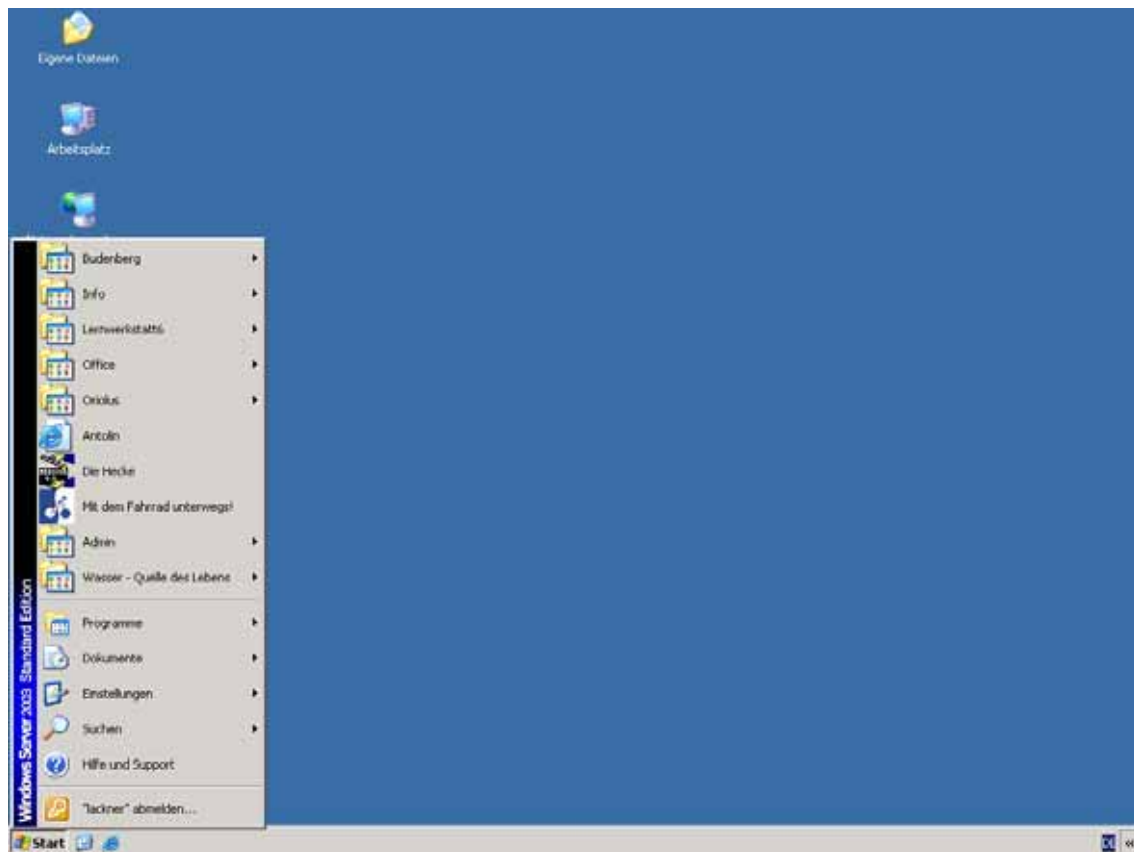


Abbildung 25: Lehrerdesktop mit geöffnetem Startmenü

Die Gruppe der Administratoren hat Vollzugriff auf sämtliche Ressourcen des Servers. Das Startmenü eines Administrators entspricht dem der Lehrer mit spezifischen Zusätzen für die Verwaltung des Servers.

Über die Gruppenrichtlinien werden auch die Passworteinstellungen geregelt. So sind Passwörter nur dann zulässig, wenn sie mindestens 8 Zeichen, mindestens einen Großbuchstaben und mindestens eine Zahl aufweisen. Jeder Lehrer besitzt sein eigenes Benutzerkonto und damit auch sein eigenes Passwort. Schüler hingegen erhalten kein eigenes Benutzerkonto und somit auch keine persönlichen Anmeldeinformationen.

Da sich die SbC-Clientcomputer automatisch am SbC-Server anmelden, müssen die Passwörter im SbC-Clientsbetriebssystem verschlüsselt gespeichert und zusammen mit dem Benutzernamen beim Aufbau einer Terminalverbindung verschlüsselt übermittelt werden.

Ein weiterer Bestandteil des Sicherheitskonzepts sind die verschiedenen Monitoringaufgaben des Administrators. Neben dem Ein- und Ausloggzeitpunkt der Benutzer werden fehlerhafte Anmeldeversuche aufgrund falscher Anmeldeinformationen überwacht. Auch wird die Überwachung der wichtigsten Systemkomponenten mit Hilfe des Systemmonitors durchgeführt. Dabei wird die Prozessor-

auslastung, der verfügbare Arbeitsspeicher, die Auslastung der Festplatte, die Netzwerklast und die Anzahl der angemeldeten Terminalbenutzer protokolliert. Weiterhin müssen auch die Hardwarekomponenten des Servers kontrolliert werden. Die Überwachung des Festplatten-Raidsystems, des Lüftersystems und der Prozessortemperatur sichern die Funktionsweise der Hardware und schützen vor deren Ausfall. Auf Betriebssystemebene wird durch die zeitnahe Installation der Windows-Sicherheitsupdates verhindert, dass bekannte Windows-Sicherheitslücken von Angreifer unbemerkt ausgenutzt werden und somit den SbC-Server beschädigen können.

Ein äußerst wichtiger Bestandteil des Sicherheitskonzepts ist die Installation einer Virenschutzlösung mit Hintergrunddateiscanner in Echtzeit und mit vollautomatischer Aktualisierung der Virenbekämpfungssignaturen. Wichtig ist hierbei, dass der Virens scanner nicht nur den Dateizugriff überwacht, sondern auch die im Internetbrowser geladenen böartigen Skripte blockiert. Die Überprüfung ein- und ausgehender E Mails erhöht die Sicherheit weiter. Zusätzlich zum Virenschutz sollte ein Spyware-Schutz eingerichtet werden.

Da alle SbC-Clientcomputer kein fest installiertes Betriebssystem besitzen, fallen diese somit aus der Sicherheitsdiskussion heraus. Sollte sich jedoch herausstellen, dass auch für das 5 MB große SbC-Clientbetriebssystem eine Sicherheitslücke existiert, dann muss das Betriebssystem gepatcht und auf dem SbC-Server bereitgestellt werden. Durch den Neustart der SbC-Clients werden dann die gepatchten SbC-Clientbetriebssysteme automatisch geladen.

Die nächste Phase der Softwareinstallation beinhaltet zum einen die Installation der Benutzer-Tools und der Officeumgebung. Zum anderen wird die Lernsoftware installiert, wobei sich gezeigt hat, dass nicht jede Software für den Einsatz in einer Server based Computing-Umgebung geeignet ist. Daher wird auf einem Server am Lehrstuhl die Schulsoftware auf Ihre Funktionsfähigkeit in einer SbC-Umgebung getestet.

Der Testablauf erfolgt durch die Installation der Software von der Festplatte aus. Dazu muss zuvor der Inhalt der CD auf die Festplatte kopiert werden. Nach der Installation wird die Software gestartet und getestet. Der Test ermittelt, ob der gewünschte Funktionsumfang und die erforderliche Arbeitsgeschwindigkeit in der SbC-Umgebung erreicht werden kann. In der nachfolgenden Tabelle werden die Ergebnisse dieses Schrittes dargestellt. Die grüne Farbe soll einen erfolg-

reich abgeschlossenen Teilttest, die gelbe Farbe einen teilweise erfolgreichen Teilttest und die rote Farbe soll einen abgebrochenen Teilttest anzeigen.

Lernsoftware	CD	Installation	Funktion	Performanz	SbC geeignet
Mathe gezielt	nein				nein
Löwenzahn 4	ja				nein
Startklar auf Ampexia	ja				nein
Addy Englisch Grundschule	ja				nein
Budenberg	nein				ja
Software/Tools	CD	Installation	Funktion	Performanz	SbC geeignet
MS Office 2000 Premium	nein				ja
Adobe Reader 7	nein				ja
PDFCreator	nein				ja
Mozilla Firefox 1.05	nein				ja

Abbildung 26: Softwaretest für die Server based Computing Umgebung¹¹⁴

Das Lernprogramm Mathe gezielt verhielt sich beim Installationstest unauffällig. Auch der Start der Anwendung verlief erfolgreich. Jedoch zeigte diese Anwendung einige Schwächen bei der Programmausführung und der Performanz. Bestimmte Aufgabenbereiche des Programms, wie der Strand oder das Quiz, reagierten auf Benutzereingaben nicht. Auch war die Performanz in einer Fünf-Benutzerumgebung bereits problematisch. Die Ursache dieser Probleme ist darin zu erkennen, dass die Software in der vorliegenden Version bereits 1995 von der Schule angeschafft wurde und mit dem aktuellen Windows Terminal-Betriebssystem nicht kompatibel ist. Wegen der langsamen Arbeitsgeschwindigkeit kann dieses Programm in einer SbC-Umgebung nicht eingesetzt werden.

Als nächstes wurde das Programm Löwenzahn 4 getestet. Es musste gleich am Anfang festgestellt werden, dass die Installation der Lernsoftware nicht abgeschlossen werden konnte. Trotz der nicht erfolgreichen Installation konnte dieses Programm gestartet und weiteren Tests unterzogen werden. Jedoch zeigte sich gleich nach kurzer Zeit, dass die Arbeitsgeschwindigkeit sehr langsam war

¹¹⁴ Die zweite Spalte der Abbildung 26 beschreibt, ob eine CD zum Starten der Software notwendig ist. Die letzte Spalte der Abbildung 26 gibt das Gesamtergebnis des Softwaretests wieder.

und das Programm auch immer wieder abstürzte. Aus diesem Grund kann diese Lernsoftware in einer SbC-Umgebung nicht eingesetzt werden.¹¹⁵

Das Programm Startklar auf Ampexia konnte ohne Probleme installiert werden. Jedoch zeigten sich während der Arbeit mit dem Programm schwerwiegende STOP-Fehler, die zu einem Programmabbruch führten. Zudem konnte das Programm nur bei eingelegter CD ausgeführt werden, was in einer SbC-Umgebung immer problematisch ist. Wegen des Absturzes und des Zugriffs auf die CD zum Ausführen des Programms ist diese Anwendung in einer SbC-Umgebung nicht einsetzbar.

Die Installation der Anwendung Addy Englisch Grundschule verlief problemlos. Jedoch reagierte das Programm beim Laden der Menüs nicht mehr, so dass auch diese Anwendung für den Einsatz in einer SbC-Umgebung nicht empfohlen werden kann.

Es kann festgestellt werden, dass aufgrund des Alters der vorgelegten Software und unterschiedlicher Kopierschutzmethoden, die eine CD im Laufwerk erfordern, der Großteil der Software nicht vollständig funktioniert. Selbst dann, wenn eine Funktionsfähigkeit nachgewiesen werden kann, heißt das noch lange nicht, dass die Software in einer SbC-Umgebung ohne Einschränkungen verwendet werden kann. Deswegen muss auch der Ressourcenverbrauch der Software beachtet werden. Speziell bei der Prozessorauslastung konnte festgestellt werden, dass oftmals bei einem Benutzer eine länger andauernde durchschnittliche Auslastung in Höhe von 40% vorliegt und daher ein Einsatz mit 15 Benutzern ausgeschlossen werden kann.¹¹⁶

Vollkommen unproblematisch erwies sich der Testablauf bei der Lernsoftware Budenberg. Sowohl die Installation, als auch der Funktions- und Performanztest zeigten keinerlei Auffälligkeiten, so dass dieses Lernpaket in einer SbC-Umgebung eingesetzt werden kann.

Die in der Abbildung 26 weiter angeführte Software, das Office 2000 Premium Paket, der Acrobat Reader 7, der PDF-Creator und der Firebird-Browser verhielten sich bei der Installation und bei der Funktionskontrolle unproblematisch. Auch die Performanztests verliefen insgesamt erfolgreich, jedoch mit der einzigen Nutzungseinschränkung für den PDF-Creator, bei dem ein starker Ressour-

¹¹⁵ Die Software Löwenzahn 4 wurde für private Einsatzzwecke auf einem Einzelplatz und nicht für die Nutzung im Schulunterricht konzipiert.

¹¹⁶ Auch die Software Addy Englisch ist für private Einsatzzwecke auf einem Einzelplatz konzipiert.

cenverbrauch bei der Erstellung von PDF-Dokumenten zu erkennen war. Daher sollte im Rahmen einer parallelen Erzeugung von PDF-Dokumenten mit einer erhöhten Wartezeit gerechnet werden.

IV.2.5.4.Kontrolle der Sicherheitseinstellungen

Nach der Umsetzung des Sicherheitskonzepts und der Installation der Software muss überprüft werden, ob für die einzelnen Benutzergruppen das Sicherheitskonzept greift. Auch muss verhindert werden, dass die Arbeit der Lehrer und der Schüler nicht einschränkt wird. Daher ist es empfehlenswert, alle Clients einzuschalten und als erstes visuell zu testen, ob jeder SbC-Client im Computerraum und im Klassenzimmer der Klasse 4 automatisch einen Windows-Desktop anzeigt. Der Lehrercomputer im Computerraum sollte mit dem Login-Screen auf die Eingabe der Anmeldedaten warten. Da jeder SbC-Client dem gleichen Sicherheitskonzept unterliegt, genügt es, an einem SbC-Client die Funktionsfähigkeit der Programme und des Druckers zu testen. Auch sollte überprüft werden, ob die sicherheitsrelevanten Einstellungen greifen.

Wenn diese Kontrollphase keine sicherheitskritischen oder technologischen Probleme aufzeigt, kann die Testphase eingeleitet und der Schule somit die Teststellung übergeben werden.

IV.2.6. Teststellung

Im Rahmen der Teststellungen werden sämtliche Probleme, Konzeptionsänderungen und -erweiterungen festgehalten. Zudem werden im Monitoringbereich Performanzwerte festgehalten, die zeigen, wie, wann und bei welcher Performanz das SbC-System von den Lehrern und Schülern genutzt wurde.

IV.2.6.1.Erweiterung des Softwareangebots für den Schulunterricht

Die Ergebnisse der zuvor durchgeführten Softwaretests haben gezeigt, dass die Anschaffung von Lernsoftware ohne Kenntnis der Einsatztauglichkeit in einer SbC-Umgebung nicht empfehlenswert ist. Aufgrund der Tatsache, dass in der vier Monate dauernden Testphase weitere Lernsoftwarepakete für den Schulunterricht erworben werden sollen, wurde ein zweistufiges Verfahren entwickelt, das die Eignung der Software für den Einsatz im Unterricht in einer SbC-Umgebung überprüft:

Stufe	1. Stufe: Schulische Überprüfung	2. Stufe: Technische Überprüfung
Überprüfungsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • Anschaffungs- / Folgekosten • Medien-pädagogische Eignung • Benutzerfreundlichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Installation • Funktionalität • Performanz
Beteiligte Personen	Schulleiter, Lehrer, Schüler	Administrator, IT-beauftragter Lehrer

Tabelle 2: Zweistufiges Softwareüberprüfungsverfahren

Generell ist der Schulleiter oder ein anderer Lehrer für die Auswahl einer geeigneten Lernsoftware verantwortlich. Der Lehrer fordert die Software als Demover-sion beim Hersteller kostenlos an, informiert sich über die Anschaffungs- und Folgekosten und überprüft in der ersten Stufe weiterhin die medien-pädago-gische Eignung der Software für den Unterricht auf dem privaten Einzelplatz-computer oder auf einem Computer der Schulverwaltung. Es bietet sich an die-ser Stelle auch an, dass ein Schüler die Software testet, damit der Lehrer auch ein Feedback von der Personengruppe erhält, die die Software später anwenden wird.

Hält der Lehrer die Software für geeignet, dann wird die zweite Stufe des Über-prüfungsverfahrens eingeleitet. Auf dem SbC-Testsystem am Lehrstuhl wird die Demover-sion der Lernsoftware installiert und mit einer Monitoring-Software un-tersucht. Da die meisten Anwendungen mausgesteuert arbeiten, wird in diesem Testumfeld die Tastatur- und Maussteuerung für eine Terminalsitzung etwa fünf Minuten lang aufgezeichnet.¹¹⁷ Anschließend können 15 Terminalsitzungen ge-öffnet und die aufgezeichnete Steuerungssequenz abgespielt und somit simuliert werden. Die mit Hilfe des Systemmonitors aufgezeichneten Daten können gra-fisch dargestellt werden und bringen Aufschluss über die Auslastung der zu un-tersuchenden Hardwareressourcen in der Start- und in der Arbeitsphase der Anwendung.

Sollten also die Installation, die Funktionalität und die Performanz für eine Um-gebung von 15 Benutzern erfolgreich getestet worden sein, kann die Lernsoft-ware auf dem Terminalserver installiert und konfiguriert werden, so dass die Schüler im Unterricht auf die Software zugreifen können.

¹¹⁷ Zur Aufzeichnung kann die Freeware Ghostmouse verwendet werden. Alternativ kann auch die Software Tasker zur Automatisierung von Abläufen am Computer eingesetzt werden. Tasker hat den Vorteil, dass neben den Mausaktionen auch die Tastatureingaben aufgezeichnet und abgespielt werden können.

Dennoch muss die installierte Software mit Hilfe der Monitoring-Tools auf dem SbC-Server der Schule weiter beobachtet werden, da zum einen der Server der Schule eine andere Hardware als das Testsystem am Lehrstuhl besitzen kann und zum anderen das Verhalten der Schüler im Umgang mit der Lernsoftware von der Simulation am Testsystem des Lehrstuhls stets abweichen kann.

Dieses zuvor beschriebene Überprüfungsverfahren wurde während der Testphase für die Anschaffung der drei Lernprogramme Lernwerkstatt 6, Oriolus und Wasser angewendet.

Die mit dem deutschen Bildungssoftwarepreis digita 2004 ausgezeichnete Software Lernwerkstatt 6 wurde vom Schulleiter für den Einsatz im Schulunterricht vorgeschlagen. Mit der Software können Aufgaben in den Unterrichtsfächern Deutsch, Mathematik, Englisch und Sachunterricht gelöst werden.

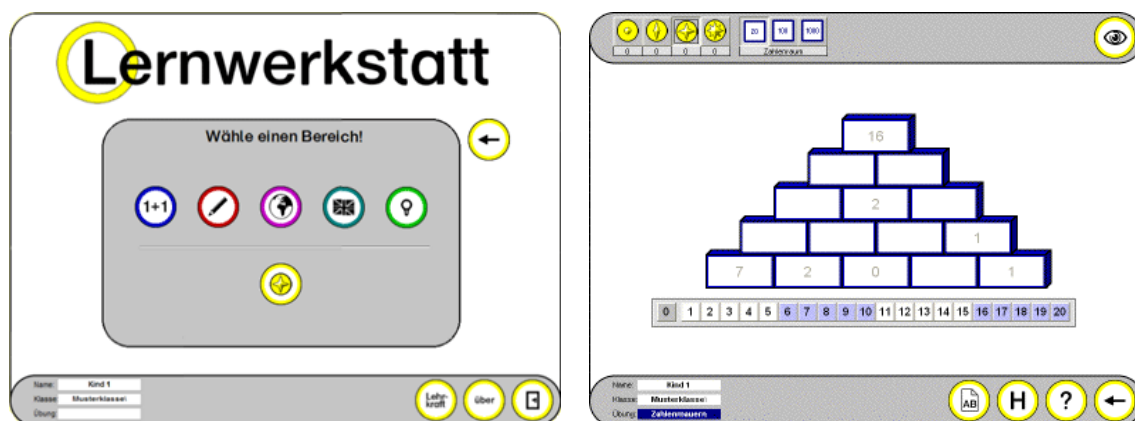


Abbildung 27: Einstiegsmenü und Mathematik-Aufgabe "Zahlenmauern" der Lernwerkstatt 6¹¹⁸

Die erste Stufe des Überprüfungsverfahrens verlief erfolgreich. Die als Demoversion vom Internet herunter geladene Software wurde von Seiten des Schulleiters aus medien-pädagogischer Sicht als geeignet eingestuft. Auch der finanzielle Aspekt überraschte aufgrund der niedrigen Anschaffungskosten für eine Schullizenz. Nach dieser Begutachtung wurde die Einsatzfähigkeit dieser Anwendung auf dem SbC-Testsystem trotz der herstellereitigen Kennzeichnung "kompatibel mit Terminal Services"¹¹⁹ überprüft.

Die Installation der Anwendung verlief unproblematisch. Die Kontrolle der Funktionalität war erfolgreich. Die Leistungsdaten der Anwendung zeigten, dass in der Startphase des Programms keinerlei Performanzprobleme aufgetreten sind. Auch die simulierte Benutzung zeigte keine großen Performanzeinbrüche, so

¹¹⁸ Die Screenshots wurden mit Genehmigung des Herstellers von dem Programm Lernwerkstatt 6 übernommen.

¹¹⁹ Medienwerkstatt (2006b).

dass die Anschaffung dieses Programms aus technischer Sicht empfohlen werden konnte. So wurde auf dem SbC-Server die Vollversion der Lernwerkstatt 6 installiert.

Das nächste zu untersuchende Lernprogrammpaket wird vom Hersteller Oriolus unter der gleichlautenden Bezeichnung vertrieben. Dabei handelt es sich um ein Lernprogrammpaket mit einer Vielzahl von Übungen für den Deutsch-, Mathematik- und Englischunterricht in der Grundschule, gruppiert nach der Klassenstufe.

Die medien-pädagogische Analyse des Lernprogramms verlief innerhalb der ersten Untersuchungsstufe erfolgreich. Der Schulleiter fand das Programm besonders wegen der Sprachausgabe für den Englischunterricht geeignet. Auch die Anschaffungskosten des Programms für eine Schullizenz bewegten sich innerhalb der finanziellen Möglichkeiten, so dass letztendlich auch dieses Programm auf dem Testsystem des Lehrstuhls überprüft werden konnte.



Abbildung 28: Einstiegsmenü der Lernanwendung Oriolus¹²⁰

Obwohl das Lernprogramm auch für MS Windows 95 freigegeben ist, verlief die Installation problemlos. In Hinblick auf die Funktionsfähigkeit konnten keinerlei Einschränkungen festgestellt werden. Auch die Performanzindikatoren in einer Simulation mit 15 Benutzern zeigten keinerlei Auffälligkeiten, so dass auch dieses Programm für den Einsatz in einer SbC-Umgebung aus technischer Sicht empfohlen werden kann.

¹²⁰ Der Screenshot wurde mit Genehmigung des Herstellers von dem Programm Oriolus übernommen.

Die dritte in der Testphase zu überprüfende Lernsoftware "Wasser - Quelle des Lebens" wurde speziell für den Sachkundeunterricht der vierten Klasse ausgesucht. Mit Hilfe von Fotos und Grafiken ermöglicht diese Anwendung die interaktive Erarbeitung und Kontrolle von Wissen über das Element Wasser.

Vor der Nutzung des Programms wurde vom Schulleiter das medien-pädagogische Potential der Anwendung überprüft und der Einsatz als sinnvoll erachtet. Auch lagen die Anschaffungskosten innerhalb der finanziellen Vorstellung des Schulleiters. Anschließend erfolgte die Untersuchung der Software in den Bereichen Installation, Funktion und Performanz auf der SbC-Testumgebung am Lehrstuhl mit dem Ergebnis, dass in Bezug auf die genannten Testkriterien keine besonderen Auffälligkeiten existierten. Nur die Wiedergabe der fünf Videoszenen zeigte immer wieder temporäre Unterbrechungen. Nach Rücksprache mit dem Schulleiter wurde entschieden, dass ein Verzicht auf diese Videos den Einsatz der Software im computergestützten Unterricht nicht einschränken würde. So wurde diese Anwendung in Form einer Schullizenz angeschafft und anschließend wie auch bei den zuvor beschriebenen Lernprogrammen remote auf dem SbC-Server der Schule installiert und für den Computerraum und die Klasse 4 freigegeben.

Es stellte sich bei der ersten Nutzung des Programms jedoch heraus, dass der Einsatz im Computerraum der Schule nicht möglich war. Der Schulleiter berichtete, dass der Programmstart sehr lange dauerte und deswegen der Startvorgang nach vier Minuten abgebrochen werden musste. Vor Ort wurde einen Tag später die Situation simuliert, in der sieben Schülercomputer des Computerraums nacheinander eingeschaltet wurden und das zu untersuchende Programm gestartet wurde. Nachfolgende Grafik zeigt die Festplattenauslastung der bis zu sieben eingeschalteten Schülercomputer im Computerraum in Abhängigkeit von der Anzahl der Terminalsitzungen.

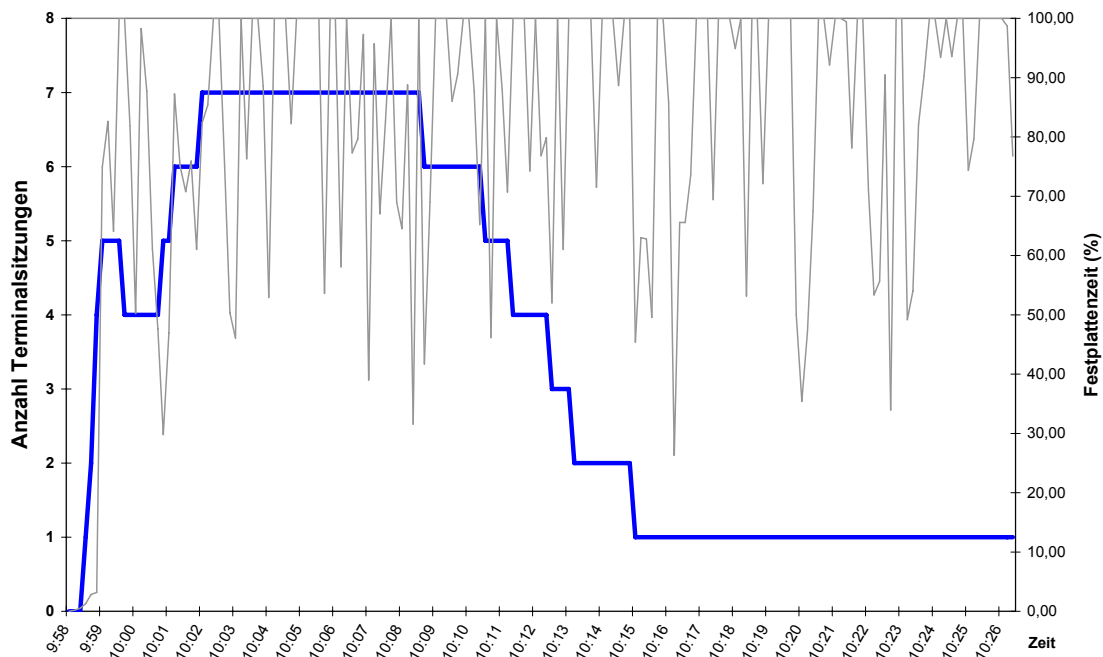


Abbildung 29: Festplattenauslastung für das Programm "Wasser - Quelle des Lebens"¹²¹

Zwischen 9.58 und 10.02 Uhr wurden die sieben Schülercomputer hochgefahren. Nach dem Erscheinen der Windows-Oberfläche wurde das Programm "Wasser" gestartet, wobei sich gezeigt hat, dass der Startvorgang der Anwendung sehr langsam voranging. Erst nach etwa drei Minuten erschien das Anwendungsmenü des Programms auf zwei Computern. Es wurde dann versucht, auf einem Computer eine Aufgabe zu bearbeiten, jedoch dauerte der Aufbau der einzelnen Aufgabe sehr lange. Aus diesem Grund wurde um 10.08 beschlossen, alle Schülercomputer nacheinander bis auf einen Computer auszuschalten und die weitere Analyse auf diesem Computer fortzuführen.

Die Betrachtung der Festplattenaktivität war ein erster Ansatz für die Lösung des Problems. Es zeigte sich, dass beim Startvorgang das Raid-1-System sehr stark beansprucht wurde. Da beim Starten einer Sitzung die Festplatte durchaus kurzzeitig für mehrere Sekunden beansprucht wird, ist in der ersten Hälfte der Abbildung 29 die Problematik mit dem Lernprogramm "Wasser" nicht direkt erkennbar. Erst gegen 10:16 Uhr zeigte der Versuch, auf dem verbliebenen Schülercomputer einzelne Aufgaben zu starten, dass die Auslastung der Festplatte sich kontinuierlich auf einem sehr hohen Niveau bewegte. Obwohl nur noch ein Computer eingeschaltet war, konnte eine Verringerung der Festplattenaktivität verzeichnet werden.

¹²¹ Abbildung 29 zeigt auf der linken Achse die Anzahl der Terminalsitzungen an (blaue Linie). Die rechte Achse zeigt die Festplattenzeit in Prozent an (graue Linie).

Nach kurzer Zeit konnte die Ursache für das Startproblem der Anwendung gefunden werden. Die Auto-Protect-Funktion des auf dem SbC-Server installierten Virenschanners veranlasste eine Überprüfung der für den Start notwendigen vielen kleinen Dateien und lastete somit nicht nur das Festplattensystem aus, sondern verursachte auch den sehr langsamen Start der Anwendung. Die Deaktivierung dieser Scanfunktion für den Programmordner der Anwendung behob das Problem und ermöglichte den Einsatz dieser Software im Schulunterricht. Auch dieses Programm konnte für den Einsatz in einer SbC-Umgebung mit dem Hinweis auf die zuvor beschriebene Problematik empfohlen werden.

IV.2.6.2. Aufgetretene Probleme während der Testphase

Am Freitag, den 21. Oktober 2005 meldete der Schulleiter gegen 9 Uhr einen Ausfall des Terminalservers. Die Schüler der Klasse 4 sollten im Computerraum die SbC-Clients starten und mit Antolin arbeiten. Die SbC-Clients konnten jedoch keine Terminalsitzungen aufbauen, so dass diese Schulstunde verschoben werden musste. Ein vom Schulleiter durchgeführter Neustart des Servers behob das Problem. Der computergestützte Schulunterricht konnte am gleichen Tag im Computerraum nachgeholt werden. Die Ursache dieses Fehlers konnte nachträglich nicht ermittelt werden, da keine entsprechenden Protokolleinträge auf dem SbC-Server gefunden werden konnten. Zudem verhielt sich der SbC-Server in den nachfolgenden Wochen unauffällig.

Am 19. Dezember 2005 fiel bei einem Routinecheck in der Computerecke der Klasse 4 auf, dass der Computer PC33 das Bootimage nicht geladen hatte und stattdessen die Fehlermeldung "DHCP error - no network card found" am Bildschirm ausgab. Obwohl die Netzwerkkarte zuvor beim Bootvorgang erkannt worden war, konnte sie nicht aktiviert werden. Ein Austausch der Netzwerkkarte mit der notwendigen Änderung der DHCP-Einstellung am SbC-Server löste das Problem.

Nach den Ferientagen über Fasching meldete der Schulleiter Startprobleme bei den Computern PC02, PC06, PC09 und PC11 im Computerraum. Auf den Bildschirmen der Computer PC06 und PC11 erschien gleich nach dem POST¹²² die Meldung: "Please enter setup menu to set clock ratio". Durch das Überprüfen und Speichern der Einstellungen im BIOS starteten die beiden Computer ohne

¹²² Der sogenannte Power-On-Self-Test (POST) ermöglicht nach dem Einschalten des Computers eine Reihe von System-Überprüfungen.

Probleme. Als Ursache dieser Fehlermeldung konnten die alten Batterien der Computer identifiziert werden.

Die Computer PC02 und PC09 zeigten nach dem Laden des Clientbetriebssystemimages die Fehlermeldung: "Image Checksum error" an. Dieser Fehler tritt auf, wenn die übertragene Prüfsumme der herunter geladenen Datei nicht mit der ermittelten Prüfsumme der erhaltenen Datei übereinstimmt. Ein zeitaufwändiges Suchen eines möglichen Übertragungsfehlers brachte keine eindeutigen Ergebnisse. Sowohl die Netzwerkkarten des SbC-Servers und des SbC-Clients, als auch die Netzwerkverkabelung mitsamt dem Switch arbeiteten problemlos. Der Fehler konnte erst durch Ersetzen des SbC-Clientbetriebssystemimages auf dem SbC-Server behoben werden.

IV.2.6.3. Installation der Computerecke in der Klasse 3a

Nachdem die Vernetzung der Computerecke der vierten Klasse vor Beginn der Testphase fertig gestellt wurde, stellte der Schulleiter die Anfrage, ob auch das Aufstellen von sechs Computern in der Klasse 3a mit Hilfe der vorhandenen Ersatzcomputer und der alten Schultische möglich wäre. Da die Ersatzcomputer bereits für den Einsatz in einer SbC-Umgebung vorbereitet worden waren, mussten diese nur noch im Klassenzimmer der Klasse 3a aufgestellt werden. Serverseitig wurden sechs Benutzer und sechs SbC-Clientbetriebssysteme erstellt.

IV.2.6.4. Neukonzeption der Computertische in der Klasse 3a und 4

Nach der Installation der aus sechs Schülercomputer bestehenden Computerecke in der Klasse 3a auf nicht mehr benötigten Schülertischen konnte schnell festgestellt werden, dass die Computer mit einem Desktopgehäuse wenig Platz für Tastatur, Maus und Unterlagen lassen. Aus diesem Grund entstand die Idee, über die gesamte Rückwand eine 6,5 m breite Computerarbeitsplatte aufzustellen, auf der nur Monitore, Tastaturen und Mäuse abgestellt werden können.

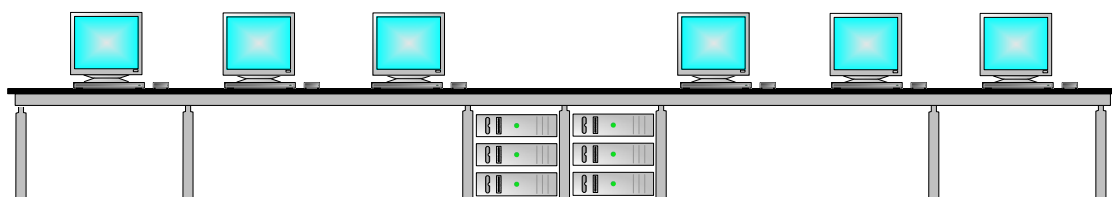


Abbildung 30: Neues Abstellkonzept für die Computer an der Rückwand der Klassen 3a und 4

Problematisch war die Aufbewahrung der sechs großen Desktop-Computergehäuse. Diese wurden in einer Art Regal unter dem Computertisch zentral abgestellt. Die dadurch größer gewordene Distanz zu den Ein- und Ausgabekomponenten auf dem Computertisch wurde durch den Einsatz von Kabelverlängerungen überwunden. Durch dieses neue Abstellkonzept für Computer konnte erreicht werden, dass die Rechner weniger Platz benötigen und zudem durch die zentrale Lage über eine sechsfach Steckerleiste komfortabler ein- und ausgeschaltet werden können. Selbst die Stromversorgung der Monitore kann zentral über zwei Dreifach-Steckerleisten geschaltet werden. Der Zugewinn an Arbeitsfläche auf dem Computertisch ermöglicht jetzt die Benutzung von Unterlagen während der Arbeit mit dem Computer. Auch erhielt der Schulleiter eine positive Resonanz von den Putzfrauen der Schule, da nun der Boden unter den Tischen sehr gut zugänglich ist.

IV.2.6.5. Serverseitige Leistungsdatenerhebung

Wie in dem vorangegangenen Kapitel IV.2.6.1 festgestellt wurde, muss durch die Ermittlung verschiedener Leistungsindikatoren die Performanz des SbC-Systems gemessen und überwacht werden. Dadurch soll endgültig sichergestellt werden, dass die auf dem SbC-Server installierte Software nach der Prüfung am Lehrstuhl auch im schulischen Alltag dauerhaft eingesetzt werden kann. Zudem können eventuell entstehende Performanz-Engpässe ermittelt, analysiert und behoben werden.

Im Betrachtungsfeld der Leistungsdatenerhebung stehen vor allem folgende Komponenten: Prozessor, Arbeitsspeicher, Festplatten und Netzwerkkarten.

Nachfolgende Tabelle beschreibt die einzelnen Leistungsindikatoren:

Datenobjekt	Leistungsindikator	Beschreibung
Prozessor	%Prozessorzeit	Primäre Anzeige der Prozessoraktivität
Speicher	Verfügbare MB	Für Prozesse verfügbarer physischer Speicher in MB
Netzwerkschnittstelle	Gesamtzahl KBytes/s	Rate, mit der KBytes über die Schnittstelle gesendet und empfangen werden
Physikalischer Datenträger	%Zeit	Zeit, die das ausgewählte Laufwerk mit dem Bearbeiten von Lese- und Schreibanforderungen beschäftigt ist
Terminaldienste	Aktive Sitzungen	Anzeige der aktuell aktiven Terminalsitzungen

Abbildung 31: Ausgewählte Leistungsindikatoren des Systemmonitors

Zur weiteren Verdeutlichung der Leistungsdatenerhebung und der daraus zu gewinnenden Erkenntnisse wurden die beiden Datenobjekte Prozessor und physikalischer Datenträger für den Schultag am 17.01.2006 genauer betrachtet. Für

diesen Schultag wurden die protokollierten Aktivitäten am SbC-Server zwischen 7.30 Uhr und 7.58 Uhr, zwischen 8.45 Uhr und 9.26 Uhr und zwischen 12.15 Uhr und 12.55 Uhr grafisch aufbereitet.

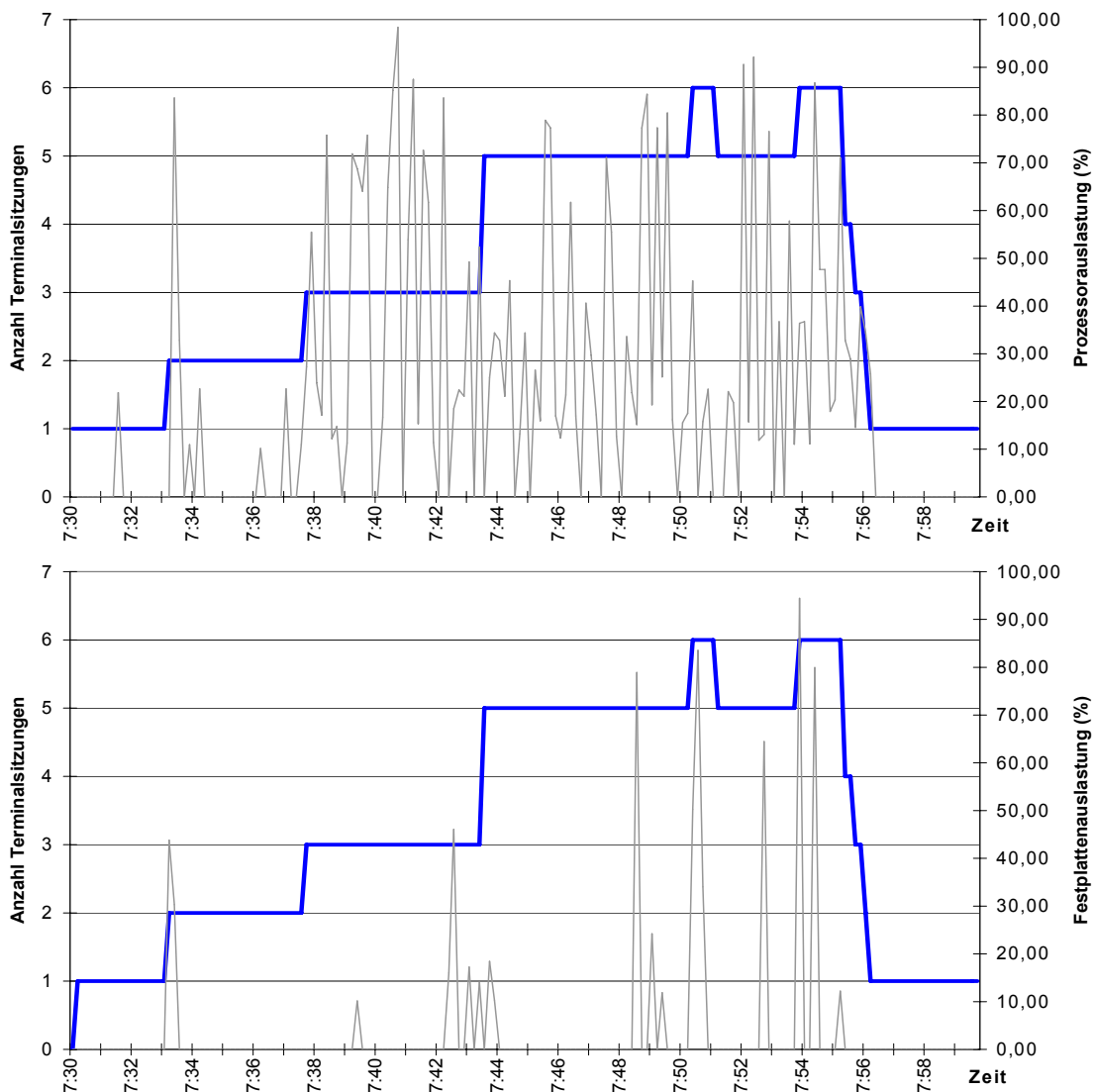


Abbildung 32: Prozessor- und Festplattenauslastung vor Schulbeginn

Einige Schüler der vierten Klasse nutzten die SbC-Clients mit den freigegebenen Anwendungen sofort nach dem Aufsperrern der Klassenzimmer. Dieses Verhalten wurde kurz nach Beginn der Testphase beobachtet und zeigt somit eindeutig, dass sich die Schüler trotz gleicher Hardware auch vor dem Unterrichtsbeginn um 8.00 Uhr mit den Lernprogrammen auf den SbC-Clients auseinandersetzen wollen.

Wie in Abbildung 32 zu sehen ist, wurden nacheinander alle sechs SbC-Clients eingeschaltet und von den Schülern benutzt. Da die Schüler die Lernanwendungen frei wählen konnten und zu diesem Zeitpunkt kein Lehrer im Klassenzimmer anwesend war, existieren keine konkreten Informationen, welche Lern-

anwendung auf welchem Schülercomputer gestartet wurde. Aus Gesprächen und Beobachtungen konnte jedoch herausgefunden werden, dass die Schüler die Programme Lernwerkstatt 6, Oriolus und Budenberg benutzten.

Der obere Bereich der Abbildung 32 zeigt die Prozessorauslastung in Abhängigkeit von der Anzahl der Terminalsitzungen vor dem Schulunterricht. Es ist ersichtlich, dass die Prozessorauslastung sich zwischen 7.37 Uhr und 7.56 Uhr kontinuierlich auf mittlerem Leistungsniveau bewegt, es aber insgesamt zu keinen Verzögerungen bei der Ausführungsgeschwindigkeit der Anwendung gekommen ist.¹²³ Der untere Bereich der Abbildung 32 zeigt die Festplattenauslastung in Abhängigkeit von der Anzahl der Terminalsitzungen. Aufgrund der Tatsache, dass die von den Schülern benutzten Lernprogramme nur einmal gestartet werden müssen, konnte eine geringe Festplattenauslastung verzeichnet werden. Der Sprung von Aufgabe zu Aufgabe ist nicht in dieser Abbildung zu sehen. Dies liegt daran, dass die Protokollierung durch den Systemmonitor nur alle fünf Sekunden durchgeführt wurde. Eine Reduktion der Protokollierungsabstände auf zwei Sekunden hätte zwar genauere Informationen geliefert, jedoch müsste durch diese Protokollierungsform die Korrektheit der Messwerte in Frage gestellt werden, da ein Teil der Serverressourcen mit der Protokollierung beschäftigt wäre.

Durch den Beginn des Schulunterrichts veranlasst, wurden um 7.56 Uhr fünf von sechs Clients heruntergefahren und ausgeschaltet. Bei einem Computer wurde wahrscheinlich nur der Monitor ausgeschaltet. Diese Vorgehensweise konnte an mehreren Schultagen bei einigen Schülern beobachtet werden, damit der SbC-Client in einer weiteren Pause sofort durch Einschalten des Monitors wieder benutzt werden konnte.

¹²³ Sollte die Prozessorzeit über einen längeren Zeitraum auf 100% verharren, so bestünde die Möglichkeit, durch Hinzuziehen des Leistungsindikators "Warteschlangenlänge" des Datenobjektes "Serverwarteschlangen" genauere Informationen über die Länge der auf den Prozessor zur Bearbeitung wartenden Threads zu erhalten.

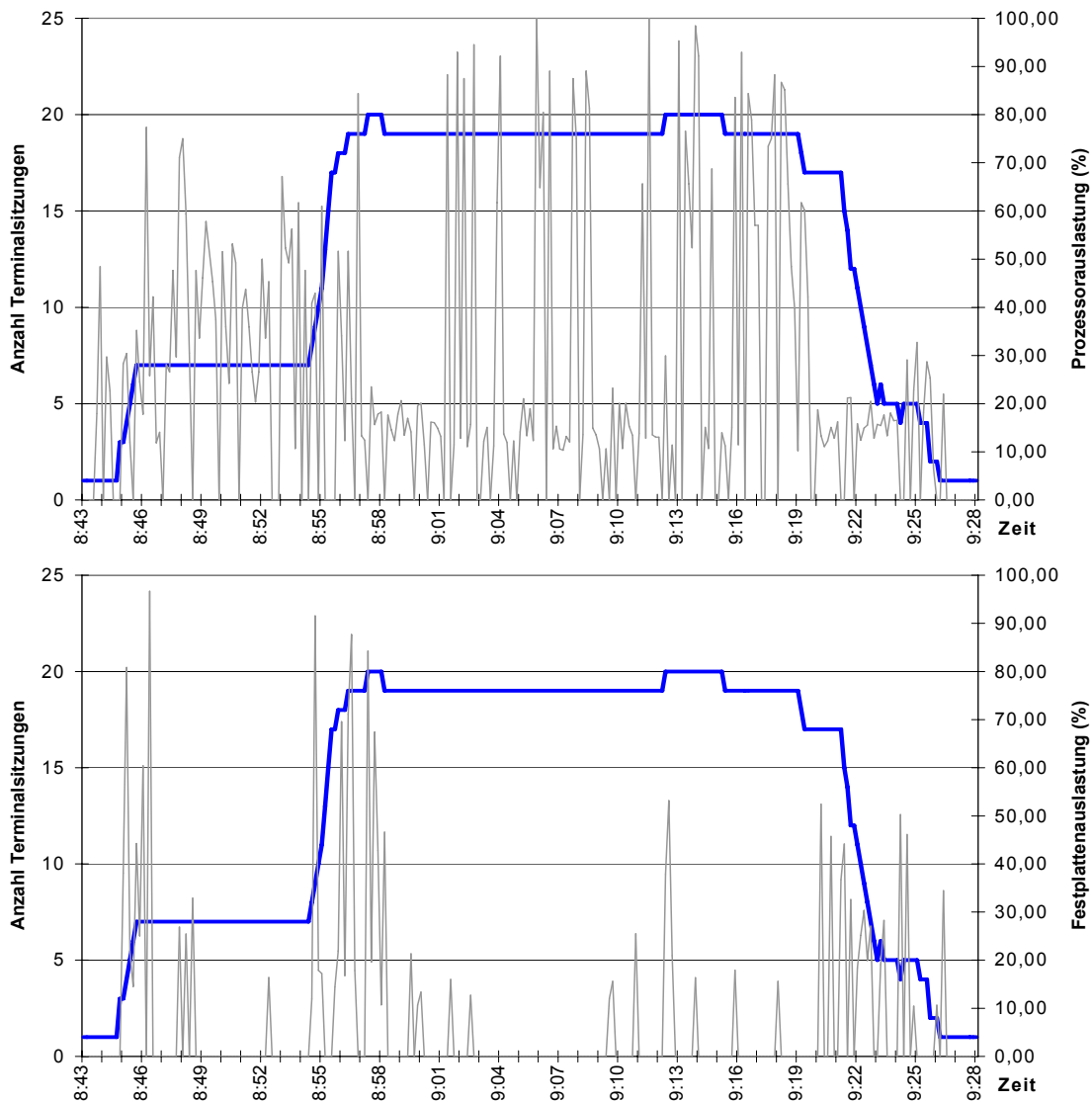


Abbildung 33: Prozessor- und Festplattenauslastung in der zweiten Schulstunde

Äußerst interessant erscheinen die in Abbildung 33 dargestellten Leistungsdaten. Um 8.45 Uhr wurden im Klassenzimmer der vierten Klasse die SbC-Clients eingeschaltet und von den Schülern im Rahmen einer projektorientierten Gruppenarbeit nacheinander benutzt.

Gegen 8.54 Uhr suchte die Klasse 3b den Computerraum auf und schaltete dort die SbC-Clients ein. Die Schüler riefen die Webseite Antolin auf und beantworteten die Fragen zu einem zuvor gelesenen Buch.

Im Zeitraum von 9.01 bis 9.20 Uhr wurde für den Prozessor eine kontinuierliche Auslastung im niedrigen und höheren Bereich protokolliert. Die Ursache dafür liegt in der Benutzung des Internet Explorers auf den SbC-Clients im Computerraum und der gleichzeitigen Nutzung des Anwendungsprogramms Oriolus auf den SbC-Clients in der vierten Klasse. Das Festplattensystem wurde bis auf die

An- und Abmeldephasen der SbC-Clients nur auf niedrigem Leistungsniveau benutzt.

Wegen des Pausenbeginns um 9.30 Uhr wurden von 9.20 bis 9.26 Uhr die SbC-Clients im Computerraum und in der vierten Klasse heruntergefahren. Während dieser Zeit wurde bei niedriger Prozessoraktivität eine erhöhte Festplattenaktivität bemerkt. Der Grund für dieses Verhalten liegt in der Beendigung terminalspezifischer Prozesse und der Speicherung verschiedener Einstellungen. Auch hier wurde ein SbC-Client ohne Beenden der Terminalsitzung heruntergefahren, so dass die Terminalsitzung auf dem Server gehalten wurde.

In der letzten Schulstunde wurden in der vierten Klasse insgesamt vier SbC-Clients für eine weitere Gruppenarbeit benutzt. So wurde jeweils acht Schülern der vierten Klasse in Zweiergruppen nacheinander aufgetragen, das Lernprogramm Lernwerkstatt zu starten und bestimmte Aufgaben selbständig zu lösen.

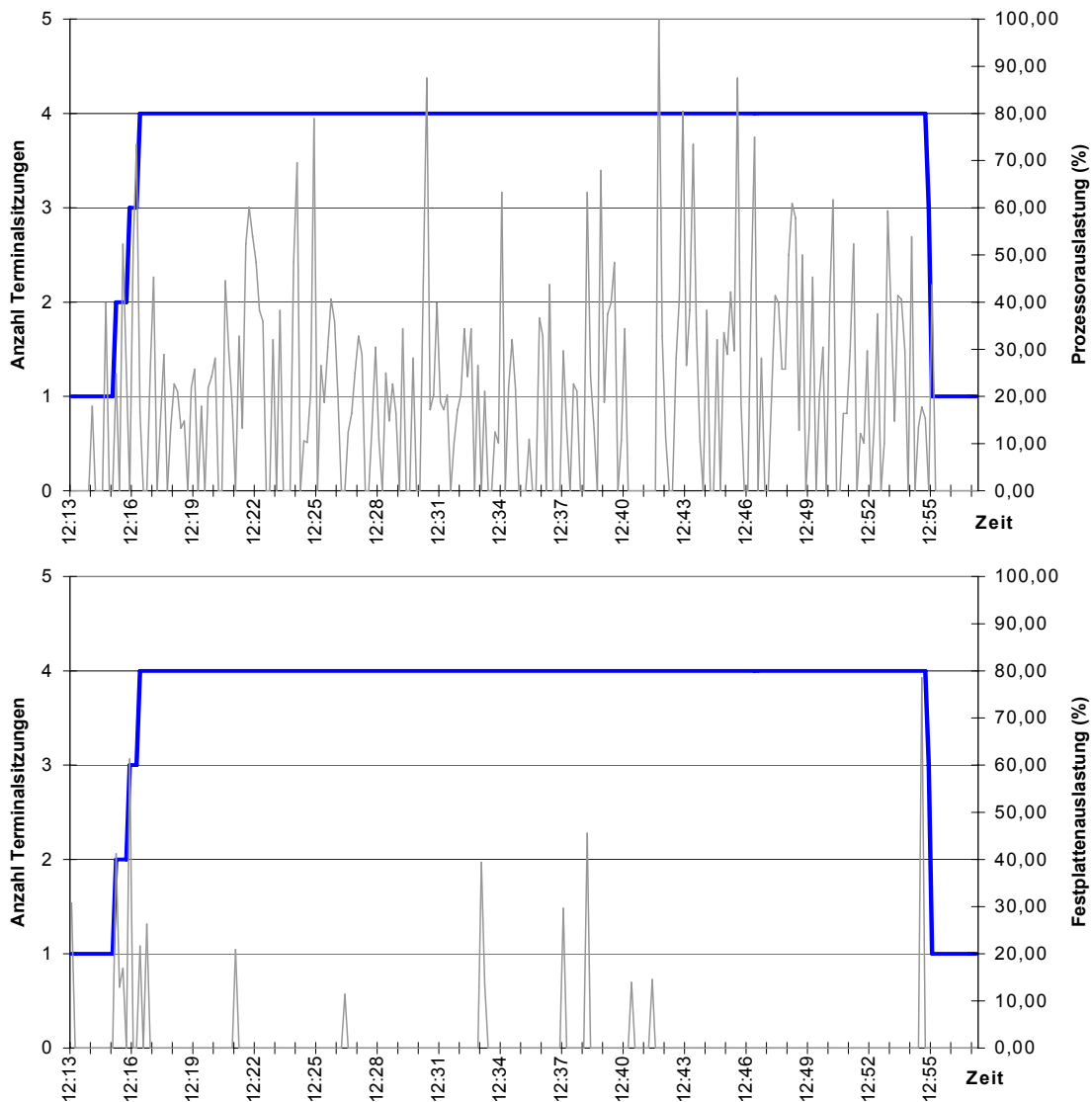


Abbildung 34: Prozessor- und Festplattenauslastung in der letzten Schulstunde

Bei der Analyse der Abbildung 34 kann auf die Ergebnisse der Abbildung 32 zurückgegriffen werden, jedoch mit dem Unterschied, dass in der letzten Schulstunde ausschließlich die Anwendung Lernwerkstatt ausgeführt wurde. So konnte eine kontinuierlich niedrige bis mittlere Auslastung des Prozessors und eine sehr geringe Festplattenaktivität festgestellt werden.

Die Aufzeichnung des Leistungsindikators "Verfügbare MB des Speichers" an diesem Schultag zeigen, dass von den installierten 2.048 MByte des Arbeitsspeichers selbst bei 20 Terminalsitzungen mit den entsprechenden Lernprogrammen etwa 800 bis 900 MByte benötigt wurden.

Durch die am SbC-Server realisierte Segmentierung des pädagogischen Schulnetzwerks in die Subnetze Internetanschluss, Computerraum und Klassenzimmer bestand die Möglichkeit, die ein- und ausgehenden Datenmengen getrennt nach Räumen zu protokollieren. Auf Grundlage dieser Daten konnte festgestellt werden, dass es durch die Zusammenlegung der beiden Subnetze Klassenzimmer und Computerraum zu einem Subnetz zu netzwerkspezifischen Verzögerungen kommen könnte, falls alle SbC-Clients im Computerraum und im Klassenzimmer gleichzeitig benutzt werden.

Insgesamt kann im Rahmen der Leistungsdatenerhebung festgehalten werden, dass der Prozessorperformanz im Vergleich zur Festplattenperformanz eine größere Aufmerksamkeit bei der Anschaffung des Servers gelten sollte. Auch wäre der Einsatz von höherwertigen Netzwerkkarten sinnvoll, da dadurch die Prozessorauslastung des Servers weiter reduziert werden könnte.

Durch die Leistungsdatenerhebung und die Überprüfung der protokollierten Daten konnte bewiesen werden, dass der praktische Einsatz des SbC-Systems in der Schule möglich ist. Nach dieser technischen Betrachtung wird im anschließenden Unterkapitel die Evaluation des SbC-Systems durch die Schüler und die Lehrer besprochen.

IV.2.7. Empirische Überprüfung des SbC-Konzepts

Gegenstand der durchgeführten Evaluation ist der Vergleich der P2P-Technologie mit der SbC-Technologie¹²⁴ in den Bereichen Zuverlässigkeit, Performanz und Ergonomie. Auch soll die Nutzung des SbC-Systems in dem Computerraum und in den Klassenzimmern überprüft werden. Zudem soll die Evaluation als

¹²⁴ Zum leichteren Verständnis für Schüler und Lehrer wurden in den Fragebögen anstelle der Begriffe "P2P-Technologie" und "SbC-Technologie" die Begriffe "altes Computersystem" und "neues Computersystem" verwendet.

Instrument der Qualitätssicherung eingesetzt werden, indem von den Evaluationsteilnehmern die Schwächen angesprochen und das Verbesserungspotential aufgedeckt werden sollen. In Absprache mit dem Schulleiter soll die eingesetzte Lernsoftware in die Evaluation miteinbezogen und von den Schülern bewertet werden. Das Ergebnis der Evaluation sollte Transparenz hinsichtlich der möglichen Einführung der SbC-Technologie an der Grundschule Alkofen nach der Testphase schaffen. Unter den Evaluationsteilnehmern befanden sich sowohl die sieben Lehrer der Schule als auch die 57 Schüler der beiden dritten und der vierten Klasse.

Die für die Evaluation notwendigen Daten wurden mit Hilfe eines Fragebogens für die Schüler und eines Fragebogens für die Lehrer ermittelt. Die Auswertung und die grafische Aufbereitung der Daten erfolgte computergestützt.

IV.2.7.1.Evaluation des SbC-Systems durch die Schüler

Bei der Erstellung des Schüler-Fragebogens wurde besonders auf eine einfache, dem Alter der Schüler entsprechende Formulierung der Fragen geachtet. Auch wurden die Antwortmöglichkeiten sorgfältig ausgewählt. Neben einfachen Ja/Nein-Antwortmöglichkeiten und der Verwendung von Schulnoten zur Beurteilung der eingesetzten Software bestand bei zwei Fragen die Möglichkeit, dass die Schüler ihre Antwort frei formulieren konnten.

Von den jeweiligen Klassenlehrern wurden die Fragebögen an die Schüler der Klasse 3a, 3b und 4 ausgeteilt. Die Beantwortung der Fragen erfolgte von den Schülern selbständig. Insgesamt wurden 57 Fragebögen abgegeben, davon 17 an die Klasse 3a, 17 an die Klasse 3b und 23 an die vierte Klasse. Nachfolgende Tabelle zeigt die den Schülern gestellten Fragen:

Frage	Fragestellung
1	Wie oft arbeitest du am Computer im Klassenzimmer?
2	Wie oft arbeitest du am Computer im Computerraum?
3	Sollte jeder Schüler im Computerraum einen PC zum Arbeiten haben?
4	Welche Antwort entspricht deiner Meinung? - Ich gehe lieber in den Computerraum zum Arbeiten mit dem Computer - Ich arbeite lieber mit einem Computer im Klassenzimmer
5	Welche Programme gefallen dir? Verteile Schulnoten für die Programme, mit denen du bereits gearbeitet hast (1=Sehr gut, 2=Gut, ..., 6=Mangelhaft)
6	Soll der Computer im Unterricht öfter benutzt werden?

7	Die Schule hat seit Oktober ein neues Computersystem. Die folgenden Fragen vergleichen das alte Computersystem mit dem neuen Computersystem. <ul style="list-style-type: none"> - Findest du das neue Computersystem besser? - Ist das neue Computersystem schneller als das alte Computersystem? - Findest du, dass das neue Computersystem zuverlässiger ist? - Ist das Starten der Programme einfacher geworden? - Ist das Arbeiten mit Antolin schneller, gleich schnell oder langsamer geworden? - Ist das Arbeiten mit Budenberg schneller, gleich schnell oder langsamer geworden?
8	Was hat dir am alten Computersystem nicht so gut gefallen? Schreibe kurz deine Meinung.
9	Was könnte man an dem neuen Computersystem besser machen? Schreibe kurz deine Meinung.

Tabelle 3: Fragestellungen des Schüler-Fragebogens¹²⁵

Im nachfolgenden Text werden die Ergebnisse der Auswertung des Schülerfragebogens der Klassen 3a, 3b und 4 in der Reihenfolge ihrer Nennung besprochen.

Es konnte bei der Auswertung der 17 Fragebögen der Klasse 3a festgestellt werden, dass die Computer im Klassenzimmer von 12 Schülern einmal in der Woche, von zwei Schülern jeden dritten Tag, von zwei Schülern jeden zweiten Tag und von einem Schüler täglich benutzt werden (Frage 1). Den Computerraum suchen die Schüler dieser Klasse zusammen mit dem Lehrer jeden dritten Tag auf (Frage 2).

Derzeit ist der Computerraum mit 15 Schülercomputern ausgestattet, so dass jeweils zwei Schüler an einem Computer sitzen und sich bei den Übungen abwechseln müssen. Daher ist es interessant zu wissen, ob nach Meinung der Schüler jeder Schüler einen Computer zum Arbeiten haben sollte. Diese Problematik wird in Frage 3 angesprochen: 12 von 17 Schülern teilen sich gern den Computer im Computerraum mit einem Mitschüler. Welcher dieser Räume von den Schülern bevorzugt wird, sollte Frage 4 beantworten. 12 der 17 Schüler arbeiten lieber mit dem Computer im Klassenzimmer.

Die Bewertung der bearbeiteten Programme von Seiten der Schüler hat auf den ersten Blick nicht direkt etwas mit dem SbC-System zu tun. Diese Frage wurde jedoch in den Fragebogen mit aufgenommen, damit Rückschlüsse auf die Akzeptanz der Lernsoftware gemacht werden können. Ein SbC-System wird nur

¹²⁵ Der Schüler-Fragebogen befindet sich im Anhang auf S. XXXI.

genutzt, wenn auch die Software von den Schülern angenommen wird. Das Ergebnis der Frage 5 wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

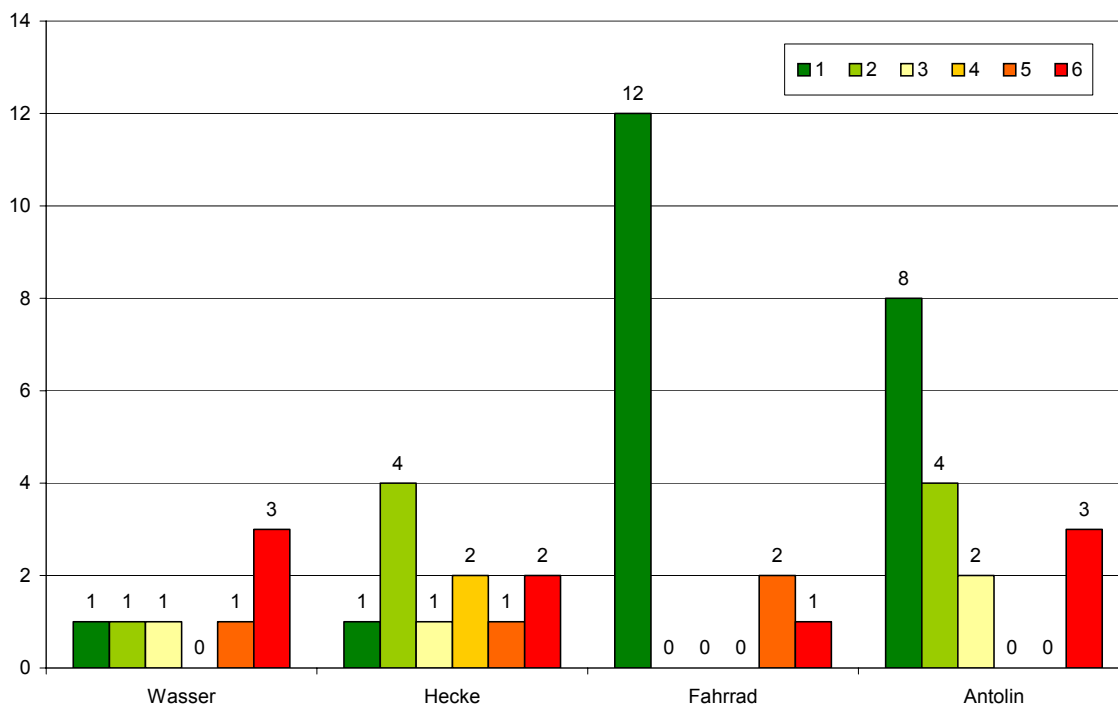


Abbildung 35: Bewertung der Lernprogramme Teil 1 (Klasse 3a)¹²⁶

Die Abbildung 35 zeigt die vier nach dem Schulnotensystem bewerteten Lernprogramme "Wasser - Quelle des Lebens", "Die Hecke", "Mit dem Fahrrad unterwegs" und "Antolin". Das Lernprogramm "Wasser" und die "Hecke" zeigen kein eindeutiges Bild bei der Bewertung, zumal die Programme von wenigen Schülern aufgerufen bzw. bewertet wurden. Das Lernprogramm "Mit dem Fahrrad unterwegs" wurde von 12 Schülern mit der Note "Sehr gut" bewertet. Zwei Schüler bewerteten dieses Programm mit der Note "Ungenügend" und ein Schüler vergab die Note "Mangelhaft". Das webbasierte Lernprogramm "Antolin" konnte die Mehrheit der Schüler überzeugen. 8 von 17 Schülern vergaben die Note "Sehr gut", 4 Schüler wiesen der Anwendung die Note "Gut" zu und 2 bewerteten dieses Programm mit der Note "Befriedigend". 3 Schüler waren mit dieser Anwendung nicht zufrieden und bewerteten daher das Programm mit der Note "Mangelhaft".

Als nächstes werden die Lernpakete "Oriolus" und die "Lernwerkstatt 6" jeweils für die Fächer Deutsch, Mathematik und Englisch dargestellt:

¹²⁶ In der Legende oben rechts werden die Schulnoten mit den entsprechenden Farben angezeigt.

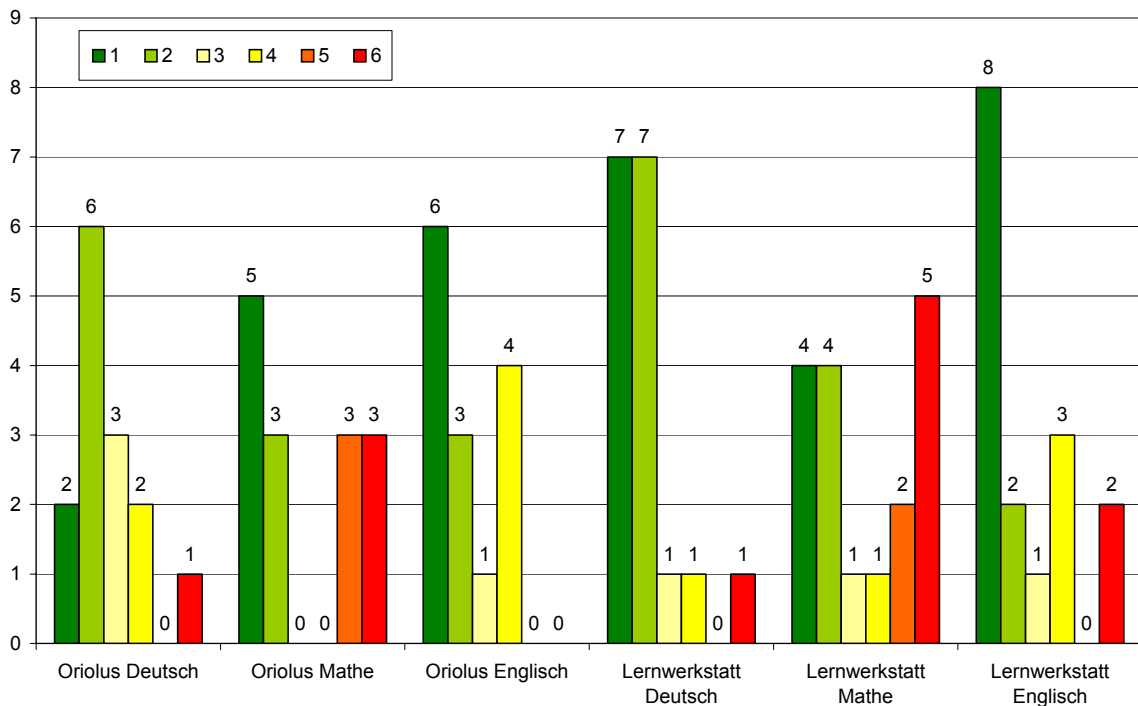


Abbildung 36: Bewertung der Lernprogramme Teil 2 (Klasse 3a)

Bei der Überprüfung der Schülerbewertungen für diese beiden Lernsoftwarepakete kann festgestellt werden, dass die Mehrheit der Schüler die Anwendungen für die Fächer Deutsch und Englisch "Gut" bis "Sehr gut" finden. Nur im Fach Mathematik finden sich vermehrt Bewertungen mit den Noten "Ungenügend" und "Mangelhaft". Ob diese schlechte Bewertung mit der Qualität der Programme für dieses Fach in Verbindung gebracht werden kann oder ob es generell am fachspezifischen Desinteresse liegt, kann hier in dieser Abbildung nicht ermittelt werden. Zur Beantwortung dieser Frage kann nur ein Gespräch mit dem Klassenlehrer weiterhelfen.

Aus den sechs Bewertungen sticht die Benotung des Lernpakets Lernwerkstatt für das Unterrichtsfach Deutsch hervor. 14 von 17 Schülern bewerteten das Deutsch-Programm mit den Noten "Sehr gut" und "Gut".

Bei einem Vergleich der beiden Lernpakete kann festgestellt werden, dass zum einen eine größere Anzahl von Schülern dieser Klasse das Lernpaket Lernwerkstatt bearbeitet hat und zum anderen, dass die Lernpakete mit einer Durchschnittsnote von 2,66 (Oriolus) und 2,64 (Lernwerkstatt) auf gleichem Niveau aus Schülersicht liegen.

Interessant für die Entwicklung des computergestützten Schulunterrichts aus der Sicht der Schüler ist die Beantwortung der Frage 6. Demnach wünschen sich 14 von 17 Schülern, dass der Computer öfters im Unterricht benutzt werden sollte.

Die Bewertung des SbC-Systems erfolgt in der Frage 7. Bei der Fragestellung musste an dieser Stelle berücksichtigt werden, dass die Schüler in der dritten Klasse nur Grundkenntnisse im Umgang mit dem Computer besitzen und daher auf technische Detailfragen nicht antworten können. Aus diesem Grund wurde auf eine tiefer gehende Befragung verzichtet.

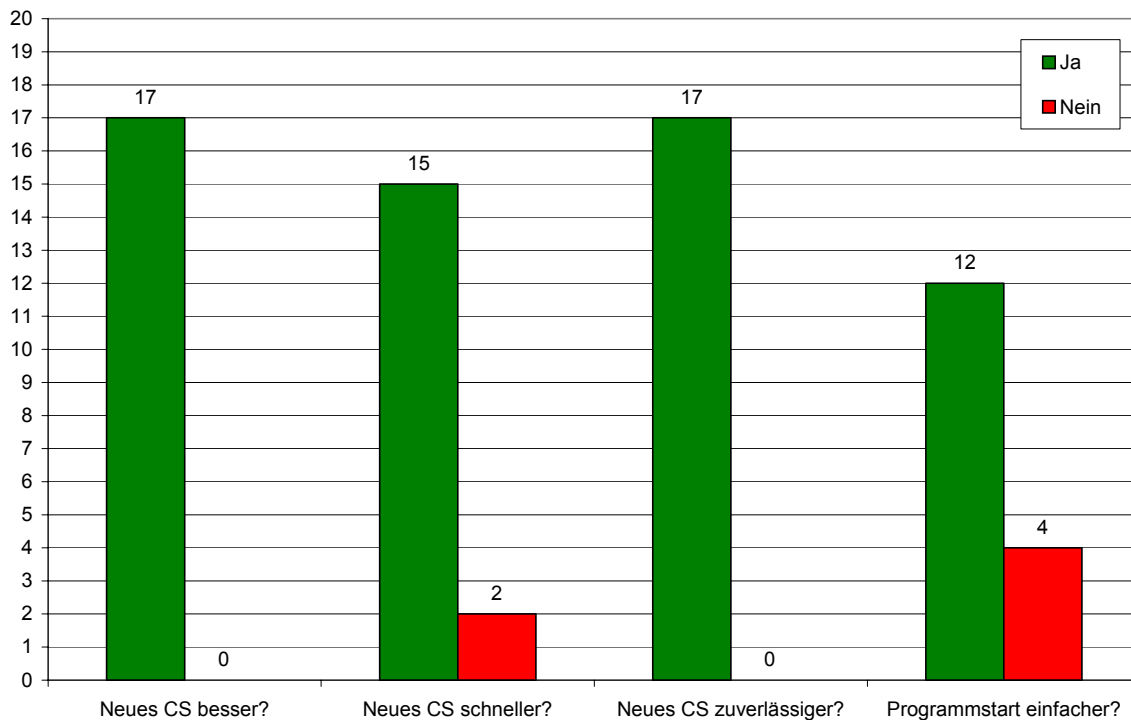


Abbildung 37: Bewertung des neuen Computersystems (Klasse 3a)

Die Auswertung dieser Frage ergab, dass die Schüler der Klasse 3a eindeutig das SbC-System als das bessere¹²⁷ System eingestuft, obwohl die gleiche Client-Hardware inklusive Monitor und Eingabegeräte verwendet wurde. Auch gaben 15 von 17 Schülern zum Ausdruck, dass das SbC-System als das schnellere System eingestuft werden kann. So zeigten auch die Antworten zur Teilfrage nach der Zuverlässigkeit des SbC-Systems, dass alle 17 Schüler dem SbC-System eine höhere Zuverlässigkeit bescheinigten.

Durch den aufgeräumten, einheitlichen Windows-Desktop und das einheitliche Windows-Startmenü sollten die Programme schneller gefunden und demzufolge die Programme einfacher gestartet werden können. 12 der 17 Schüler konnten

¹²⁷ Das Adverb "besser" nimmt Bezug auf die allgemeine Qualität des SbC-Systems. Dadurch soll eine allgemeine Einschätzung angegeben werden. Die Verwendung von fachspezifischen Ausdrücken wäre sicherlich möglich, jedoch aufgrund der Fachkenntnisse der Schüler unangebracht gewesen.

dies nachvollziehen, während vier Schüler anderer Meinung waren. Ein Schüler beantwortete diese Frage nicht.

Zwei weitere Teilfragen der Frage 7 beinhalten die Bewertung der Arbeitsgeschwindigkeit der webbasierten Anwendung Antolin und der Anwendung Budenberg. 11 bzw. 10 von 17 Schülern empfanden, dass das Arbeiten mit Antolin bzw. Budenberg schneller geworden ist. 6 bzw. 7 Schüler konnten keine Veränderung feststellen.

Die frei formulierbare Antwortmöglichkeit der Fragen 8 und 9 wurden von den Schülern der Klasse 3a nur selten benutzt. Zur Frage 8, was den Schülern am alten Computersystem nicht so gut gefallen hat, schrieb ein Schüler, dass beim alten Computersystem die Programmauswahl nicht so umfangreich war. Ein weiterer Schüler äußerte, dass die Computer des alten Computersystems immer abstürzten. Auch wurde bemerkt, dass auf dem alten Computersystem die Darstellungsgröße des Windows-Desktops kleiner war.

Auf die neunte Frage, was an dem neuen Computersystem besser gemacht werden kann, antwortete ein Schüler, dass Computerspiele installiert werden sollten.

Durch den Aufbau eines 6,5 m breiten Tisches an der Rückwand des Klassenzimmers und die zentrale Aufbewahrung der Computer in einem Regal in der Mitte veranlasst,¹²⁸ bemerkte ein Schüler, dass er den Computer jetzt nicht mehr findet, da er nicht mehr direkt unter seinem Monitor steht und daher gezwungen ist, alle sechs Computer einzuschalten.¹²⁹

Fast parallel zur Bearbeitung der Fragebögen in der Klasse 3a wurden die gleichen Fragebögen in der Klasse 3b verteilt. Da das Klassenzimmer dieser Klasse keine Computerecke besitzt, wurde die Frage 1 übersprungen und gleich mit der Bearbeitung der Frage 2 begonnen. Die Beantwortung der Frage 2 zeigte, dass die Schüler dieser Klasse einmal in der Woche den Computerraum aufsuchen.

Dass jeder Schüler einen Computer im Computerraum im Unterricht zugewiesen bekommt (Frage 3), befürworteten von den 17 Schülern 10. Frage 4 setzt sich mit der Problematik auseinander, welcher Raum - Klassenzimmer oder Computerraum - aus Sicht der Schüler zum Arbeiten bevorzugt wird. Aufgrund fehlender Computer im Klassenzimmer wurde diese Frage übersprungen.

¹²⁸ vgl. Abbildung 30, S. 76.

¹²⁹ Es wurden zu einem späteren Zeitpunkt Aufkleber sowohl am Monitor als auch am Schülercomputer angebracht, die eine Identifizierung des einzelnen Computers ermöglichen.

Obwohl die Schüler der Klasse 3b einmal in der Woche den Computerraum aufsuchen, wurde nur ein einziges Programm bearbeitet und bewertet (Frage 5). Von den 17 Schülern bewerteten 14 Schüler die webbasierte Anwendung Antolin mit der Note "Sehr gut". 3 Schüler gaben überhaupt keine Antwort auf diese Frage ab. Weiterhin ergab die Beantwortung der Frage 6, dass 15 von 17 Schülern sich eine stärkere Einbindung des Computers in den Unterricht wünschen.

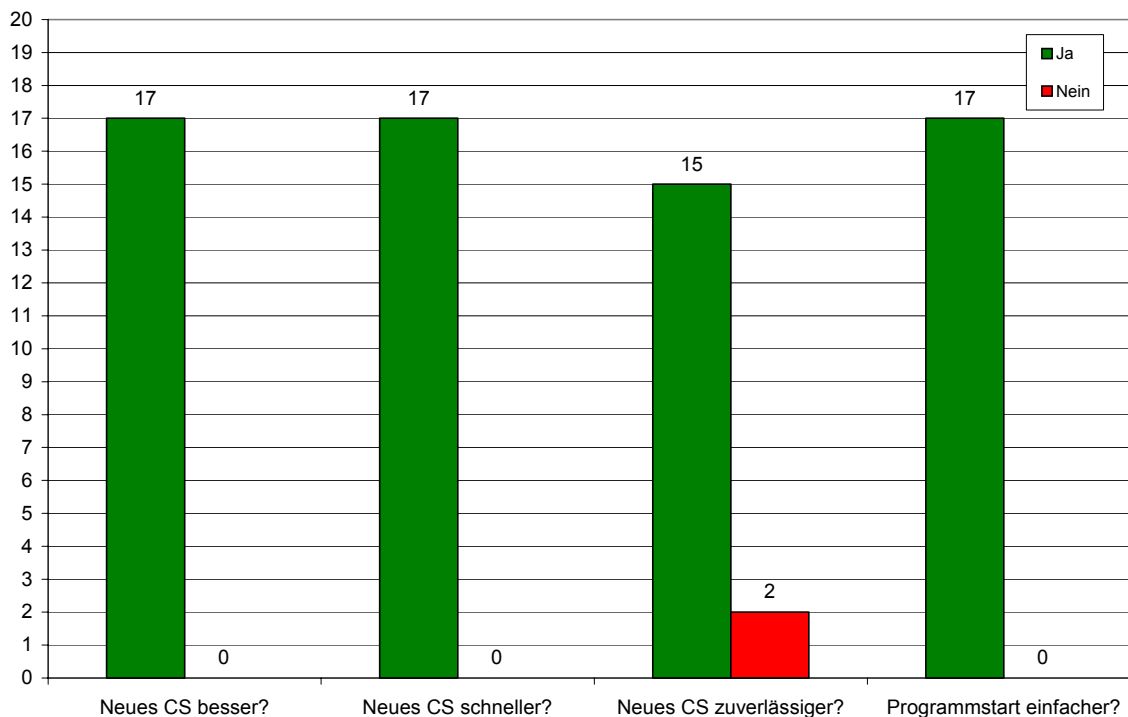


Abbildung 38: Bewertung des SbC-Computersystems (Klasse 3b)

Die für den Erfolg der SbC-Technologie wichtige Frage 7 zeigt ein eindeutiges Ergebnis. Alle 17 Schüler der Klasse 3b bewerteten das neue Computersystem als das bessere und schnellere System. Bei der Bewertung der Zuverlässigkeit konnten 15 der 17 Schüler dem neuen Computersystem bescheinigen, dass es das zuverlässigere System ist. Auch bestätigten alle 17 Schüler der Klasse 3b, dass das Starten der Programme einfacher geworden ist.

14 Schüler bemerkten, dass das webbasierte Arbeiten mit Antolin schneller geworden ist, während 3 Schüler keine Änderung feststellten. Frage 8 wurde von den Schülern mehrmals gleich beantwortet. Demnach beklagten sich 12 Schüler über eine zu lange Ladezeit beim Starten des alten Computersystems. Die letzte Frage wurde von allen Schülern dieser Klasse nicht beantwortet.

Die 23 Schüler der Klasse 4 der Alkofener Grundschule sind zwischen 10 und 11 Jahre alt und zeigen nach Aussage des Schulleiters mehr Verständnis und Interesse im Umgang mit den Computern der Schule als die Schüler der dritten

Klassen. Daher wurde der gleiche Fragebogen auch diesen Schülern zur Bearbeitung vorgelegt.

18 von 23 Schülern suchen einmal in der Woche den Computer im Klassenzimmer zum Arbeiten auf (Frage 1). Zwei Schüler benutzen den Computer jeden zweiten Tag und drei Schüler arbeiten täglich mit dem Computer im Klassenzimmer. Der Computerraum wird von dieser Klasse einmal in der Woche aufgesucht (Frage 2).

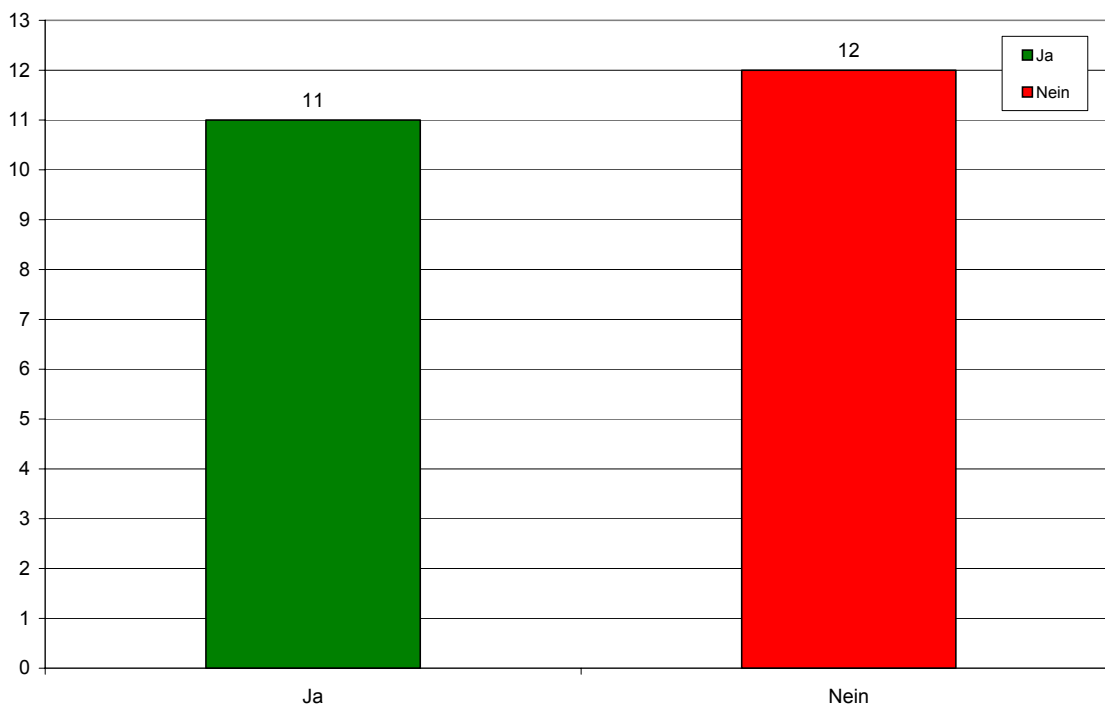


Abbildung 39: Ergebnis der Frage 3 - Zuordnung der Schüler zu einem Computer (Klasse 4)

In Bezug auf eine mögliche Verdoppelung der Computeranzahl im Computerraum von 15 auf 30 Computer soll durch die Beantwortung der Frage 3 herausgefunden werden, wie die Schüler die Zuordnung eines Computers für jeden Schüler sehen. Abbildung 39 zeigt, dass keine eindeutige Mehrheit für oder gegen die Zuordnung eines Schülers zu einem Computer existiert. Es ist also ausreichend, dass sich wie in diesem Fall die 23 Schüler die 15 Computer im Computerraum teilen.

15 der 23 Schüler bevorzugen das Klassenzimmer zum Arbeiten mit dem Computer. Sechs Schüler suchen lieber den Computerraum auf. Zwei Schüler beantworteten Frage 4 nicht.

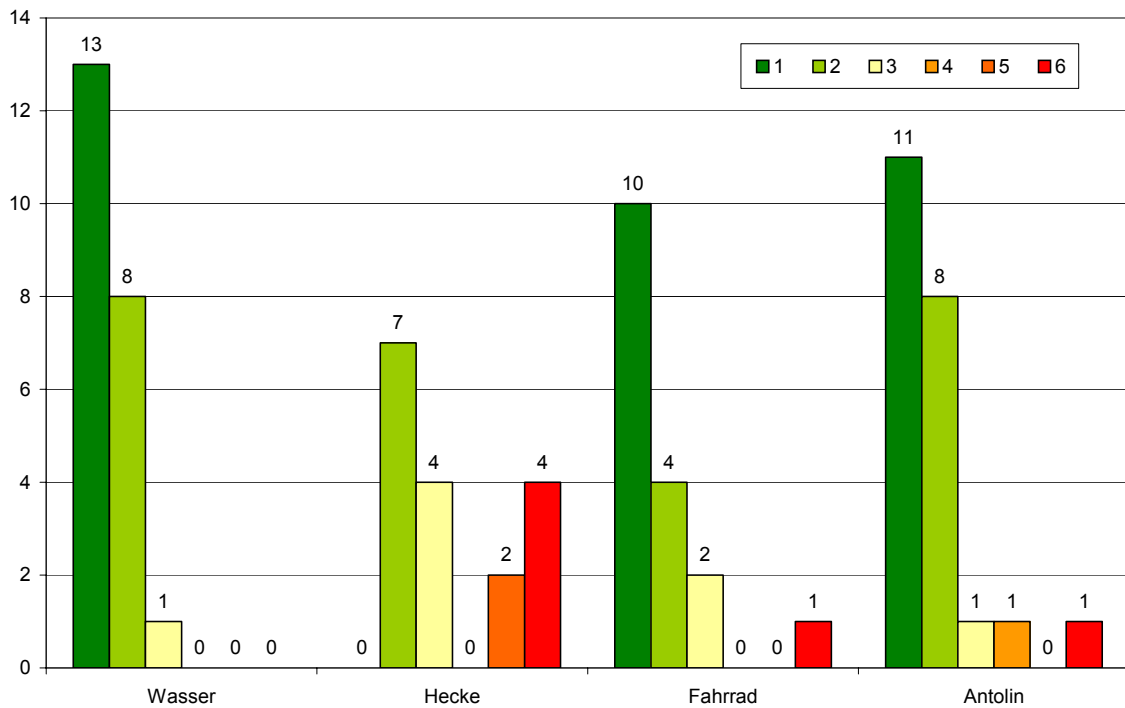


Abbildung 40: Bewertung der Lernprogramme Teil 1 (Klasse 4)

Abbildung 40 beinhaltet die Ergebnisse der Bewertung der Einzelanwendungen (Frage 5). Hier zeigt sich deutlich, dass die Anwendung "Wasser - Quelle des Lebens" mit Abstand am besten bewertet wurde. Die Lernprogramme "Antolin" und "Mit dem Fahrrad unterwegs" konnten die Mehrheit Schüler ebenfalls überzeugen. Die Hecke polarisierte die Schüler der Klasse 4, wie die Bewertung der Schüler aufzeigt.

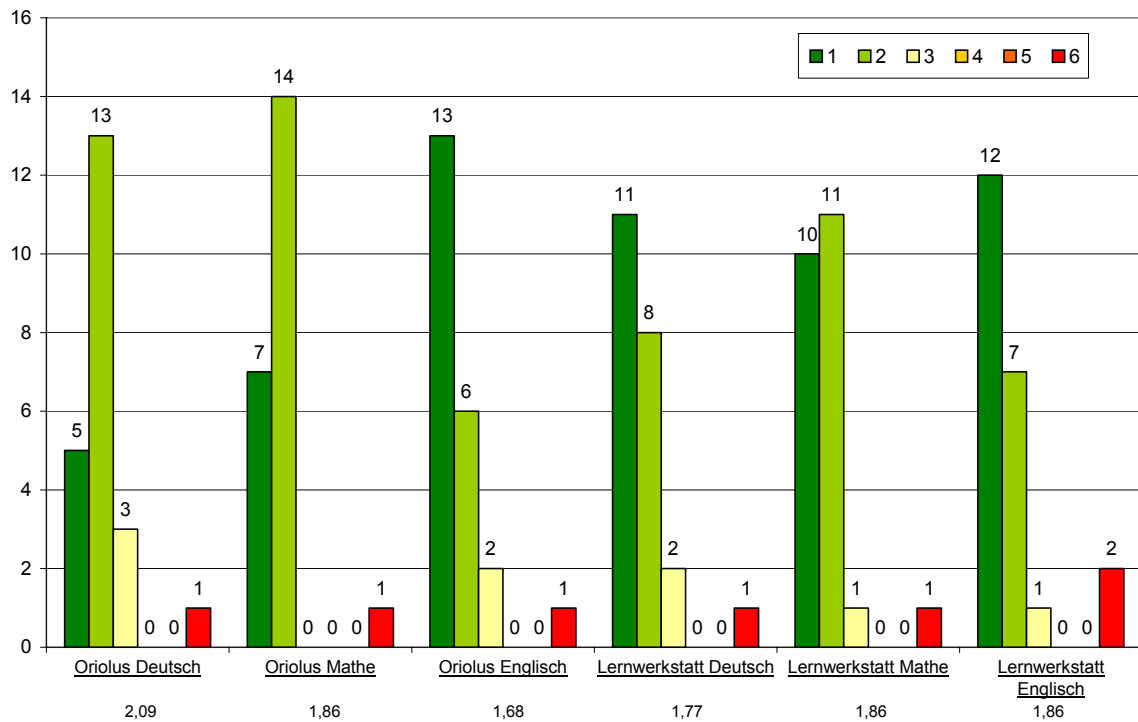


Abbildung 41: Bewertung der Lernprogramme Teil 2 (Klasse 4)

Die Bewertung der beiden Lernpakete Oriolus und Lernwerkstatt soll als nächstes die Zufriedenheit der Schüler mit diesen Programmen aufzeigen. Es sei vorab erwähnt, dass ein Schüler bei der Bewertung dieser Programme ausschließlich die Note "Mangelhaft" vergeben hat und daher das Ergebnis etwas verzerrt. Da ein Vergleich der fachspezifischen Anwendungen der Lernpakete auf grafischer Ebene sich als schwierig erweist, werden Durchschnittsnoten ermittelt und zur Bewertung herangezogen.

Im Fach Deutsch konnte die Lernwerkstatt mit einer Durchschnittsnote von 1,77 gegenüber Oriolus mit einer Durchschnittsnote von 2,09 punkten. Beide Softwarelernpakete erzielten im Fach Mathematik mit 1,86 die gleiche Durchschnittsnote. Einen kleinen Vorsprung erzielte Oriolus im Fach Englisch mit einer Durchschnittsnote von 1,68 gegenüber der Lernwerkstatt mit 1,86.

Die beiden Softwarepakete bewegten sich bezüglich der einzelnen Durchschnittsnote auf hohem Niveau, zwischen 1,68 und 2,09. Dabei konnte festgestellt werden, dass Oriolus Englisch die beste Durchschnittsnote mit 1,68 und Oriolus Deutsch die schlechteste Durchschnittsnote mit 2,09 erhalten hat. Insgesamt nahmen die Schüler der Klasse 4 beide Softwarelernpakete sehr gut an.

Frage 6 geht auf die zukünftige Integration der Computer im Unterricht ein. 19 der 23 Schüler können sich vorstellen, dass der Computer öfters im Unterricht benutzt werden sollte. Ein Schüler äußerte sich zu dieser Frage nicht.

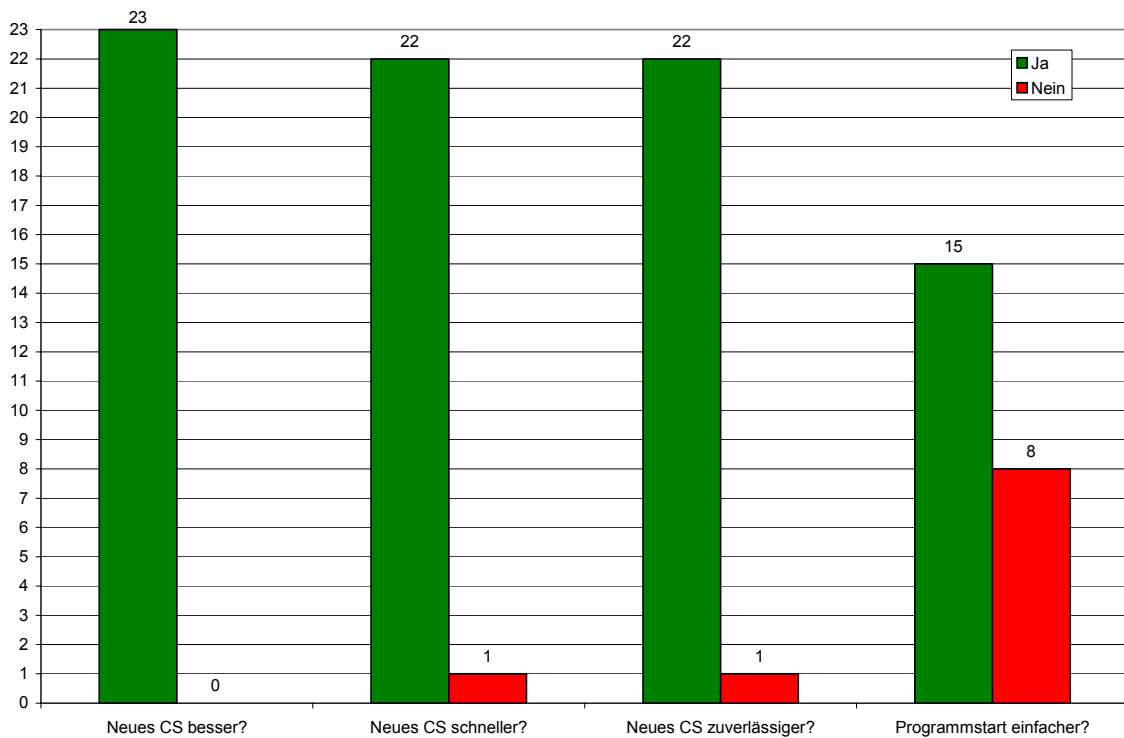


Abbildung 42: Bewertung des SbC-Computersystems (Klasse 4)

Die Auswertung der Frage 7 ergab, dass alle Schüler der Klasse 4 das SbC-System als das bessere System einstufen. 22 von 23 Schülern brachten zudem zum Ausdruck, dass das SbC-System als das schnellere und zuverlässigere System eingeschätzt werden konnte. Dass das Starten der einzelnen Programme einfacher geworden ist, erkannten 15 Schüler.

Die Bewertung der Arbeitsgeschwindigkeit der webbasierten Anwendung Antolin und der Anwendung Budenberg wird in zwei weiteren Teilfragen der Frage 7 aufgegriffen. 8 bzw. 6 von 23 Schülern empfanden, dass das Arbeiten mit Antolin bzw. Budenberg schneller geworden ist. Jeweils 15 Schüler konnten keine Veränderung feststellen und ein Schüler konnte ein langsames Arbeiten mit Budenberg erkennen.

Die Frage 8, was den Schülern am alten Computersystem nicht so gut gefallen hat, wurde von den Schülern nur selten beantwortet. Mehrere Schüler äußerten, dass das Arbeiten mit dem alten Computersystem langsam war und auch der Startvorgang der einzelnen Computer sehr lange dauerte.

Das Verbesserungspotential des SbC-Systems wird in Frage 9 angesprochen. Die spärlichen Antworten der Schüler reichen von "nichts müsste man verbessern" bis zu "noch schneller soll der Computer sein". Auch bemerkte ein Schüler, dass jeder Schüler seinen eigenen Computer haben sollte.

IV.2.7.2.Evaluation des SbC-Systems durch die Lehrer

Für eine nachhaltige Einführung des SbC-Systems an der Alkofener Grundschule ist es erforderlich, dass neben den Schülern auch die Lehrer das SbC-System evaluieren. Wenngleich diese Gruppe mit dem System nicht genauso wie die Schüler arbeiten, so können die Lehrer der Grundschule einen Beitrag zur Produktreife des SbC-Systems leisten, indem sie auch auf die Performanz, auf die Schwächen und Verbesserungsmöglichkeiten hinweisen und zudem eine Einschätzung abgeben, ob sie die SbC-Technologie anderen Schulen weiterempfehlen würden.

Von den sieben an die Lehrer verteilten Fragebögen wurden fünf Fragebögen beantwortet. Nachfolgende Tabelle zeigt die den Lehrern gestellten Fragen:

Frage	Fragestellung
1	Wenn Sie in ihrem Klassenzimmer Computer besitzen, aus welchem Grund suchen Sie den Computerraum auf?
2	Sollte jeder Schüler im Computerraum einen Computer zum Arbeiten haben?
3	Die Schule hat seit Oktober ein neues Computersystem. Die folgenden Fragen vergleichen das alte Computersystem mit dem neuen Computersystem. - Finden Sie das neue Computersystem besser? - Ist das neue Computersystem schneller? - Finden Sie, dass das neue Computersystem zuverlässiger ist? - Ist das Starten der Programme einfacher geworden? - Ist das Arbeiten mit Antolin schneller, gleich schnell oder langsamer geworden? - Ist das Arbeiten mit Budenberg schneller, gleich schnell oder langsamer geworden?
4	Was ist Ihnen positiv am neuen Computersystem aufgefallen?
5	Was ist Ihnen negativ am neuen Computersystem aufgefallen?
6	Welche Verbesserungsmöglichkeiten am neuen Computersystem sehen Sie?
7	Würden Sie das neue Computersystem weiterempfehlen?

Tabelle 4: Fragestellungen des Lehrer-Fragebogens¹³⁰

Aus Sicht der Lehrer wird immer dann der Computerraum aufgesucht, wenn an der Stelle einer computergestützten Gruppenarbeit mit jeweils 6 bis 8 Schülern an den Computern im Klassenzimmer eine computergestützte Klassenarbeit mit allen Schülern erfolgen muss. Dies ist der Fall bei der Bearbeitung von Lernprogrammen für den Englischunterricht oder der Website Antolin zur Lesekontrolle,

¹³⁰ Der Lehrer-Fragebogen befindet sich im Anhang auf S. XXXIII.

wo sich alle Schüler einer Klasse in Zweiergruppen vor den 15 Schülercomputern des Computerraums abwechseln (Frage 1).

Die Problematik der Verdoppelung der Computeranzahl im Computerraum von 15 auf 30 Computer wird in Frage 2 angesprochen. 4 von 5 Lehrern waren der Meinung, dass jeder Schüler genau einen Computer zum Arbeiten haben sollte. Jedes Kind kann dann sofort die Lernaufgabe durchführen und muss nicht warten, bis der Computer wieder zugänglich ist. Somit kann der Aufenthalt im Computerraum deutlich reduziert und die gewonnene Zeit für den weiteren Schulunterricht genutzt werden.

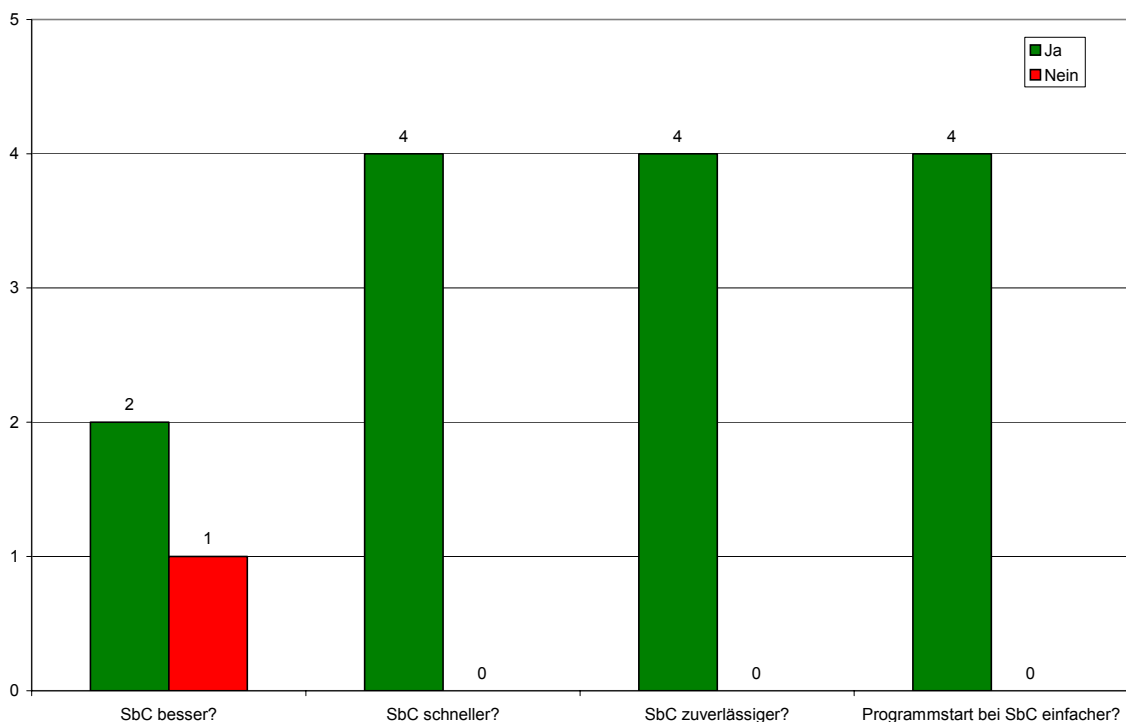


Abbildung 43: Bewertung des SbC-Computersystems

Die für den Erfolg der SbC-Technologie wichtige Frage 3 zeigt, wie in Abbildung 43 dargestellt, ein eindeutiges Ergebnis, wenngleich ein Lehrer diese Frage überhaupt nicht und ein weiterer Lehrer die erste Teilfrage nicht beantworten. Von den drei Lehrern stufen zwei das SbC-System als das bessere System ein. Nur ein Lehrer konnte dieser Aussage nicht zustimmen. Alle vier Lehrer bewerteten das SbC-System als das schnellere und zuverlässigere System und stimmten zudem zu, dass der Start von Programmen am SbC-System einfacher erfolgt.

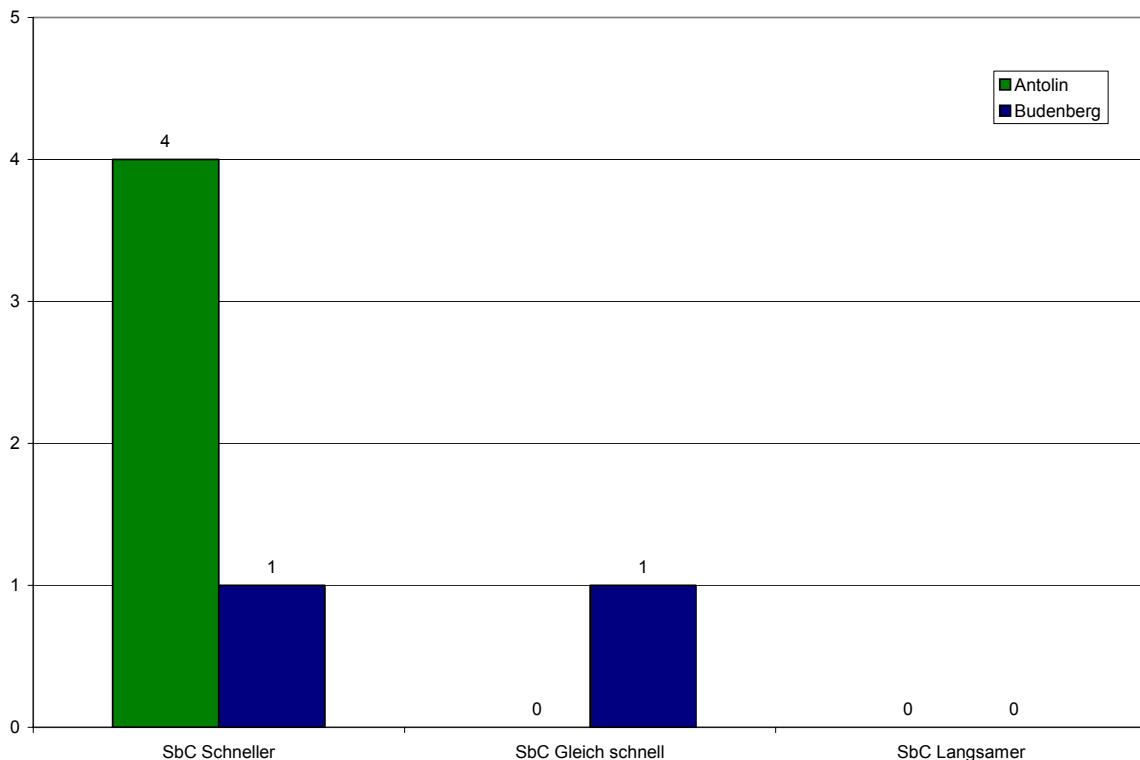


Abbildung 44: Bewertung des SbC-Computersystems Teil 2

Den Bezug zur Arbeitsgeschwindigkeit mit den Lernprogrammen unter dem SbC-System verdeutlicht Abbildung 44. Alle 4 Lehrer waren der Meinung, dass der Seitenaufbau der Website Antolin unter dem SbC-System schneller verläuft. Da nicht alle Lehrer mit der Lernsoftware Budenberg arbeiten, wurde diese Teilfrage von nur zwei Lehrern beantwortet. Während ein Lehrer dem Programm unter dem SbC-System ein schnelleres Arbeiten zuschrieb, konnte der andere Lehrer in diesem Bereich keinen Unterschied feststellen.

Die Frage 5, in denen die Lehrer frei formulieren konnten, was ihnen am SbC-System negativ aufgefallen war, bemerkte ein einziger Lehrer, dass das SbC-System vom Schulpersonal nicht mehr durchschaubar sei. Diese Antwort erscheint im Hinblick auf den praktischen Einsatz in der Schule besonders wichtig, da letztendlich nur eine Technologie langfristig eingesetzt wird, welche auch vom Schulpersonal verstanden und unterstützt wird. Die Lösung dieser Problematik wird in Kapitel VI. behandelt.

Die Möglichkeit zur Abgabe von Verbesserungsvorschlägen wurde den Lehrern in der sechsten Frage gegeben. Leider wurde diese Frage von keinem einzigen Lehrern beantwortet. Daraus lässt sich zum einen schließen, dass kein Bedarf an Verbesserungen existiert und demzufolge das SbC-System im Bereich der Produktreife schon fortgeschritten ist. Zum anderen könnte das auch bedeuten,

dass die Lehrer aufgrund der Komplexität des SbC-Systems nicht in der Lage sind, Verbesserungspotentiale zu erkennen.

Trotz der teilweise zurückhaltenden Antwortbereitschaft fanden die Lehrer auf die Frage, ob sie das SbC-System weiterempfehlen würden, eine eindeutige Antwort. Alle fünf Lehrer empfehlen das SbC-System weiter.

Als Ergebnis der Evaluation des SbC-Systems durch die Lehrer kann festgehalten werden, dass nach der Zustimmung zum SbC-System von Seiten der Schüler auch die Lehrer überwiegend von den Vorteilen der Technologie überzeugt sind.

IV.2.8. Einführung des SbC-Systems

Nach den Weihnachtsferien 2005/2006 wurde von dem Schulleiter in Absprache mit dem Schulträger Stadt Vilshofen beschlossen, dass die bisher vorliegenden, positiven Erfahrungen mit der SbC-Lösung in der Testphase ausreichen, damit die SbC-Technologie nach Abschluss der Testphase am 25. Januar 2006 übernommen werden kann. In Bezug auf die Konzeption musste nichts geändert werden, jedoch musste die Anschaffung der Server-Hardware und der Betriebssystem-Software organisiert werden.

IV.2.8.1. Server-Hardware

Da die Anschaffung der Server-Hardware zusammen mit der Software den finanziellen Rahmen der Schule überstieg und kurzfristig der Schulaufwandsträger die Kosten nicht übernehmen konnte, wurde beschlossen, dass bis Schuljahresende der gestellte Testserver weiter benutzt werden kann. Die Anschaffung der Serverbetriebssystemlizenz und der Terminallizenzen ist für die Einführung jedoch zwingend erforderlich und wird daher im Folgenden besprochen.

IV.2.8.2. Terminalserver-Lizenzen

Bei dem in der Testphase eingesetzten Betriebssystem handelt es sich um Microsoft Windows 2003 Standard. Die in dieser Phase eingesetzte Evaluierungsversion hat eine Laufzeit von 180 Tagen, wobei der Terminalserver 120 Tage temporär Lizenzen ausstellen und somit den Zugriff auf die Terminaldienste in diesem Zeitraum gewährleisten kann. Aufgrund des Ablaufs des Evaluierungszeitraumes Ende Januar 2006 war es notwendig, dass die Schule eine Vollversion dieses Betriebssystems für den regulären Betrieb der SbC-Lösung und die damit erforderlichen Lizenzen erwirbt.

Ein erster Blick in die Lizenzierungsdetails zeigt, dass ein weitergehendes Verständnis der Lizenzpolitik von Microsoft notwendig ist. Deswegen wird im Folgenden auf die im Rahmen der SbC-Lösung notwendigen Lizenzen eingegangen.

Grundsätzlich wird zwischen der Serverlizenz und den Clientlizenzen unterschieden. Für den Einsatz von Microsoft Windows Server 2003 an einer Schule ist die Standard-Serverlizenz ausreichend. Die Terminalserverfunktion ist bereits in der Standardversion von Microsoft Windows Server 2003 enthalten.

Für die Einbindung der SbC-Clients werden mehrere Zugriffslizenzen oder auch im Fachjargon Client Access Licenses (CAL) benötigt. Grundlegend muss jeder Computer, der eine Verbindung zum Server herstellt, eine Client Zugriffslizenz (CAL) besitzen.

Zusätzlich zu den CALs werden für die SbC-Clients Terminalserver-Zugriffslizenzen, so genannte Terminal Server Client Access Licenses (TS-CAL) benötigt. Diese Lizenz ermöglicht den Aufbau einer Terminalsitzung und den Zugriff auf die am Server installierten Anwendungen. Microsoft bietet die TS-CAL mit zwei Optionen an: Die erste Option beinhaltet eine Lizenzierung pro Benutzer (TS user CAL). Hier wird die Terminalserverlizenz mit einem bestimmten Benutzerkonto verbunden, wodurch ausgeschlossen wird, dass zwei unterschiedliche Benutzer nacheinander die gleiche Terminalserverlizenz verwenden können.¹³¹ Diese Version der Lizenzierung ermöglicht es einem Benutzer, sich unabhängig vom Endgerät mit dem Terminalserver zu verbinden, und steigert somit die Flexibilität der Benutzer. Unter Microsoft Windows Server 2000 steht diese Lizenzierungsmethode nicht zur Verfügung.¹³²

Die zweite Option stellt die Lizenzierung pro Gerät (TS device CAL) dar. Bei dieser Option ist die Terminalserverlizenz mit dem Endgerät verbunden und wird unabhängig von dem angemeldeten Benutzer verwendet. Diese Form der Lizenzierung bietet sich beispielsweise bei Call Centren an.¹³³

Eine Kombination der beiden Lizenzformen ist nicht möglich, da die Terminaldienste entweder mit der Option Pro Benutzer oder mit der Option Pro Gerät konfiguriert werden.¹³⁴ Sollte eine Schule bereits Windows 2000/XP Lizenzen besitzen, so ist in dieser Betriebssystemlizenz auch eine TS CAL enthalten, wel-

¹³¹ vgl. Microsoft (2005), S. 1-3.

¹³² vgl. Microsoft (2003).

¹³³ vgl. Madden/Oglesby (2003), S. 73-74.

¹³⁴ vgl. Microsoft (2006).

che dann in der SbC-Umgebung als Terminalzugriffslizenz kostenlos verwendet werden kann. Jedoch muss an dieser Stelle kurz erwähnt werden, dass mit Erscheinen von Microsoft Windows Server 2003 die Betriebssystemäquivalenz wegfällt. Unter Microsoft Windows Server 2000 konnten die im Client-Betriebssystem Microsoft Windows 2000/XP enthaltenen TS-CALs benutzt werden. Die Umwandlung der in Microsoft Windows XP Professional enthaltenen TS-CAL endet mit dem 30.06.2007.¹³⁵

Für die Ermittlung einer einfach zu verwaltenden und kosteneffektiven Lizenzierungsform ist es notwendig, die Nutzung der IT-Ausstattung in der Schule nochmals genauer zu betrachten.

Im Computerraum stehen 15 Schüler- und ein Lehrercomputer zur Verfügung. Die Schülercomputer werden nach der Initialisierung der Terminalsitzung automatisch mit je einem Benutzerkonto verbunden. Am Lehrercomputer wird nach der Initialisierung der Terminalsitzung der Login-Screen angezeigt, wo der Lehrer seinen persönlichen Benutzernamen mitsamt Passwort eingibt. Aufgrund der Forderung, dass die Computer im Falle eines Hardwaredefektes ausgetauscht werden müssen, fällt die Option Lizenzierung pro Gerät weg, da der Änderungsaufwand bei dieser Lizenzierungsform nicht unerheblich ist. Auch ist zu berücksichtigen, dass in der Registry der Clients Lizenzinformationen gespeichert werden und das verwendete Clientbetriebssystem kein Microsoft Produkt ist und damit die Lizenzierung pro Gerät problematisch werden könnte.

Die beiden Klassenzimmer 3a und 4 besitzen jeweils sechs Schülercomputer. Genau wie im Computerraum verbinden sich die SbC-Clients nach der Initialisierung der Terminaldienste automatisch mit je einem Benutzerkonto.

Insgesamt werden für die Terminalsitzungen 27 Benutzerkonten für die Schülercomputer und 5 Benutzerkonten¹³⁶ für die zwei Lehrercomputer benötigt. Bei den Serverzugriffslizenzen (CAL) wird unterschieden, ob der Zugriff auf den Server von einem Lehrer oder von einem Schüler erfolgt. Daher sind für die Lehrer „normale“ CALs notwendig, während die Schüler die Student CALs benötigen. Bei den Terminalserverzugriffslizenzen (TS-CALs) ist keine Unterscheidung zwischen Lehrer und Schüler ersichtlich.

Die Auswahl der Softwarelizenzen erfolgte über Educheck, einer herstellerunabhängigen, kostenlosen und webbasierten Prüfstelle auf der Kunden, Händ-

¹³⁵ vgl. Microsoft (2006b).

¹³⁶ Von den sieben Lehrern haben nur fünf ein eigenes Benutzerkonto angefordert.

ler und Softwarehersteller zusammengebracht werden, um auf einfachste Art Online-Bestellungen für Schulsoftware auszuführen. Normalerweise muss der Kunde bei jeder Bestellung eine Bescheinigung für den Erwerb der Software vorlegen. Durch die Speicherung der Bescheinigung bei Educheck ist dieser Vorgang nicht notwendig.¹³⁷

Pos.	Bezeichnung	Anzahl	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	MS Windows Server Standard 2003 Open Academic Lizenz Deutsch	1	136 €	136 €
2	MS Windows Server Standard 2003 Disk Kit Deutsch	1	42 €	42 €
3	MS Windows Server 2003 Student User CAL Open Academic Lizenz	27	1 €	27 €
4	MS Windows Server 2003 (Lehrer) User CAL Open Academic Lizenz	5	8 €	40 €
5	MS Windows Terminal Server 2003 Student User CAL Open A Lizenz	32	28 €	896 €
6	Verpackung, Versand	1	20 €	20 €
			Summe	1161 €

Tabelle 5: Lizenzkosten der Grundschule Alkofen

Wie in Tabelle 5 ersichtlich ist, muss eine Microsoft Windows Server 2003 Standardlizenz und ein Disk Kit für den Erhalt der Installations-CD angeschafft werden. Die restlichen Positionen mit Ausnahme der Versand und Verpackung beinhalten die für den Zugriff auf den Terminalserver notwendigen Lizenzen. Insgesamt musste die Grundschule Alkofen 1.161 € für die Lizenzierung investieren.

Etwas unverständlich erschien die Preispolitik von Microsoft, da der Preis für eine TS-CAL (Pos. 5) zum Jahreswechsel 2005/2006 von 18 € auf 28 € (+55 %) angehoben wurde¹³⁸ und sich somit die Lizenzierungskosten von 841 € auf 1.161 € erhöht haben.

IV.2.9. Ergebnis der ersten Fallstudie

Die Auswahl der Schule als Untersuchungsobjekt der Arbeit, die sehr gute Zusammenarbeit mit dem Schulleiter und den Lehrern der Grundschule Alkofen und die zwischen fünf und sieben Jahre alte IT-Ausstattung der Schule bildeten eine sehr gute Ausgangsposition für die Realisierung der SbC-Technologie an der Grundschule.

¹³⁷ vgl. Educheck (2006).

¹³⁸ Es wurde nach dem Grund der kurzfristigen, nicht angekündigten Preiserhöhung zum 01.01.2006 per Email bei Microsoft angefragt, jedoch ohne Erfolg. Daher wurde bei dem Educheck-Partner telefonisch nachgefragt. Die Aussage des Mitarbeiters ließ darauf schließen, dass der Hersteller diese Lizenz in die nächste Preiskategorie eingestuft hat und sich somit diese Preiserhöhung ergeben hat.

Die Voruntersuchung mit der anschließenden IST-Aufnahme und der IST-Analyse konnte an einem Tag durchgeführt werden und bildete die Informationsgrundlage für die weiteren Schritte.

Wie in Kapitel IV.2.2. bereits gezeigt wurde, arbeiten etwa die Hälfte der Computer an der Schule mit Prozessoren zwischen 133 MHz und 233 MHz. Da dieser Geschwindigkeitsbereich das untere Ende der Hardwareunterstützung seitens des SbC-Clientbetriebssystems markiert, mussten diese SbC-Clients in der Testphase besonders beobachtet werden.

Die Migration der vorhandenen P2P-Technologie zur SbC-Technologie konnte zügig durchgeführt werden und verlief problemlos. Auch die vom Schulleiter geforderte Bedingung, dass der vorgefundene Zustand der IT-Ausstattung jederzeit wieder aktiviert werden kann, konnte erfüllt werden, indem das Betriebssystem mit den installierten Anwendungen der Computer unangetastet gelassen wurde. Nur bei einer eingelegten Bootdiskette wurde das SbC-Clientbetriebssystem vom SbC-Server geladen.

Im Verlauf der Testphase zeigten sich keinerlei Hinweise, dass es zu größeren Problemen aufgrund der veralteten Hardware gekommen wäre. Einzig und allein die veralteten Batterien mussten bei einigen älteren Computern ausgetauscht werden, da diese Computer sofort nach dem Einschalten eine BIOS-Fehlermeldung angezeigt haben. Auch konnte festgestellt werden, dass der Start der 133-MHz-Computer bis zum Erscheinen des Windows-Desktops im Vergleich zu den 433-MHz-Computern merkbar langsamer verläuft.

In der Testphase arbeitete das SbC-System insgesamt stabil und performant. Nur am Freitag, den 21. Oktober 2005 musste der SbC-Server vom Schulleiter kurzfristig durchgestartet werden, da die SbC-Clients im Computerraum keine Verbindung zum SbC-Server herstellen konnten. Der computergestützte Unterricht konnte am gleichen Schultag nachgeholt werden.

Die Performanz und die Zuverlässigkeit des SbC-Systems wurden von den Lehrern und von den Schülern in einem Fragebogen beurteilt. Die Ergebnisse dieser Evaluation zeigen, dass das SbC-System als das schnellere und zuverlässigere System angesehen wurde. Zudem konnte auch festgestellt werden, dass die Lehrer die SbC-Technologie weiterempfehlen würden.

Die Anstrengungen des Schulleiters, die SbC-Technologie nach Abschluss der Testphase an der Alkofener Grundschule weiter zu betreiben, kann als weiterer Vertrauensbeweis in diese Technologie angesehen werden. Der Schulleiter wä-

re nach Abschluss der Testphase jederzeit in der Lage gewesen, den alten Zustand der IT-Ausstattung auf den Computern zu aktivieren.

Auch die Optimierung des Tischkonzeptes für den Einsatz von Computern in den beiden Klassenzimmern konnte aus technischer und ergonomischer Sicht den Schulleiter überzeugen, so dass die notwendigen Investitionen kurzfristig getätigt werden konnten.

Am Ende der Testphase wurde zusammen mit dem Schulleiter der im Rahmen der Konzeption erstellte Anforderungskatalog an das SbC-System überprüft. Dabei konnte der Schulleiter feststellen, dass sämtliche Bedingungen erfüllt wurden.

Trotz dieser positiven Ergebnisse darf nicht vergessen werden, dass der Schulleiter als einzigen Nachteil die Komplexität des SbC-Systems und die damit verbundene Hilflosigkeit bei größeren Problemen angeführt hatte. Daher soll ermittelt werden, in welcher Form ein kompetenter Partner den Schulen beim Aufbau und Betrieb der SbC-Technologie zur Seite stehen kann. Dieser Ansatz wird in Kapitel VI. aufgegriffen.

Die nachfolgende zweite Fallstudie soll nun zeigen, inwieweit die SbC-Technologie auch den Ansprüchen an einer Hochschule im Rahmen einer Lehrveranstaltung gerecht werden kann.

IV.3. Fallstudie Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I

Fast zeitgleich zur Fallstudie an der Grundschule Alkofen startete mit Beginn des Wintersemesters 2005/2006 vom 19. Oktober 2005 bis zum 24. Februar 2006 die zweite Fallstudie am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I der Universität Passau.

Im Rahmen der Veranstaltung "Praktikum zu ERP-Systemen" machten sich die 27 Studenten und Studentinnen in drei Gruppen mit einer maximalen Teilnehmerzahl von 10 Personen im Seminarraum des Lehrstuhls mit der ERP-Anwendung Microsoft Navision 4.0 vertraut.

Mit dem genannten Hintergrund verfolgt diese Fallstudie das Ziel, die SbC-Technologie innerhalb einer Lehrveranstaltung an der Hochschule erfolgreich einsetzen zu können.

IV.3.1. Voruntersuchung

Die Betrachtung der IT-Ausstattung im Seminarraum zeigte, dass die geforderten 10 Studenten-Computerarbeitsplätze und ein Dozenten-Computerarbeits-

platz aus eigenen Beständen mit den drei Hilfskraft-Computern und dem Ersatzcomputer für das Praktikum nicht aufgebracht werden konnte. Demzufolge wurde im Rechenzentrum der Universität nachgefragt, ob Computer mit einer Prozessorleistung zwischen 100 und 400 MHz und mindestens 16 MB Arbeitsspeicher für diese Veranstaltung ausgeliehen werden könnten. Der zuständige Mitarbeiter war über diese ungewöhnliche Anfrage überrascht und schilderte, dass zwischen 20 und 30 Rechner mit der geforderten Ausstattung im Keller des Rechenzentrums auf die Entsorgung¹³⁹ warten. Daher sei eine Leihgabe unproblematisch.

IV.3.2. IST-Zustand

Nach Abschluss der Voruntersuchung wurden vom Rechenzentrum sieben Computer ausgeliehen und im Seminarraum aufgestellt. Anschließend wurde der IST-Zustand des Lehrstuhlnetzwerkes, des Serverraums und des Seminarraums ermittelt.

IV.3.2.1. Netzwerk des Lehrstuhls

Der Lehrstuhl besitzt ein eigenes Subnetz, welches im Netzwerk der Universität über einen zentralen, vom Rechenzentrum betreuten Switch integriert ist. Abbildung 46 zeigt einen vereinfachten Überblick über den Aufbau des Netzwerkes und der an der Fallstudie beteiligten Räume.

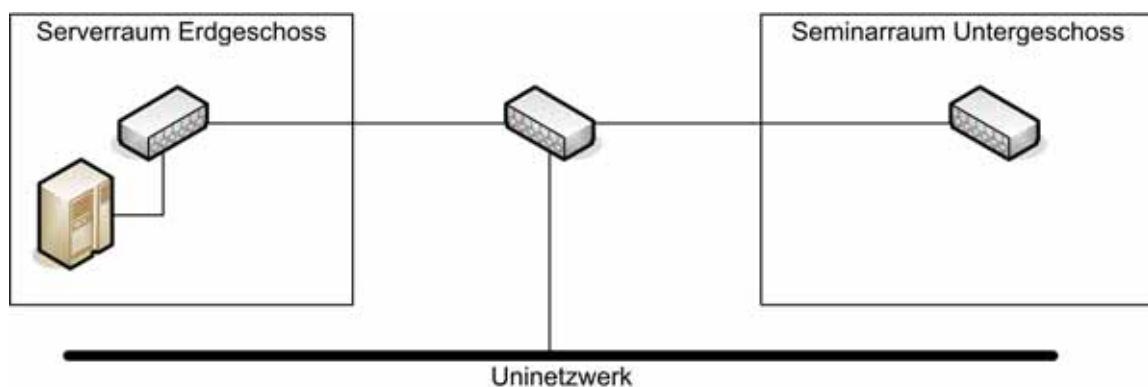


Abbildung 45: Schematische Darstellung des Lehrstuhlnetzwerkes

Der zentrale Switch ermöglicht die Verbindung der Computer im Seminarraum mit dem Server im Serverraum im Erdgeschoss. Der Anschluss an das Netzwerk der Universität gestattet den Zugriff auf die vom Rechenzentrum bereitgestellten Dienste, wie z.B. den Zugriff auf das Internet und auf die Novell-Services.

¹³⁹ Nach der Aussage eines Rechenzentrums-Mitarbeiters der Universität Passau werden Computer mit einer Prozessorleistung von bis zu 400 MHz entsorgt.

IV.3.2.2.Serverraum

Im Serverraum des Lehrstuhls steht ein für das ERP-Praktikum vorgesehener HP Netserver LH 6000r bereit. Die Hardwareausstattung dieses Servers beinhaltet vier Intel Pentium III Xeon Prozessoren mit 700 MHz, einen Arbeitsspeicher von 4 GByte und 4 SCSI-Festplatten im RAID5-Verbund mit jeweils 17,4 GB und einer 36 GB SCSI-Backupfestplatte.

IV.3.2.3.Seminarraum ZB14

Der Seminarraum des Lehrstuhls war vor Beginn der Fallstudie mit drei Computern für die Hilfskräfte und einem Ersatzcomputer ausgestattet. Nachfolgende Tabelle zeigt die Hardwareausstattung des Seminarraums inklusive der sieben vom Rechenzentrum ausgeliehenen Computer.

	PC01	PC02	PC03	PC04
Prozessor (MHz)	Intel Celeron 400	Intel Celeron 400	Intel Pentium III 800	Intel Pentium III 800
Arbeitsspeicher	64 MB	64 MB	256 MB	256 MB
Grafikkarte	Elsa S3 Trio 3D/2X	Elsa S3 Trio 3D/2X	ATI Rage 128 Pro	ATI Rage 128 Pro
Netzwerkkarte	DEC 21041 TulipPlus	DEC 21041 TulipPlus	Realtek RTL8139	Realtek RTL8139
Soundkarte	Creative SB128ES1371	Creative SB128ES1371	Creative SB128ES5880	Creative SB128ES5880
Floppy	ja	ja	ja	ja
Laufwerk	40xCD-Rom	12xDVD-Rom	32xCD-Rom	32xCD-Rom
Festplatte	4 GB	4 GB	10 GB	10GB
Monitor	17" Philips 17B	17" Philips 17B	17" Philips 17B	17" Philips 17B
	PC05	PC06	PC07	PC08
Prozessor (MHz)	Intel Celeron 400	Intel Celeron 400	Intel Pentium II 333	Intel Celeron 400
Arbeitsspeicher	64 MB	64 MB	64 MB	64 MB
Grafikkarte	Elsa S3 Trio 3D/2X	Elsa S3 Trio 3D/2X	2 MB S3 Trio 64V2/DX	Elsa S3 Trio 3D/2X
Netzwerkkarte	SMC 9432BTX	SMC 9432BTX	Intel Pro 1100S	DecChip 21041TulipPlus
Soundkarte	-	-	-	Creative SB128 ES1371
Floppy	ja	ja	ja	ja
Laufwerk	-	Pioneer DR124 SCSI	32xCD-Rom	40xCD-Rom
Festplatte	4 GB	4 GB	4 GB	4 GB
Monitor	17" Philips 17B	17" Philips 107B	17" Philips 107B	17" Philips 107B
	PC09	PC10	PC11	
Prozessor (MHz)	AMD Duron 1100	Intel Pentium II 233	Intel Pentium II 233	
Arbeitsspeicher	256 MB	128 MB	128 MB	
Grafikkarte	32 MB NvidiaRivaTNT2	ATI Rage LT Pro	ATI Rage LT Pro	
Netzwerkkarte	Realtek RTL8139	Realtek RTL8139	Realtek RTL8139	
Soundkarte	VIA AC97	-	-	
Floppy	ja	ja	ja	
Laufwerk	16xDVD-Rom	6xCD-Rom	8xCD-Rom	
Festplatte	20 GB	2 GB	2 GB	
Monitor	21" Sony GDM-F520	17" Philips 17B	17" Philips 17B	

Tabelle 6: Hardwareausstattung des Seminarraums

Auf die IST-Aufnahme der Softwareausstattung der im Seminarraum aufgestellten Computer wurde verzichtet, da die vom Rechenzentrum ausgeliehenen Computer und der lehrstuhleigene Ersatzcomputer PC07 kein Betriebssystem aufweisen. Die Softwareausstattung der drei Hilfskraft-Computer PC03, PC04

und PC09 besteht nur aus dem Office 2000 Premium-Paket, der Druckersoftware und der Novell-Clientsoftware.

Die in der IST-Aufnahme ermittelten Komponenten arbeiten in einer Client-Server-Umgebung, da sich die Computer an einem Novell-Server des Rechenzentrums und an einem lehrstuhleigenen Server anmelden und auf die Dienste dieser Server zugreifen.

IV.3.3. IST-Analyse

Das Netzwerk des Lehrstuhls ist für die Errichtung des SbC-Systems sehr gut geeignet. Nur der Seminarraum weist eine zu geringe Anzahl an Netzwerkan-schlüssen für die insgesamt 11 Computer auf. Daher musste vor Beginn der Migration ein zusätzlicher Switch im Seminarraum aufgestellt werden.

Die Vernetzung des Serverraums und der darin aufgestellte HP Netserver erfüllen die Voraussetzungen für die Installation und den Betrieb in einer SbC-Umgebung.

Die Ausstattung des Seminarraums zeigt im Bereich der Hardwarekomponenten aufgrund der Zusammenstellung der Computer aus dem Lehrstuhlbestand und aus dem Bestand des Rechenzentrums ein heterogenes Bild.

Anhand der Informationen in Tabelle 6 kann festgestellt werden, dass die Prozessorgeschwindigkeit zwischen 233 MHz und 1100 MHz liegt. Des Weiteren ist der Arbeitsspeicher mit einer Größe von 64 MB bis zu 256 MB ausreichend dimensioniert. Die Kapazität der eingebauten Festplatten beträgt zwischen 2 und 8 GByte. Die aufgestellten Monitore besitzen alle eine Bildschirmdiagonale von mindestens 17".

Allein die Betrachtung der wichtigsten Hardwareinformationen lässt darauf schließen, dass selbst die Installation von Microsoft Windows XP und der betriebswirtschaftlichen Standardsoftware Microsoft Navision 4.0 als Clientversion auf den vergleichsweise schnellen lehrstuhleigenen Computern nicht empfehlenswert erscheint. Eine Installation des aktuellen Betriebssystems und der Standardsoftware auf den vom Rechenzentrum gelieferten Computern kann aufgrund der veralteten Hardware ausgeschlossen werden.

IV.3.4. Konzeption

Die primäre Funktion des Seminarraums und der darin aufgestellten Computer besteht darin, dass sich die an der Veranstaltung "Praktikum zu ERP-Systemen"

teilnehmenden Studenten und Studentinnen in drei Gruppen mit der ERP-Anwendung Microsoft Navision 4.0 vertraut machen.

Für die Arbeit mit Microsoft Navision ist es zwingend erforderlich, dass jeder Student eine eigene, passwortgeschützte Navisionumgebung erhält. Diese Umgebung beinhaltet den Zugriff auf die ERP-Anwendung Navision über die Navision-Clientsoftware, auf das Office-Paket OpenOffice 2.0, auf den Internet Explorer 6.01 SP2 und auf die Alternative Mozilla Firefox 1.02. Für das Erlernen der ERP-Anwendung müssen alle Studenten zudem einen Zugriff auf die Schulungsunterlagen im PDF-Format erhalten. Zur Speicherung der von den Studenten erstellten Dateien und der jedem einzelnen Studenten zugewiesenen Datenbank muss ein Ordner für jeden Studenten eingerichtet und vor dem Zugriff Dritter geschützt werden.

Neben dieser aufgezeigten Funktion des Seminarraums müssen auch die studentischen Hilfskräfte ihrer Arbeit an den bisher verwendeten Computern unter Verwendung der Novell-Dienste des Rechenzentrums nachgehen können. Aufgrund der Tatsache, dass im Seminarraum vor Beginn dieser Fallstudie nur drei Computerarbeitsplätze für die Hilfskräfte aufgestellt waren und nun Platz für bis zu elf Computer geschaffen werden soll, musste eine neue Raumaufteilung erstellt werden. Abbildung 46 zeigt den Seminarraum mit den zehn Studenten-Computerarbeitsplätzen und dem Dozenten-Computerarbeitsplatz.

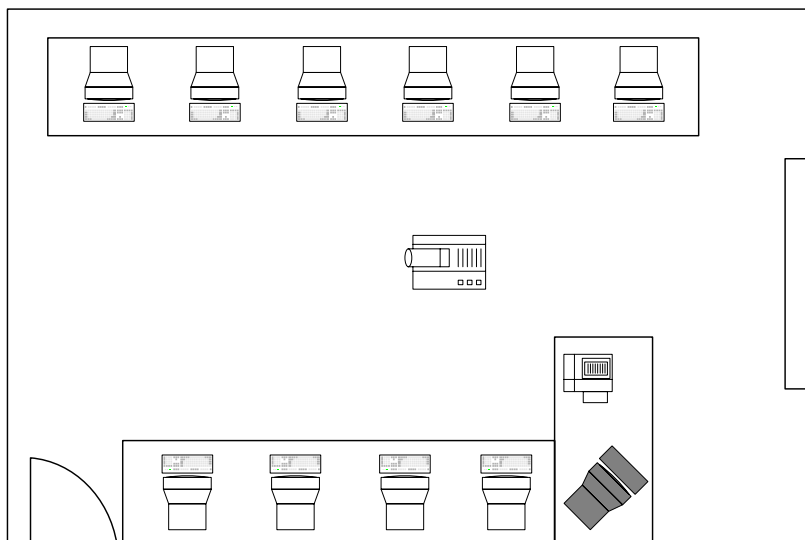


Abbildung 46: Computerausstattung des Seminarraums ZB14

Der Seminarraum ist mit einem lehrstuhleigenen Beamer für die Veranstaltung ausgerüstet. Auch sollte der von den Hilfskräften benutzte Drucker am Arbeitsplatz des Dozenten von den Studenten benutzt werden können.

IV.3.5. Migration

Die einzelnen Schritte der Migration von der C/S-Technologie zur SbC-Technologie werden aufgrund der in Kapitel IV.2.5. detailliert beschriebenen Vorgehensweise durchgeführt.¹⁴⁰ Die in den zuvor erstellten Tabellen festgehaltenen Hardwareinformationen werden auf der Basis von gleichen Komponentenausstattungen zu Computerkonfigurationen gruppiert und in Form von Matrizen auf migrationsrelevante Informationen reduziert.¹⁴¹ Anschließend werden die Computer, die die technischen Mindestanforderungen nicht erfüllen oder deren Hardware vom SbC-Clientbetriebssystem nicht unterstützt wird, aussortiert bzw. mit kompatibler Hardware versehen.

Legende Migrationsmatrix:

Konfiguration		Computernummern	
Prozessor	Arbeitsspeicher		
Netzwerkkarte	Grafikkarte		

SR01	03, 04		
800	256		
1	1		

SR02	01, 02, 08		
400	64		
2	2		

SR03	05, 06		
400	64		
3	2		

SR04	10, 11		
233	128		
0	4		

SR05	09		
1100	256		
1	3		

SR06	07		
333	64		
4	5		

Netzwerkkartenübersicht			
Nr	Bezeichnung	Chipsatz	Treiber
1	Realtek RTL8139	RTL8139	8139too
2	DEC 21041 TulipPlus	Tulip	tulip
3	SMC 9432BTX	9432BTX	-
4	Intel Pro 1100S	Intel p110	-

Grafikkartenübersicht			
Nr	Chipsatz	Speicher	Treiber
1	ATI Rage 128 Pro	32 MB	xorg6-r128
2	Elsa S3 Trio 3D/2X	4 MB	xorg6-s3
3	Elsa Riva 128 TNT	32 MB	-
4	ATI Rage LT Pro	8 MB	xorg6-ati

Abbildung 47: Migrationsrelevante Informationen zum Computerraum

¹⁴⁰ Auch wenn in der ersten Fallstudie die Migration von einer P2P-Umgebung als Ausgangstechnologie beschrieben wird, können die dort aufgezeigten Schritte auch für die C/S-Umgebung weiterverwendet werden.

¹⁴¹ Da für den Seminarbetrieb keine Soundausgabe erforderlich ist, wird auf die Analyse der Soundkartenkomponenten für die SbC-Technologie verzichtet.

Es kann festgestellt werden, dass die Computer der Konfigurationen SR01, SR02 und SR04 ohne Änderungen in die Migration mit aufgenommen werden können. Die Computer PC05 und PC06 mit der Konfiguration SR03 besitzen eine nicht unterstützte Netzwerkkarte, welche jeweils ausgetauscht werden muss. Die Grafikkarte des Computers PC09 der Konfiguration SR05 muss ausgewechselt werden, da das SbC-Clientbetriebssystem keine Unterstützung für diese Hardwarekomponenten vorsieht. Auch besitzt der Computer PC07 der Konfiguration SR06 eine nicht unterstützte Netzwerkkarte.

Analog zu der im Kapitel IV.2.5.3 beschriebenen Vorgehensweise wurde der HP Netserver als SbC-Server mit einer Navisionumgebung installiert und konfiguriert.

IV.3.6. Teststellung

Mit dem Beginn des Semesters wurde die Testphase für das SbC-System eingeleitet. In dieser Phase muss das System beweisen, ob es aus technischer Sichte für Lehrzwecke geeignet ist. Daher wurden verschiedene Informationen während der Veranstaltungstermine protokolliert und analysiert. Auch wurden Probleme, die während und außerhalb der Veranstaltung aufgetreten sind, notiert.

IV.3.6.1. Leistungsdatenerhebung des SbC-Systems

Zur Überprüfung der Performanz des SbC-Systems wurden in der Testphase zu den einzelnen Veranstaltungsterminen die erforderlichen Daten auf dem SbC-Server ermittelt. Dabei wurde analog zum Kapitel IV.2.6.5 auf die einzelnen Datenobjekte mit den entsprechenden Leistungsindikatoren zurückgegriffen. Zur weiteren Verdeutlichung der Leistungsdatenerhebung und der daraus zu gewinnenden Erkenntnisse werden die Leistungsindikatoren der Datenobjekte Prozessor und physikalischer Datenträger für den 12.01.2006 in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Dabei wird die Prozessor- und die Festplattenauslastung in Abhängigkeit von der Anzahl der Terminalsitzungen für die erste Gruppe zwischen 10.15 Uhr und 11.50 Uhr und für die zweite Gruppe zwischen 12.30 Uhr und 14.00 Uhr angezeigt.

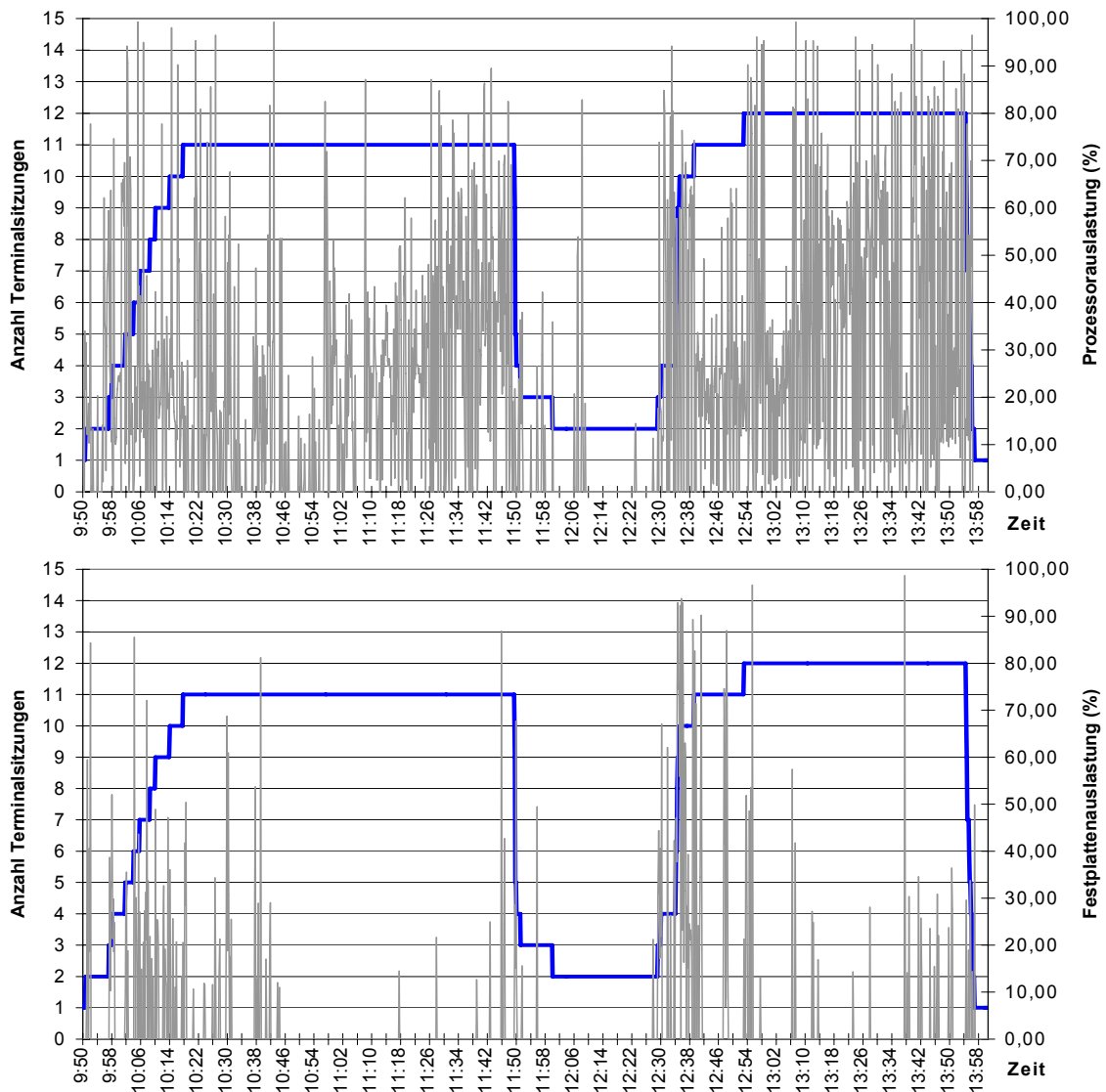


Abbildung 48: Prozessor- und Festplattenauslastung der ersten und zweiten Gruppe

Am 12.01.2006 wurde von den Studenten eine betriebswirtschaftliche Fallstudie in Microsoft Navision bearbeitet. Daher wurde das SbC-System während der 90 Minuten ununterbrochen von beiden Gruppen genutzt.¹⁴²

In Abbildung 48 ist ersichtlich, dass die Prozessoren über den Zeitraum der ersten Gruppe kontinuierlich auf niedrigem bis mittleren Niveau ausgelastet sind. Die Auslastung der Prozessoren für die zweite Gruppe bewegt sich auf einem höheren Niveau. Das Festplattensystem wurde von beiden Gruppen zu Beginn der jeweiligen Veranstaltung durch den Aufbau einer Terminalsitzung und dem Start von Microsoft Navision stärker beansprucht, wobei sich im Verlauf der Ver-

¹⁴² Obwohl in der ersten Gruppe (10.15 Uhr bis 11.45 Uhr) nur 10 Studenten anwesend waren zeigt die Abbildung 48 elf Terminalsitzungen an. Zur Aufzeichnung der Leistungsindikatoren wurde unter der Verwendung des Administratorkontos eine zusätzliche Sitzung aufgebaut. In der zweiten Gruppe (12.30 Uhr bis 14.00 Uhr) ist aus der dritten Gruppe ein Student erschienen und hat den Dozentencomputerarbeitsplatz belegt.

anstellung die Festplattenauslastung auf einem niedrigen Niveau bewegt. Nur beim Beenden der Terminalsitzungen sind vermehrt Festplattenaktivitäten zu beobachten gewesen.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die Prozessoren stärker als das Festplattensystem beansprucht werden und daher die Ausstattung des Servers mit schnellen Prozessoren eindeutig Vorrang besitzt.

IV.3.6.2. Aufgetretene Probleme innerhalb der Testphase

In der vierten Woche der Veranstaltung war bei einem SbC-Client ein Abbruch der Terminalverbindung zu sehen. Nach der Veranstaltung wurde dieser Client untersucht und es wurde festgestellt, dass das angeschlossene Netzwerkkabel einen Wackelkontakt aufwies. Ein Austausch des Netzwerkkabels an diesem SbC-Client behob den Fehler. Nach den Weihnachtsferien konnte ein ähnlicher Fehler an einem anderen SbC-Client festgestellt werden. Der Fehler entstand durch einen nicht funktionierenden Einrasthaken in der Netzwerkkarte des Clients. Zwar schien es, dass das Netzwerkkabel optisch eingerastet war, jedoch konnte dieses durch leichtes Bewegen des Netzwerkkabels mit der Hand aus der Netzwerkkartenbuchse rutschen und somit einen Verbindungsabbruch erwirken. Der Austausch der Netzwerkkarte beseitigte dieses Problem.

Während der Arbeit mit Navision zeigte sich im Seminarraum an mehreren SbC-Clients das Problem, dass bei einigen Navision-Formularen keine seitlichen Scrollbalken angezeigt wurden. Auch funktionierten einige Pushup-Buttons und Lookup-Buttons beim Anklicken mit der Maus nicht. Nach einer telefonischen Supportanfrage bei Microsoft konnte ermittelt werden, dass einige dieser Probleme bekannt waren und mit einem Hotfix für diese Navision-Version behoben werden sollten. Somit lag der Fehler nicht im Bereich der SbC-Technologie.

IV.3.7. Evaluation

Die Überprüfung des eingangs erwähnten Ziels erfolgte mit Hilfe der Evaluation. Dabei soll die Evaluation nicht nur der Ermittlung der Zielerreichung, sondern auch der Qualitätssicherung und der Verbesserung dienen.

Als Verfahren zur Datenerfassung wurde eine Befragung der Praktikumsteilnehmer per E-Mail verwendet. Dieses Verfahren zeichnet sich vor allem durch Einfachheit und Schnelligkeit aus. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, dass die Teilnehmer mit Ausnahme der Fragen 1 und 3 die Antworten frei formulieren konnten. Es wurden den Teilnehmern folgende fünf Fragen gestellt:

Frage	Fragestellung
1	Würden Sie zustimmen, dass die Verfügbarkeit der terminalbasierten Navision-Umgebung während des Wintersemesters 2005/2006 "sehr gut", "gut", "befriedigend", "ausreichend" oder "ungenügend" war.
2	War die Performanz bei der Bedienung der Windows-Oberfläche und der Navision-Anwendung im Seminarraum ZB14 mit einem neuen Windows-XP basierten Computer oder Notebook vergleichbar?
3	Haben Sie von zu Hause aus auf die Navision-Umgebung zugegriffen?
4	Wenn Sie Frage 3 mit JA beantwortet haben: Konnten Sie von zu Hause gut arbeiten und wie war die Performanz? Geben Sie den Verbindungstyp ("Modem", "ISDN", "DSL≤1000", "DSL2000", "DSL3000", "DSL6000", ...) an.
5	Was wäre Ihrer Meinung nach im Rahmen des Praktikums an der Arbeitsumgebung zu verbessern?

Tabelle 7: Fragenkatalog zur Befragung der Teilnehmer am Praktikum zu ERP-Systemen

Es wurde eine Rücklaufquote von 85 % erreicht; von den 27 verschickten E-Mails gingen 23 Antworten ein.

Normalerweise wird die Verfügbarkeit von Computersystemen als Betriebsdauer pro Zeiteinheit angegeben. Frage 1 sollte vielmehr den subjektiven Eindruck über die Verfügbarkeit der Navision-Umgebung ausgedrückt durch die Schulnoten 1 bis 5 während des Wintersemesters ermitteln.

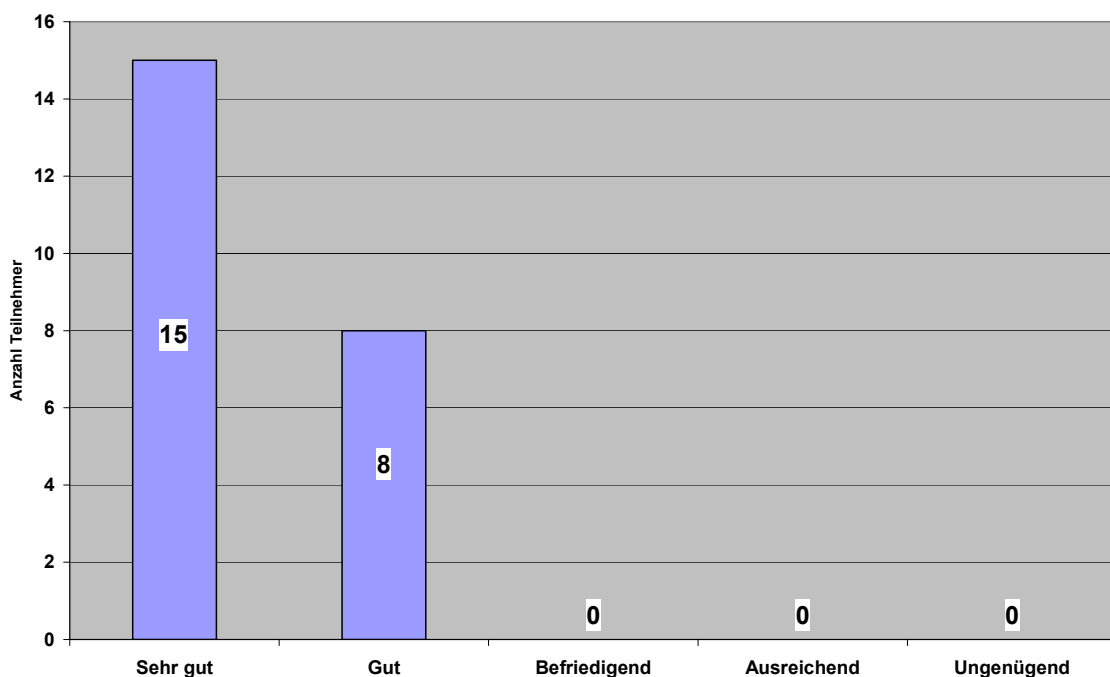


Abbildung 49: Verfügbarkeit der Navision-Umgebung im Wintersemester 2005/2006

Die Antworten der Studenten wurden in Abbildung 49 grafisch festgehalten und zeigen, dass die Verfügbarkeit der terminalbasierten Navision-Umgebung sehr hoch anzusetzen ist. Von den 23 beantworteten EMails bewerteten 15 Teilnehmer die Systemverfügbarkeit mit der Note "Sehr gut", acht Teilnehmer mit der Note "Gut".

Die während des ERP-Praktikums eingesetzte Clienthardware der SbC-Umgebung gehört sicherlich zu derjenigen Kategorie, die an einer Hochschule oder an einem Unternehmen unter normalen Umständen ausgetauscht werden müsste. Daher ist es interessant, zu wissen, ob die veraltete Hardware in einer SbC-Umgebung den Eindruck bei den Studenten vermittelt hat, dass die Performanz bei der Bedienung der Windows-Oberfläche und der Navision-Anwendung der eines auf Microsoft Windows XP basierten neuen Computers oder Notebooks entspricht. Frage 2 soll diese Thematik behandeln.

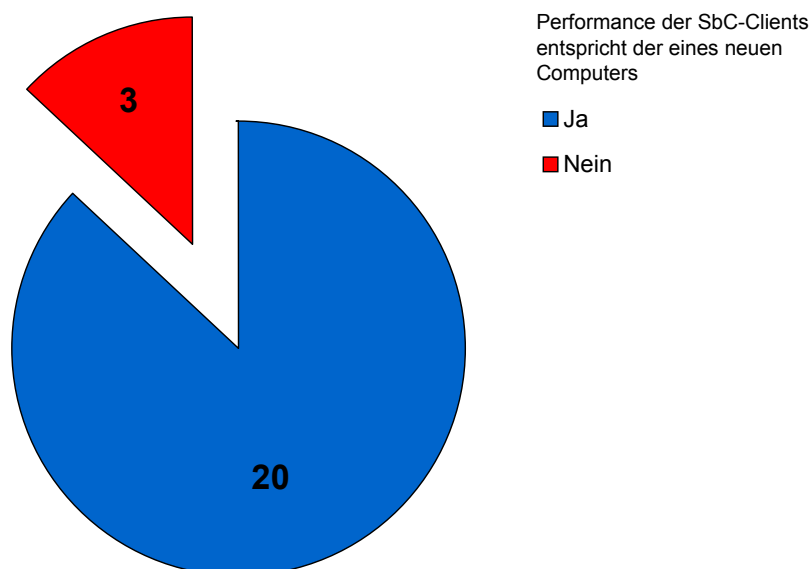


Abbildung 50: Performanzvergleich der SbC-Umgebung mit neuem Computer

20 von 23 Studenten stimmten dieser Aussage zu. Drei Studenten konnten leichte Performanzeinbußen feststellen. Die angegebenen Gründe dieser Studenten zeigen, dass einige Studenten das Konzept des Server based Computings nicht verstanden haben. Aussagen wie "Die veralteten Clients sind nicht so modern wie in den studentischen PC-Pools"¹⁴³ verdeutlichen ein deutliches Wissensdefizit über die eingesetzte Technologie. Eigene Beobachtungen während des Praktikums untermauern diese Fehleinschätzung seitens der Studenten. Aufgrund der optisch und technisch veralteten Ausstattung der SbC-Clients lie-

¹⁴³ Nach der Aussage eines Teilnehmers in seiner E-Mail-Antwort.

ßen sich einige Studenten bei der Bewertung der Performanz des SbC-Systems täuschen.

Ein wichtiger Punkt stellt auch der Remote-Zugang zur Navision-Umgebung in der Wohnung der Studenten dar. Hierzu wurde den Studenten zu Beginn der Veranstaltung und mehrmals auf Anfrage erklärt, mit welchem Programm und mit welchen Einstellungen der Zugriff auf die Navision-Umgebung remote erfolgen kann. Wie viele Studenten von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht haben, soll Frage 3 aufzeigen.

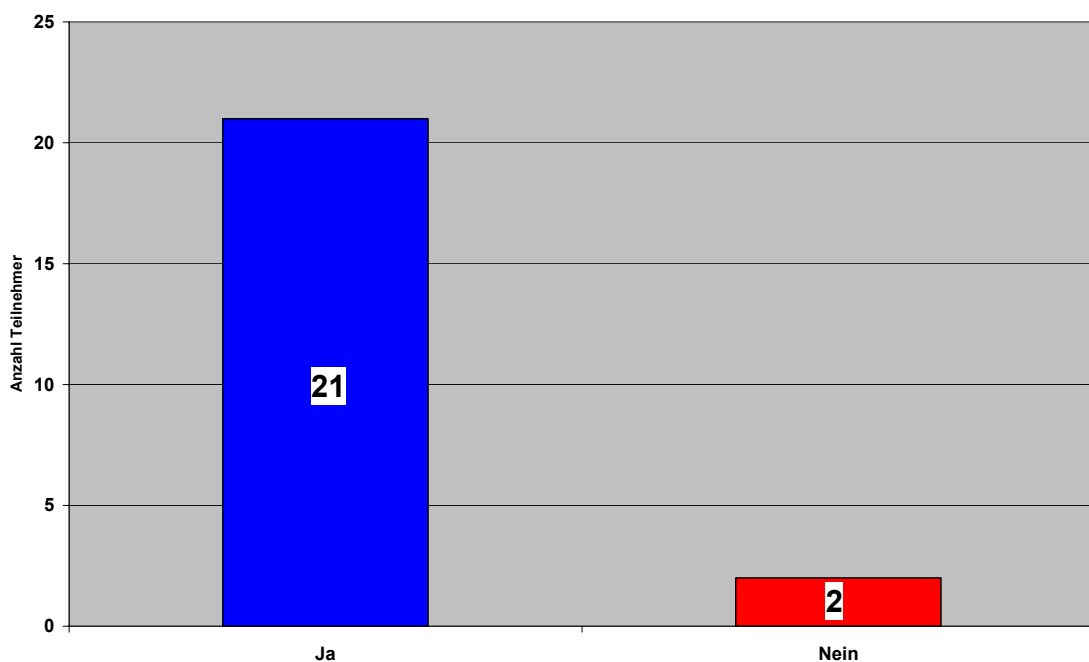


Abbildung 51: Remote-Zugriff auf die Navision-Umgebung

21 von 23 Studenten griffen über die Remote Desktop Clientsoftware von Microsoft auf Navision zu. Nur zwei Studenten verzichteten auf diese Möglichkeit, da in ihrer Wohnung kein Internetzugang existierte.

Neben dem Wissen, wie viele Studenten einen Remote-Zugriff ausführten, ist es interessant herauszufinden, wie das Arbeiten mit der Navision-Umgebung in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Internetverbindung erfolgte. Frage 4 geht auf diese Thematik ein.

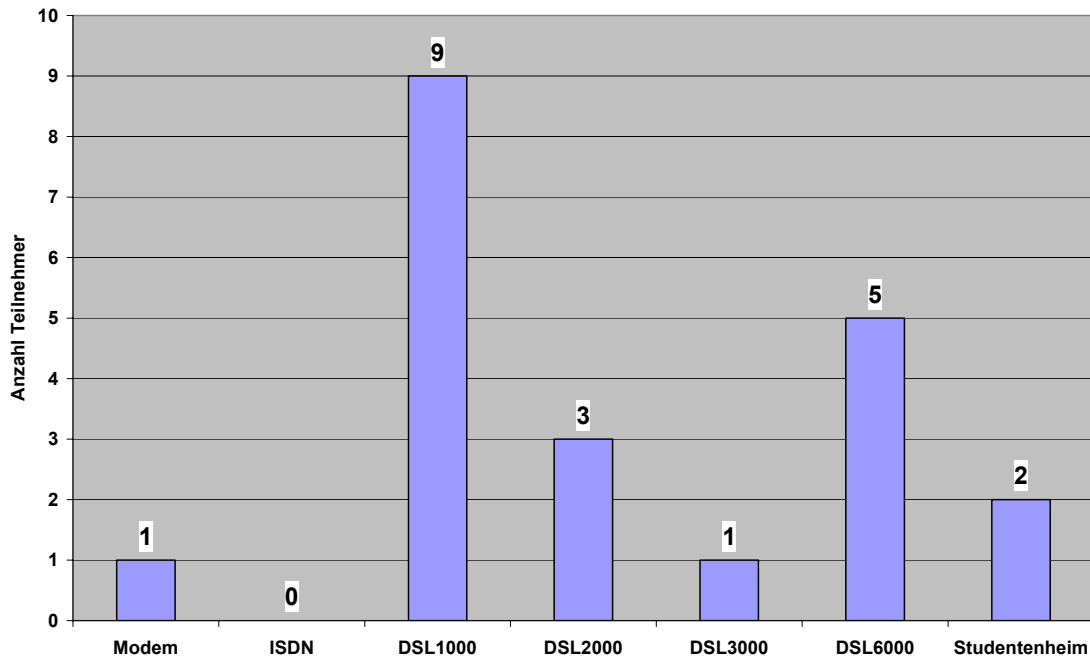


Abbildung 52: Remote-Zugriff auf die Navision-Umgebung mit Angabe des Verbindungstyps

Von den 21 Studenten griffen neun Studenten über eine DSL1000-¹⁴⁴, drei Studenten über eine DSL2000-, ein Student über eine DSL3000- und fünf Studenten über eine DSL6000-Verbindung auf die Navision-Umgebung zu. Zwei Studenten nutzten die im Studentenwohnheim verfügbare Internetanbindung über das Universitätsnetz. Bemerkenswert ist, dass ein Student sich mit einem Modem verband.

Alle fünf DSL6000-Teilnehmer äußerten ihre vollste Zufriedenheit. Einer davon konnte sogar keinen Performanz-Unterschied zu der Navision-Umgebung im Seminarraum am Lehrstuhl feststellen. Der Student mit der DSL3000-Verbindung gab zu erkennen, dass das Arbeiten mit der Navision-Umgebung im Allgemeinen gut und relativ schnell möglich war. Die drei Studenten mit einer DSL2000-Verbindung konnten problemlos mit guter bis sehr guter Performanz arbeiten.

Die meisten Studenten benutzten eine DSL-Verbindung mit einer zugesicherten Anbindung von 384 KBit, 512 KBit/s, 768 KBit/s und 1000 KBit/s (DSL1000). Diese neun Teilnehmer konnten ebenfalls mit der Navision-Umgebung gut arbeiten. Jedoch schilderten einige dieser Studenten, dass andere Anwendungen, wie z.B. das Surfen mit dem Internet Explorer, in dieser Umgebung sehr lang-

¹⁴⁴ Unter die Verbindung DSL-1000 fallen auch die von den Studenten angegebenen langsameren Verbindungsgeschwindigkeiten mit 386 KBit/s, 512 KBit/s und 768 KBit/s.

sam ausgeführt werden konnte. Dies ist darauf zurückzuführen, dass für das Arbeiten mit dem Internet Explorer im Vergleich zur Arbeit unter Microsoft Navision eine größere Datenübertragungsmenge anfällt.

Einige Studenten teilten sich die DSL-Anbindung mit ihren Mitbewohnern, was dazu führte, dass teilweise die Navision-Umgebung nicht mehr erreichbar war bzw. die Performanz deutlich nachließ. Es steht außer Frage, dass die gleichzeitige Nutzung des Internetzugangs unter mehreren Mitbewohnern dazu führen kann, dass die für die RDP-Verbindung zur Verfügung stehende restliche Bandbreite nicht ausreicht und daher die RDP-Verbindung abgebrochen wird.

Ein Student konnte sogar eine Verbindung zur Navision-Umgebung mit seinem 56K Modem aufbauen. Er äußerte, dass das Arbeiten mit Navision leicht eingeschränkt möglich war und dass leichte Verzögerungen zu erkennen waren. Insgesamt stufte er den Remote-Zugang als befriedigend ein. Dies ist für eine Verbindung mit 56 KBit/s bemerkenswert, da diese Verbindungsgeschwindigkeit das Minimum für das Arbeiten in einer terminalbasierten Umgebung darstellt.

Zwei Studenten nutzten den Remote-Zugriff in ihren mit dem Netzwerk der Universität verbundenen Wohnheimen. Die Aussagen dieser Studenten zeigten, dass der Zugriff auf die Navision-Umgebung von unproblematischem Arbeiten wie im Seminarraum, bis zum totalen Verbindungsabbruch gekennzeichnet war. Dies liegt daran, dass sich in den Studentenwohnheimen viele Studenten die Anbindung an das Netzwerk der Universität teilen und daher oftmals die Bandbreite durch Massendownloads belegt war.

Im Rahmen der Evaluation sollte nicht nur der IST-Zustand ermittelt werden, sondern es sollten auch Verbesserungsvorschläge abgegeben werden. Frage 5 geht auf diesen Aspekt ein.

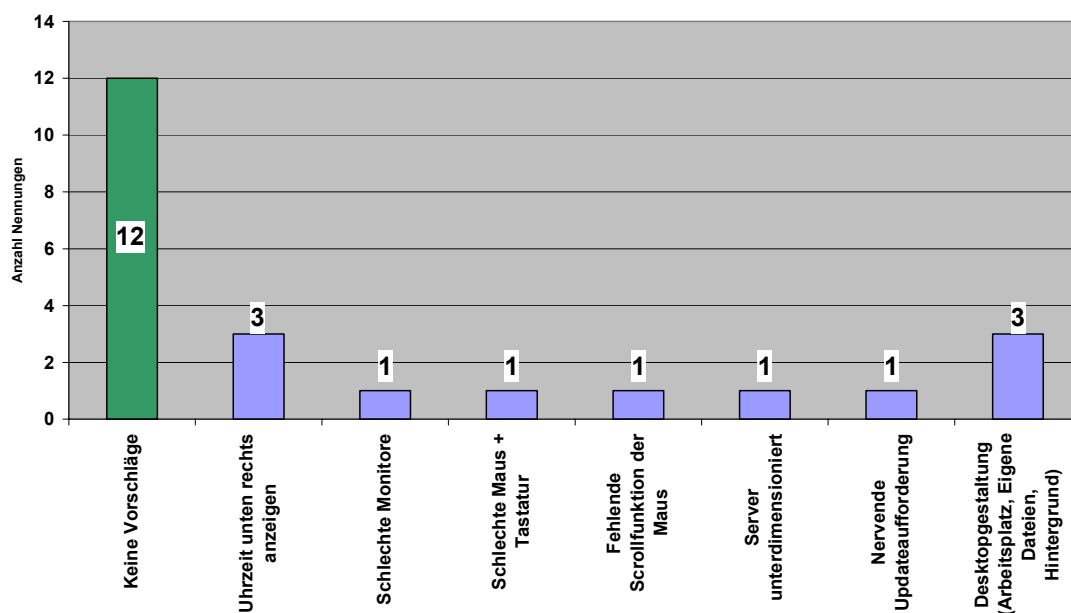


Abbildung 53: Verbesserungsvorschläge für die Navision-Umgebung

Von den 23 befragten Teilnehmern teilten genau 12 Teilnehmer keine Verbesserungsvorschläge mit. Drei Teilnehmer äußerten den Wunsch, die Uhrzeit im rechten Bereich der Startleiste zu sehen. Auch wurde der Vorschlag geäußert, die Windows-Desktopumgebung mit den Symbolen Arbeitsplatz, Eigene Dateien und Internet Explorer auszustatten. Auch das Ablegen von Dateien und Verzeichnissen auf dem Desktop wäre wünschenswert gewesen. Eine Teilnehmerin könnte sich vorstellen, durch ein Desktopbild den monoton blauen Hintergrund zu verschönern. Die Verbesserung bzw. Verschönerung der Desktopumgebung wäre sicherlich möglich gewesen, wurde jedoch aus Sicherheits- und aus Performanzgründen nicht realisiert.

Ein Teilnehmer gab zu erkennen, dass die veraltete periphere Ausstattung im Seminarraum das Arbeiten erschwert hat. Die veralteten 17" und 20" CRT-Monitore seien zwar zweckmäßig, jedoch würden moderne TFT-Displays das Arbeiten mit der Navision-Umgebung erleichtern. Auch die gebrauchten Tastaturen und die teilweise ohne Scrollfunktion ausgestatteten Mäuse wurden bemängelt. Dieses Problem kann durch eine Investition in neue Displays, Tastaturen und Mäuse gelöst werden.

Gegen Ende des Semesters wurde ein Teilnehmer durch die Aufforderung zur Durchführung des Antivirus-Updates beim Start der Terminalsitzung gestört. Dieses Problem hätte durch einen Neustart des Navision-Servers behoben werden können. Jedoch arbeiteten die Teilnehmer fast durchgängig am Navision-System. Einige Teilnehmer beendeten darüber hinaus die Sitzung mit dem SbC-

Server nicht ordnungsgemäß, sondern trennten diese einfach. Das bedeutet, dass die Terminalsitzung mit den geöffneten Programmen auch in der Nacht auf dem SbC-Server weiterlief. Aus diesem Grund konnte der Server nicht neu gestartet werden.

IV.3.8. Ergebnis der zweiten Fallstudie

Die zweite Fallstudie versucht, den Einsatzbereich der SbC-Technologie auf das Gebiet der Hochschule zu erweitern. Darüber hinaus soll ermittelt werden, inwieweit eine betriebswirtschaftliche Standardsoftware, wie die ERP-Lösung Navision von Microsoft, auf dem SbC-System für Lehrzwecke eingesetzt werden kann. Die Vorgehensweise zur Realisierung der SbC-Technologie im Seminarraum des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik I wurde aus der ersten Fallstudie übernommen.

Die Phasen der Voruntersuchung, der IST-Aufnahme, der IST-Analyse und der Migration verliefen unproblematisch. Die Testphase zeigte zeitweise Verbindungsabbrüche und unerwartete Probleme bei der Bedienung von Microsoft Navision. Die Ursachen beider Problembereiche konnten jedoch schnell gefunden werden. Zum einen zogen Studenten mit den Schuhen die Netzkabel aus der Netzwerkkarte des Computers und verursachten somit einen Verbindungsabbruch. Zum anderen lag die Ursache der spontan aufgetretenen Nichtbedienbarkeit von verschiedenen Bedienungselementen in Microsoft Navision, wie z.B. Scrollbuttons und Lookup-Buttons, an einem Programmfehler dieser Software, der durch ein Update gegen Ende des Semesters behoben werden konnte.

Die Evaluation des SbC-Systems durch die Studenten zeigt, dass das SbC-System im Rahmen einer Lehrveranstaltung eingesetzt werden kann. So bemerkten 20 von 23 Studenten keine Unterschiede zu neuen Computern im Bereich der Performanz. Auch bestätigten 15 Studenten eine sehr gute und acht Studenten eine gute Verfügbarkeit des SbC-Systems. Zudem konnte festgestellt werden, dass nur zwei Studenten den Zugriff auf die Navisionumgebung per Microsoft Remote Desktop außerhalb der Universität nicht nutzten. Der Remotezugriff stellte für die Studenten eine bisher noch nicht gebotene Möglichkeit dar, den Unterricht vor- und nachbereiten zu können, indem auf die komplette Navisionumgebung mitsamt den Unterlagen und dem Officepaket über den Windows-Desktop zugegriffen werden konnte.

Interessant erscheint, dass zwei Studenten eine Verbindung zwischen dem optischen Zustand bzw. dem Alter eines SbC-Clients und der Performanz dieses Clients herstellten. Diese Studenten äußerten, dass das Arbeiten auf einem SbC-Client mit dem Arbeiten auf neuen Computern nicht vergleichbar sei. Damit die veraltete Hardware keinen unterschwelligen Einfluss auf die Leistung des SbC-Systems ausüben kann, sollten, wie in den beiden Klassenzimmern der Grundschule Alkofen geschehen, die Computergehäuse von den Ein- und Ausgabekomponenten durch Kabelverlängerungen entfernt aufgestellt werden.

Mehr als die Hälfte der Studenten äußerte keine Verbesserungsvorschläge. Das von einzelnen Studenten angesprochene Optimierungspotential ist entweder auf die für den Lehrbetrieb notwendigen Benutzereinschränkungen oder auf die veraltete Hardware zurückzuführen.

Eine paradoxe Situation entstand bei der Anfrage im Rechenzentrum nach alten Computern für die Verwendung mit aktueller Software. An dieser Stelle zeigt die zweite Fallstudie ebenfalls, dass der Einsatz von veralteter, vom Rechenzentrum zu entsorgender Hardware in einer SbC-Umgebung im Rahmen einer Lehrveranstaltung möglich ist.

Der erfolgreiche Abschluss der Lehrveranstaltung und die Ergebnisse der Evaluation belegen einerseits, dass die SbC-Technologie den Anforderungen eines Lehrbetriebs am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I gewachsen ist und daher eingesetzt werden kann. Andererseits kann festgestellt werden, dass auf dieser Technologieplattform auch eine professionelle ERP-Lösung für den Mittelstand wie Microsoft Navision für Lehrzwecke verwendet werden kann.

Neben dieser technischen Betrachtungsweise müssen auch Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit auf der Basis von Kosten und Nutzen durchgeführt werden.

V. Ermittlung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit

Im Mittelpunkt dieses Kapitels steht auf der einen Seite die Kostendiskussion über die drei zu vergleichenden Technologien SbC-, C/S- und P2P-Technologie. Dabei spielt die Ermittlung der Gesamtkosten, die sich aus den Kosten der Beschaffung, dem Betrieb und der Entsorgung der Schul-IT über den Nutzungszeitraum ergeben, auf der Grundlage der Total Cost of Ownership-Methode (TCO) eine große Rolle. Diesem kostenorientierten Ansatz wird anschließend ein nutzenorientierter Ansatz mit dem Verfahren der Nutzwertanalyse (NWA) im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsanalyse gegenübergestellt. Die Ergebnisse der TCO- und NWA-Untersuchungen sollen den Schulträger in seiner Entscheidungsfindung, welche Technologie für ihn vorteilhaft ist, unterstützen. Zudem soll durch die Ergebnisse dieses Kapitels gezeigt werden, welche Technologien eine hohe Effizienz und eine hohe Effektivität aufweisen. Einen Ausblick auf die nachfolgenden Ermittlungen liefert Abbildung 54:

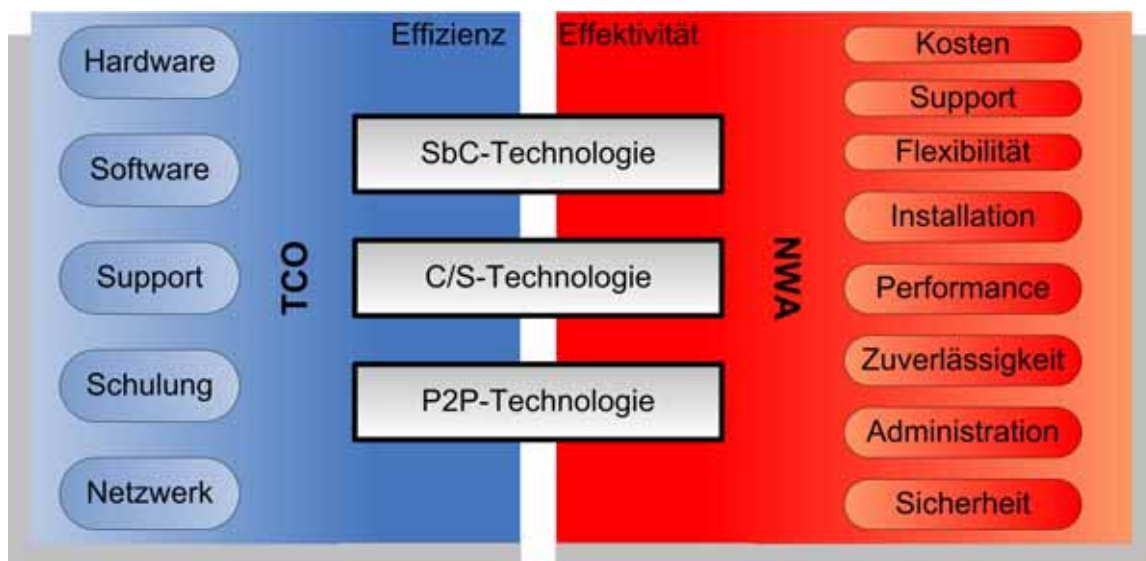


Abbildung 54: Darstellung der Wirtschaftlichkeitsanalyse

Generell wird unter Wirtschaftlichkeit das Verhältnis zwischen Kosten und Leistung bzw. zwischen Aufwand und Ertrag verstanden. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse betrachtet die Kosten- und Nutzenstruktur und versucht, Abhängigkeiten zwischen beiden Strukturen aufzuzeigen.¹⁴⁵ Aufgrund der Verwendung von qualitativen Größen handelt es sich hier nicht um eine reine Wirtschaftlichkeitsana-

¹⁴⁵ vgl. Meincke (2003), S. 13.

lyse im klassischen Sinne, da zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit anstelle von Ertragsgrößen Nutzengrößen herangezogen werden.¹⁴⁶

Durch die zu ermittelnden TCO-Werte soll nicht nur eine Entscheidungshilfe für den Schulleiter bzw. Sachaufwandsträger dargelegt werden, sondern vielmehr das Risiko für eine Fehlinvestition auf ein Minimum beschränkt werden. Daher sollte nicht die Investition realisiert werden, die das Kostenminimum bzw. das Gesamtnutzenmaximum erreicht. Es erweist sich vielmehr die Investition als vorteilhaft, die in beiden Bereichen das beste Ergebnis erzielt.

In der Praxis weit verbreitet sind Modelle, die den Nutzen einer Investition an sich oder im Zusammenhang mit den Kosten und weiteren Kennzahlen ermitteln.¹⁴⁷ Jedoch liegen unzureichende Informationen über die Durchführung dieser Methoden vor, so dass zur Ermittlung des Gesamtnutzens einer Investition die Nutzwertanalyse verwendet wird.

Die nachfolgenden Untersuchungen beziehen sich im empirischen Teil ausschließlich auf die Fallstudie Grundschule Alkofen, da für die zweite Fallstudie unzureichende Informationen für einen Vergleich der drei Technologien vorliegen.

V.1. Allgemeine Darstellung der Total Cost of Ownership

V.1.1. Einführung

Die Gartner Group erkannte Mitte der 80er Jahre, dass aufgrund von Änderungen der IT-Struktur der Administrations- und Supportaufwand stark angestiegen war und die damit verbundenen Kosten bei Investitionsentscheidungen nicht berücksichtigt wurden.¹⁴⁸ Aufgrund dieser Problematik präsentierte die Gartner Group 1987 ihr TCO-Modell, dessen Initiator Bill Kirwin die Total Costs of Ownership (TCO) folgendermaßen definiert: "TCO is a holistic assessment of IT costs over time. The term holistic assessment implies an all-encompassing collection of the costs associated with IT investments, including capital investments, license fees, leasing costs and service fees as well as direct (budget) and indirect (unbudget) labour expenses."¹⁴⁹ Allgemein ausgedrückt, bezeichnen die

¹⁴⁶ vgl. Schwarze (2001), S. 270-272.

¹⁴⁷ Die Gartner Group hat zur Ermittlung des Nutzens die Total Value of Ownership-Methode entwickelt, die im Gegensatz zur reinen Kostenstrukturanalyse den qualitativen Nutzen einschließlich des Risikos und der Flexibilität analysiert.

¹⁴⁸ vgl. Wolf/Holm (1998), S. 19-23.

¹⁴⁹ vgl. Gartner (2006).

TCO die Gesamtkosten, welche durch die Anschaffung, den Betrieb und die Entsorgung einer Datenverarbeitungslösung über die Nutzungsdauer hinweg verursacht werden. Dabei sollen dem Investor nicht nur die Anschaffungskosten, sondern alle Aspekte der durch die Nutzung verursachten Kosten vor Augen gehalten werden.

Die dem TCO-Modell von Gartner zugrunde gelegte Kostenstruktur unterscheidet direkte und indirekte Kosten:¹⁵⁰

Direkte Kosten	Indirekte Kosten
<ul style="list-style-type: none"> • Hardware: Anschaffungs- und Betriebskosten der Hardware (Server, Clients, Netzwerk) • Software: Anschaffungs- und Betriebskosten der Software (Lizenzgebühren) • Support • Administration 	<ul style="list-style-type: none"> • Down-Time: Produktivitätsverlust der Anwender bei Rechnerausfällen • End-User-Operations: Gegenseitige Unterstützung der Anwender bei IT-Problemen

Tabelle 8: Direkte und indirekte Kosten nach Gartner

Während die direkten Kosten dem Untersuchungsobjekt direkt zugewiesen werden können und im Rechnungswesen hinterlegt sind, werden die indirekten Kosten beispielsweise durch Umfragen oder durch Schätzungen ermittelt.¹⁵¹

Insgesamt betrachtet, verfolgt die TCO-Methode das Ziel, durch eine systematische Ermittlung und Analyse der TCO, nicht nur die Kostentreiber aufzuspüren, sondern auch transparente und realistische Kostenstrukturen darzulegen und entscheidungsunterstützende Informationen zu liefern.

Neben der Gartner Group haben andere Marktforschungsunternehmen wie Forrester Research und Meta Group eigene Modelle entwickelt. Obwohl die einzelnen Konzepte¹⁵² aus dem TCO-Modell von Gartner hervorgehen, unterscheiden sich die TCO-Modelle dieser Marktforschungsunternehmen im Wesentlichen bzgl. der Kostenstruktur.¹⁵³

Die TCO-Modelle wurden für Untersuchungen von Unternehmen entwickelt und genügen den Anforderungen an die IT-Ausstattung eines Unternehmens. Eine

¹⁵⁰ vgl. Laube/Zammuto (2003), S. 455-457.

¹⁵¹ vgl. Gadatsch/Mayer (2004), S. 89-94.

¹⁵² Gartner und Forrester verwendet den Ausdruck TCO. Die Meta Group benutzt den Begriff Real Costs of Ownership (RCO). Alle Marktforschungsunternehmen haben jedoch ihre Kostenberechnungsmodelle um wertorientierte Ansätze erweitert oder ein eigenes Nutzenermittlungsmodell aufgestellt.

¹⁵³ vgl. Schulze (2002).

Übertragung dieser Methode auf den schulischen Bereich ist dennoch möglich.¹⁵⁴ Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass einige Unterschiede zwischen Schulen und Unternehmen bestehen:¹⁵⁵

- So können die Schulen oftmals Hard- und Software durch die Gewährung von Preisnachlässen günstiger einkaufen und somit eine Reduzierung der TCO in diesen Bereichen erreichen.
- Während im Unternehmen die Zuordnung zwischen Benutzer und Computer überwiegend im Verhältnis 1:1 ist, müssen sich im Durchschnitt 13 Schüler einen Computer in den Grundschulen¹⁵⁶ teilen. Damit geht einher, dass die Schüler sich für den Schulcomputer nicht verantwortlich fühlen und diese oftmals verstellen bzw. auch beschädigen.
- Im Unternehmen sind die Anwendungen auf den Arbeitsplatz zugeschnitten. In der Schule müssen auf einem PC für mehrere Schulfächer und für mehrere Klassen Anwendungen installiert sein, was einen deutlichen Mehraufwand gegenüber der Betreuung der Unternehmens-IT darstellt.
- Einen wesentlichen Einflussfaktor auf die TCO stellt die Benutzungsdauer der Informationstechnologie in der Schule dar. Die Schul-IT wird im Vergleich zum Unternehmen aufgrund der eingeschränkten Öffnungszeit von 7.45 Uhr bis 13.00 Uhr und der vielen Ferientage deutlich geringer in Anspruch genommen. Zudem ist der Anteil des computergestützten Unterrichts am Unterrichtsplan relativ gering.
- Die Computer von Unternehmen werden alle 3 bis 5 Jahre ausgetauscht.¹⁵⁷ Im Schulbereich werden die Computer oftmals 5 bis 9 Jahren genutzt.¹⁵⁸ So hat Gartner in einer Studie nachgewiesen, dass die jährlichen Gesamtkosten bei einer Nutzungszeit von sechs Jahren nahezu konstant bleiben, jedoch Änderungen in der Kostenverteilung deutlich zu erkennen sind. Der Schwerpunkt der Kosten verschiebt sich von den direkten zu den indirekten Kos-

¹⁵⁴ vgl. Fuhlrott/Garbe (2001), S. 116.

¹⁵⁵ vgl. Fuhlrott/Garbe (2001), S. 116-117; vgl. Bruck/Geser (2000), S. 137-138; vgl. IDC (1997), S. 2-3.

¹⁵⁶ vgl. BMBF (2005), S. 9.

¹⁵⁷ vgl. Friedmann (2003).

¹⁵⁸ Der Wert von 5 bis 9 Jahren ist abhängig von der Schulart und wurde aufgrund der Gespräche mit mehreren IT-verantwortlichen Lehrern ermittelt. Während Gymnasien ihre Computerausstattung im Bereich von 5 und 6 Jahren austauschen, können die Grundschulen nur alle 7 bis 9 Jahre ihre IT-Ausstattung erneuern.

ten.¹⁵⁹ Dies bedeutet, dass etwa ab dem fünften Jahr ein Performanceverlust und eine Erhöhung der Fehleranfälligkeit zu erwarten ist.

- Die PC-Ausfallzeiten im Unternehmen sind sehr gering. Im Schulbereich sind PCs zum Teil mehrere Wochen defekt. Dies liegt im Wesentlichen an der Tatsache, dass ein Support-Mitarbeiter im Extremfall 500 PCs betreut.¹⁶⁰ Zudem ist die Nichtverfügbarkeitsrate von Computern in Schulen oftmals zwei- bis dreimal höher.

Aufgrund der Unterschiede ist ein Vergleich zwischen der Unternehmens-IT und der Schul-IT auf Basis der TCO-Kennzahl nicht möglich. Die Verwendung eines TCO-Modells aus dem schulischen Bereich ist daher zwingend erforderlich.

V.1.2. Unterschiedliche Ergebnisse konkurrierender Modelle

Die TCO-Analysen unterschiedlicher Institutionen haben ergeben, dass die TCO-Studien bei gleichem Untersuchungsobjekt zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Dies ist im Wesentlichen auf unterschiedliche Bedingungen und eine unterschiedliche Kostenstruktur zurückzuführen. Eine direkte Vergleichbarkeit der Studien ist somit nicht gegeben. Ein Beispiel für diese Problematik stellen die TCO-Analysen für einen Standard-Business-Computer dar:¹⁶¹

Marktforschungsunternehmen	TCO
Meta Group ¹⁶²	\$ 2.800 ¹⁶³
Forrester Research	\$ 8.200
Gartner Group	\$ 9.000 - 12.000 ¹⁶⁴

Tabelle 9: TCO für einen Standard-Business PC

Aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsdauer und der unterschiedlichen Kostenstruktur ergeben sich unterschiedliche TCO-Werte für einen Standard-Business-PC. Es lässt sich an dieser Stelle deutlich erkennen, dass sowohl die Datenerhebungsmethode als auch die Kostenstruktur eingesehen werden müssen, damit die unterschiedlichen TCO-Werte interpretiert werden können. Ein

¹⁵⁹ vgl. Gartner (2006).

¹⁶⁰ vgl. Bruck/Geser (2000), S.136.

¹⁶¹ vgl. Schulze (2002).

¹⁶² Am 01.04.2005 gab die Computerwoche bekannt, dass die Gartner Group die Übernahme des Marktforschungsunternehmens Meta Group abgeschlossen hat und die Marke Meta Group eingestellt werde. vgl. dazu Computerwoche (2005).

¹⁶³ Die Meta Group hat in ihrem Modell die indirekten Kosten nicht integriert, so dass dieses Modell im Vergleich zu Gartner die niedrigsten Gesamtkosten für einen Standard-Business-PC aufweist.

¹⁶⁴ Die Bandbreite von US-\$ 9.000 bis US-\$ 12.000 ergibt sich durch fortschreitende Änderungen am TCO-Modell von Gartner.

Vergleich der TCO-Analysen eines Marktforschungsunternehmens erscheint eher zulässig.

V.1.3. Beurteilung der Methode TCO

Im Rahmen einer TCO-Studie werden anhand einer bestimmten Systematik verschiedene Kostenarten untersucht, die im direkten Zusammenhang mit Entscheidungen über die Informationstechnologie stehen. Das Ergebnis ist eine Kennzahl, die Aufschluss darüber gibt, welche Kosten in Bezug zu dem Untersuchungsobjekt entstehen. Daher ist diese Methode sehr gut für Untersuchungen der kostenmäßigen Auswirkungen von Veränderungen der IT-Infrastruktur geeignet. Auch zeigt das TCO-Modell sehr gut die Veränderungen in der IT-Struktur eines Unternehmens auf, soweit das gleiche Kostengerüst unterstellt wird.

Wie die unterschiedlichen Zahlen in Tabelle 9 belegen, existiert keine Standardisierung des Verfahrens bei der Kostenermittlung und der Systematik der Einbeziehung von Kostenarten, obwohl eine Standardisierung der Modelle gefordert wird.¹⁶⁵ Weiterhin ist TCO als einzige Methode zur Beurteilung einer IT-Investition nicht geeignet. Zudem beschäftigt sich die TCO-Methode nur mit den Kosten und lässt den mit der Investition verbundenen Nutzen außer Betracht.¹⁶⁶

Auch die Ermittlung der indirekten Kosten ist in der Fachliteratur äußerst umstritten, da diese Kosten oftmals nicht exakt gemessen werden können und daher das Ergebnis verzerren können.¹⁶⁷

Die TCO-Modelle der führenden Institutionen sind oftmals auf amerikanische Unternehmen ausgerichtet. Im Vergleich zu den deutschen Unternehmen ergeben sich Unterschiede in Bezug auf die Gehälter, Sozialleistungen und Urlaubszeiten. Daher sollten die TCO-Modelle, die einen festen Stundensatz zur Ermittlung der Personalkosten verwenden kritisch betrachtet werden.¹⁶⁸

Auch erscheint problematisch, dass die Auftraggeber vieler TCO-Untersuchungen Hardware- und Softwarehersteller sind, die mit der Durchführung einer TCO-Analyse die Vorteilhaftigkeit des eigenen Produktes im Vergleich zum Konkurrenzprodukt aufzeigen wollen. Daher ist aufgrund der potentiellen finanziellen

¹⁶⁵ vgl. Riepl (1998), S. 8.

¹⁶⁶ vgl. Riepl (1998), S. 10.

¹⁶⁷ vgl. Neumann (1997), S. 39-40.

¹⁶⁸ vgl. Bachmann (1998), S. 26-32.

Abhängigkeit des Marktforschungsunternehmens die vorteilhafte Einbeziehung der Kosten eine Möglichkeit, den Auftraggeber zufrieden zustellen.¹⁶⁹

Auch kann festgestellt werden, dass TCO-Untersuchungen mehrere Gemeinsamkeiten aufweisen. In mehreren TCO-Studien ist bewiesen worden, dass die Kosten für Hardware, Software und Netzwerk einen kleinen Teil der Gesamtbetriebskosten ausmachen. Dabei müssen auch die Folgekosten in Form von Supportleistungen, Schulungen und die indirekten Kosten, z.B. anfallende Kosten bei Systemausfällen, berücksichtigt werden, deren Ermittlung sich als sehr zeitaufwändig und schwierig erwiesen hat. Weiterhin wurde festgestellt, dass in der Anschaffung billige PC-Systeme langfristig zu einem Anstieg der Gesamtbetriebskosten führen.¹⁷⁰

Trotz der angeführten Kritik ist die TCO-Methode eine anerkannte und weit verbreitete Methode zur Bewertung von Handlungsalternativen und wird daher in der nachfolgenden Analyse zur Ermittlung der Gesamtkosten eingesetzt.

V.2. Aufstellung der Kostenkategorien und der Annahmen des TCO-Modells

In der Literatur und auf den Informationsseiten der Marktforschungsunternehmen sind kaum Informationen über die Vorgehensweise und die Kostenstruktur der jeweiligen TCO-Untersuchung in umfassender und detaillierter Form aufzufinden. Das liegt im Wesentlichen daran, dass diese Informationen nur den Auftraggebern der TCO-Studie und deren zahlender Kundschaft zur Verfügung gestellt werden. Dennoch muss ein geeignetes TCO-Modell für das schulische Umfeld gefunden und das Kostengerüst gegebenenfalls leicht angepasst werden, damit die Gesamtkosten der Schul-IT über den Betrachtungszeitraum ermittelt werden können. Das TCO-Modell des Unternehmens RM Consulting wurde speziell für den britischen Schul- und Hochschulbereich entwickelt.¹⁷¹ Jedoch wird das dem Modell zugrunde liegende Kostengerüst nur oberflächlich behandelt. Aus diesem Grund wird für die weitere TCO-Betrachtung das Kostengerüst von Breiter/Kubicek¹⁷² zugrunde gelegt, das im schulischen Umfeld schon mehrmals eingesetzt wurde.

¹⁶⁹ vgl. Riepl (1998), S. 7-12.

¹⁷⁰ vgl. Fuhlrott/Garbe (2001), S. 121-122.

¹⁷¹ vgl. RM Consulting (2006).

¹⁷² vgl. Breiter/Kubicek (1998), S. 34-48.

Die dem Kostengerüst untergliederten primären Kostenkategorien werden in der nachfolgenden Abbildung gezeigt und anschließend besprochen:¹⁷³

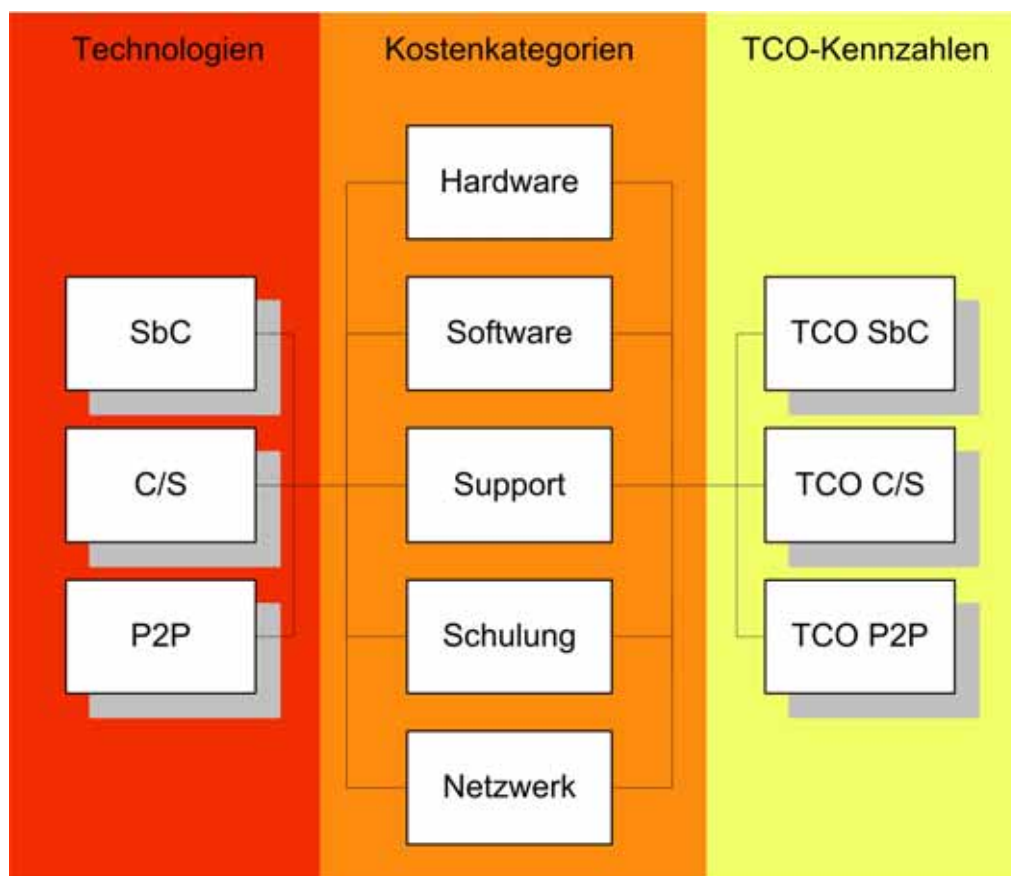


Abbildung 55: Ermittlung der TCO und Überblick über die Kostenstruktur

Die SbC-, C/S- und P2P-Technologie durchlaufen einzeln die TCO-Analyse, in der die Kosten erfasst und den fünf Kostenkategorien Hardware, Software, Support, Schulung und Netzwerk zugeordnet werden. Die Summe der Gesamtkosten der einzelnen Kostenkategorien ergeben die Gesamtkosten über den definierten Betrachtungszeitraum von fünf Jahren. Alle ermittelten Kosten fallen in den Bereich der direkten Kosten. Zwar wäre eine Erhebung der indirekten Kosten interessant gewesen, doch hätte dieses Vorhaben den zeitlichen Rahmen der Arbeit gesprengt.

Durch die Strukturierung der Kosten über die Gesamtlaufzeit hinweg ist für jede Technologie eine Identifikation der Kostentreiber möglich. Mit Hilfe dieser Identifikation können wiederum Einsparungspotentiale aufgedeckt werden.

Nachdem die Vorgehensweise zur Ermittlung der einzelnen TCO-Kennzahlen kurz vorgestellt wurde, muss die Zuweisung der einzelnen Kosten zu den Kos-

¹⁷³ Die nachfolgende Beschreibung der einzelnen Kostenkategorien basiert auf den Informationen von Breiter/Kubicek (1998), S. 34-48. Die Verwendung einer anderen Quelle wird in der dazugehörigen Fußnote angegeben.

tenkategorien detailliert behandelt werden. Dies erfolgt in der nachfolgenden Aufstellung:¹⁷⁴

- Die Kostenkategorie Hardware beinhaltet sämtliche Kosten, die durch die Anschaffung der Clients, der Server und der Peripherie (Drucker, Beamer, Scanner usw.) entstehen. Durch den Betrieb der Hardware können zusätzliche Kosten im Nutzungszeitraum anfallen. Zu den Betriebskosten zählt das Verbrauchsmaterial (Papier, Tintenpatronen, Toner), Datenträger (Disketten, CDs, DVDs, Speicherbänder) und Ersatz- oder Erweiterungskomponenten, wie z.B. die Beamer-Ersatzlampe, die Server-Speichererweiterung und der Ersatz eines defekten Monitors. Oftmals werden die Entsorgungskosten, die bei der Beseitigung von defekten Komponenten und Geräten anfallen können, vergessen.
- Die Anschaffung der Betriebssystemsoftware mit den dazu erforderlichen Lizenzen für die Clients und für den Server ist Bestandteil der Kostenkategorie Software. Weiter zählen zu dieser Kategorie die Anwendungsprogramme (z.B. Office-Suiten), Lernprogramme, Simulationsprogramme, Administrationsprogramme, Spezialprogramme (z.B. CAD-Software), Nutzungsgebühren für Online-Angebote (z.B. Antolin) und Online-Unterrichtsmaterial. Auch die Auseinandersetzung mit lizenzrechtlichen Problemen gehört in diese Kostenkategorie. Für die Nutzung der verschiedenen Programme sind teilweise kostenlose aber auch kostenpflichtige Updates erforderlich, die zu den Betriebskosten gezählt werden.
- Der Bereich der Kostenkategorie Netzwerk setzt sich aus der internen und der externen Vernetzung zusammen. Im internen Bereich entstehen Kosten für die Vernetzung der Schule durch die Anschaffung von Hubs, Switches, Printservern, Netzwerkkabeln und eventuell durchzuführende bauliche Maßnahmen¹⁷⁵, die die Vernetzung der IT-Ausstattung betreffen. Das externe Netzwerk beinhaltet die Anschaffung, die erstmalige Installation und den Betrieb der Netzwerkkomponenten, die die Verbindung mit anderen Netzwerken, z.B. dem Internet, herstellen. Zu nennen wären an dieser Stelle weiterhin sämtliche Kosten für die Anschaffung und den Betrieb des Internetzu-

¹⁷⁴ vgl. Breiter/Kubicek (1998), S. 34-42.

¹⁷⁵ Unter den baulichen Maßnahmen können das Legen eines Kabelschachtes und das Durchbrechen einer Wand oder einer Decke angeführt werden.

gangs der Schule. Zu den Betriebskosten dieser Kategorie gehören die Wartungs- und Reparaturarbeiten an den Komponenten des Netzwerks.

- Nicht vergessen werden darf die Kostenkategorie Schulung, die sämtliche Ausgaben für die Fort- und Weiterbildung der Lehrer und Lehrerinnen beinhaltet. Die Integration der IT-Technik erfordert, dass die Lehrer laufend geschult werden, um die Fähigkeit zum kompetenten Umgang mit der Schul-IT erlangen bzw. aufrecht erhalten zu können. Unter diesen Punkt fällt auch die Schulung der Lehrkräfte im Umgang mit der Technologie.
- Kosten für den HelpDesk und das Systemmanagement werden der Kostenkategorie Support zugeordnet. Zum Bereich Systemmanagement zählen dabei sämtliche Aktivitäten, die in den Bereich der Verwaltung, der Installation, der Optimierung und der Instandhaltung der IT-Ausstattung fallen.

Neben der Kategorisierung der zu analysierenden Kosten müssen auch Annahmen getroffen werden, die dem verwendeten Modell zugrunde liegen:

- Die Schule plant die Neuanschaffung der Schulcomputer, da die derzeit eingesetzten Computer veraltet sind und die Installation von aktuellen Lernprogrammen Hardwarevoraussetzungen fordern, die die Computer nicht erfüllen. Der Schulträger ist bereit, auch alternative Technologien einzusetzen, die von der jetzigen Peer-to-Peer-Umgebung abweichen. Daher sollen die drei Technologien (SbC, C/S, P2P) in einem Vergleich gegenübergestellt werden. Die SbC- und die C/S-Technologie benötigen einen Server, der zusätzliche Dienste ermöglicht. Diese Dienste sind keine zwingende Voraussetzung für den Erwerb dieser Technologien, so dass die P2P-Umgebung in den Vergleich mit aufgenommen werden kann. Die SbC-Technologie kann aufgrund der Weiterverwendung der gebrauchten Computer auf die Anschaffung von 30 Clientcomputern verzichten.
- Da die Schule derzeit mit 17" Monitoren gut ausgestattet ist, wird von der Neuanschaffung von Monitoren abgesehen.
- Den drei zu vergleichenden Technologien wird eine Gesamtnutzungsdauer von fünf Jahren unterstellt. Auch wenn die SbC-Technologie eine höhere Nutzungsdauer aufweist, so ist aus Gründen der Vergleichbarkeit auch hier eine Nutzungsdauer von 5 Jahren festgelegt. Zudem wird der Betrachtungszeitraum in fünf Schuljahre unterteilt.

- Die Kosten für einen IT-Techniker belaufen sich auf 50 € pro Stunde.¹⁷⁶ Hilfsarbeiten werden mit 30 € pro Stunde vergütet.¹⁷⁷ Zudem wird davon ausgegangen, dass die angeführten Kosten über den Betrachtungszeitraum konstant bleiben. Als kleinste Zeiteinheit zur Bemessung der Kosten wird eine 1/4 Stunde angesetzt.
- Aufgrund der Problematik, dass Grundschullehrer keine Lehrermäßigung für die Verwaltung und Administration der Schul-IT erhalten, werden die Arbeiten an der Schul-IT so behandelt, als wären sie von externen Dienstleistungsunternehmen aus der IT-Branche durchgeführt worden. Diese Arbeitsstunden an der Schul-IT werden mit 50 € verrechnet.¹⁷⁸ Zudem ist aus eigenen Recherchen festgestellt worden, dass viele IT-verantwortliche Grundschullehrer bei Problemen mit der Schul-IT externe Dienstleister mit der Behebung beauftragen.
- Die Anschaffungskosten der Clienthardware beinhalten keine Kosten für die Betriebssystemlizenzen, damit eine Zuordnung der Betriebssystemkosten zu der Kostenkategorie Software erfolgen kann. Jedoch werden die Betriebssysteme auf den Clientcomputern von Seiten des Herstellers installiert. Die damit verbundenen Kosten sind in den Anschaffungskosten der Computer enthalten.
- Das erste Betrachtungsjahr der TCO-Technologieuntersuchung beginnt und endet mit dem Schuljahr 2005/2006. In diesem Jahr können die Kosten für die SbC-Technologie mit Rechnungen belegt werden. Einige Kosten der C/S- und die P2P-Technologie müssen in diesem Jahr durch die Einholung von Angeboten geschätzt werden. Die weiteren vier Betrachtungsjahre werden zusammen mit dem Schulleiter geplant. Auch hier werden die Kosten für die Anschaffung von Komponenten der IT-Ausstattung durch die Einholung von Angeboten geschätzt. Die an der Schul-IT entstehenden Arbeiten in diesen

¹⁷⁶ Dem Verfasser der Arbeit ist bewusst, dass für die Administration eines Windows- oder Linuxservers ein weitaus höherer Stundensatz in der Wirtschaft verlangt wird. Jedoch kann aufgrund von Beobachtungen und Gesprächen mit IT-Beauftragten ein Stundenlohn von 50 € als gutes Mittelmaß betrachtet werden, zumal IT-Unternehmen Schulen oftmals einen reduzierten Stundensatz anbieten.

¹⁷⁷ Der Stundensatz von 30 € ist für Hilfsarbeiten (Aufstellen der Tische, Computer, einfache Vernetzungsarbeiten) vorgesehen.

¹⁷⁸ Gestützt wird diese Annahme durch zwei Feststellungen. Zum einen entfällt bei IT-verantwortlichen Grundschullehrern wie zuvor schon bemerkt die Lehrermäßigung und zum anderen konnte durch Gespräche mit mehreren IT-verantwortlichen Lehrern ermittelt werden, dass diese auch wegen des Wegfalls der Lehrermäßigung nicht bereit sind, die Installation von neuen Programmen oder den Support bei Fehlern durchzuführen. Stattdessen werden externe Computerfachkräfte mit diesen Arbeiten beauftragt.

vier Jahren werden aufgrund der Erfahrung des Autors und des Schulleiters ebenfalls geschätzt und in den nachfolgenden Ereignissen festgehalten:

- E01: Druckeranschaffung und Installation im zweiten Schuljahr.
- E02: Jährliche Anschaffung von Verbrauchsmaterial in Höhe von 50 €.
- E03: Jährliche Anschaffung von Lernsoftware in Höhe von 300 € in Form von zwei Lernanwendungen pro Schuljahr ohne Updatezwang und den damit verbundenen Updatekosten. Für die einmalige Installation einer Lernanwendung werden eine ¼ Stunde auf dem Server (SbC- und C/S-Technologie) und 4 Stunden für die 30 Clients (P2P-Technologie) angesetzt.
- E04: Jährliche Anschaffung einer Lernsoftware mit Updatezwang und den damit verbundenen Updatekosten. Ab dem zweiten Schuljahr wird in jedem Schuljahr Lernsoftware in Höhe von 200 € gekauft, die in den nachfolgenden Schuljahren innerhalb des Betrachtungszeitraums von 5 Jahren Updatekosten in Höhe von 25 € pro Lernsoftware verursacht. Für die einmalige Installation einer Lernanwendung werden eine ¼ Stunde auf dem Server (SbC- und C/S-Technologie) und 4 Stunden für die 30 Clients (P2P-Technologie) angesetzt.
- E05: Jährliche Durchführung eines außerplanmäßigen Windows-Updates für das Betriebssystem und den Internet Explorer aufgrund der Entdeckung einer kritischen Sicherheitslücke.
- E06: Im vierten Jahr fallen bei drei Computern die Festplatten wegen eines Defektes aus. Da die Computer nur eine dreijährige Garantiezeit besitzen, fallen für den Ersatz der Komponenten und die Installationsarbeiten zusätzliche Kosten an.
- E07: Austausch von zwei defekten DVD-Rom-Laufwerke im fünften Jahr.
- E08: Der Support für die Korrektur von Veränderungen am Windows-Desktop und am Betriebssystem, die durch eine unsachgemäße Benutzung der Computer von Seiten der Schüler verursacht werden, wird auf 5 Stunden pro Jahr geschätzt.
- E09: Der Einsatz von Servern erfordert die Durchführung von Wartungsarbeiten, die in einer Client/Server-Umgebung auf 100 Euro pro Jahr geschätzt werden. Aufgrund der größeren Beanspruchung des Terminalservers in einer SbC-Umgebung wird der Wartungsaufwand für den SbC-Server auf 300 Euro pro Jahr geschätzt.

- E10: Die Absicherung der Clients erfolgt über eine Antivirensoftware, die jährliche Kosten in Höhe von 223 € verursacht. Die Lizenzierungsart ist eine Schullizenz ohne Abonnementverlängerung. Die Lizenz muss also jedes Jahr neu erworben werden und die Kosten müssen ebenfalls mit 223 € angesetzt werden.
- E11: Im Nutzungszeitraum werden Administrationstools für den SbC- bzw. C/S-Server mit einer kostenlosen Updatemöglichkeit für 50 € angeschafft.
- E12: Der Schulleiter geht davon aus, dass die Durchführung einer Schulung für die 7 Lehrer an der Grundschule Alkofen im Betrachtungszeitraum erfolgt und setzt daher Kosten in Höhe für 500 € für die Schulungsmaßnahme an. Diese Kosten werden aufgrund der Kosten für bisherige Schulungen geschätzt. Zudem wird bei der Einführung der gewählten Technologie von den Lehrern eine einstündige Schulung im Umgang mit der neuen Technologie gefordert, die mit 50 € zu veranschlagen ist.

Weiterhin gelten folgende Annahmen:

- Kosten für die Beschaffung von Computern (Einholen, Bearbeiten von Angeboten) werden nicht berücksichtigt.
- Das Untersuchungsobjekt Schul-IT schließt die Anschaffung und den Betrieb der Verwaltungs-IT im Rahmen der Arbeit aus.
- Die Energiekosten für den Betrieb der Schul-IT und die Anfahrtskosten für externe Dienstleistungen werden nicht berücksichtigt. Zudem werden die indirekten Kosten (Endbenutzeraktivitäten, Down-Time) nicht in die Betrachtung miteinbezogen.

Nachdem das Kostengerüst und die Annahmen des der Untersuchung zugrunde liegenden TCO-Modells vorgestellt wurden, kann im nächsten Schritt die Phase der Datenerhebung beginnen.

V.3. Generierung der Total Cost of Ownership

Aus Sicht des Schulträgers sind nicht die technischen Vorteile einer Technologie für deren Erwerb ausschlaggebend. Der Schulträger entscheidet fast ausschließlich aufgrund der Anschaffungskosten einer Technologieinvestition, so-

weit diese die finanziellen Möglichkeiten nicht übersteigen.¹⁷⁹ Die Verwendung der Anschaffungskosten stellt jedoch eine unzuverlässige Entscheidungshilfe dar, da gerade die durch die Benutzung der IT-Ausstattung entstehenden Betriebskosten die Anschaffungskosten um ein Vielfaches übersteigen können.¹⁸⁰ Aus diesem Grund wird auf die in der IT-Branche verbreitete Methode der Total Cost of Ownership zurückgegriffen und zur Ermittlung der Gesamtkosten der zu vergleichenden Technologieinvestitionen verwendet. Die zur Ermittlung der TCO erforderlichen Daten werden im Anhang auf S. XXXV und XXXVI detailliert dargestellt.

Auf der Grundlage dieser aufbereiteten und ausgewerteten Daten werden die TCO für jede Technologie einzeln vorgestellt und in Kapitel V.4. verglichen.

V.3.1. TCO-Ergebnis der SbC-Technologie

Sollte die SbC-Technologie realisiert werden, so würden im Betrachtungszeitraum von fünf Jahren Gesamtkosten in Höhe von 14.882,50 € anfallen. Der größte Kostenblock ist mit 5.863 € (39 %) die Kostenkategorie Software, gefolgt von der Kostenkategorie Hardware mit 4.372 € (29 %). Die Ursache für die niedrigen Hardwarekosten ist dadurch begründet, dass die alten Clients zu SbC-Clients umgerüstet wurden und daher auf eine mit hohen Kosten verbundene Neuanschaffung der Clients verzichtet werden konnte. Im Bereich der Software fallen allein für die Anschaffung des Serverbetriebssystems und die dazugehörigen Zugriffslizenzen 1.162 € an. Die restlichen Kosten in Höhe von 3.509 € werden fast ausschließlich durch die Anschaffung der Lernsoftware mit 2.344 € und des Antivirenschutzsystems mit 1.115 € verursacht.

Fast auf gleichem Niveau mit den zuvor vorgestellten Kostenkategorien bewegen sich mit 3.512,50 € (24 %) die Kosten für den Support. Im Ereignis E09 werden die jährlichen Wartungskosten für den Terminalserver auf 300 € geschätzt und bilden mit 1.500 € den größten Anteil an den Kosten dieser Kategorie. Die 23 Stunden dauernde Errichtung der SbC-Umgebung durch die Mitarbeiter des Supports wird auf 1.150 € geschätzt und beinhaltet die komplette Einrichtung des SbC-Servers und den Umbau der 30 Clients. Die restlichen Kosten in Höhe von 562,50 € werden fast ausschließlich durch die Installation der Lernsoftware verursacht. Diese Software muss auf dem Terminalserver nur einmal

¹⁷⁹ Diese Aussage stützt sich auf Erfahrungen aus den Gesprächen mit verschiedenen IT-beauftragten Lehrern.

¹⁸⁰ Pobbig (2005), S 42-43.

installiert werden und steht daher allen Teilnehmern, soweit dies gewünscht ist, sofort zur Verfügung.

Die SbC-Technologie basiert auf der Serverkomponente, auf dem Netzwerk und auf den SbC-Clients, die ein dediziertes Linux-Betriebssystem zum Aufbau einer Terminalsitzung per Netzwerk nach dem Einschalten des Clients erhalten. Durch die Nichtbenutzung des CD-Rom-Laufwerks und der Festplatte bei den Clients können Störquellen beseitigt werden. Dies ermöglicht eine Reduzierung des Supportaufwands. Auch fallen clientseitige Probleme, die durch ein Fat-Client-Betriebssystem wie MS Windows XP verursacht werden, weg.

Die Kosten der Vernetzung in Höhe von 585 € (4 %) und der Schulung mit 550 € (4 %) spielen in der Kostenübersicht eher eine untergeordnete Rolle. Jedoch ist die Vernetzung für die SbC-Technik von besonderer Bedeutung, da die SbC-Clients nur bei einem gut ausgestatteten und zuverlässigen Netzwerk benutzt werden können.

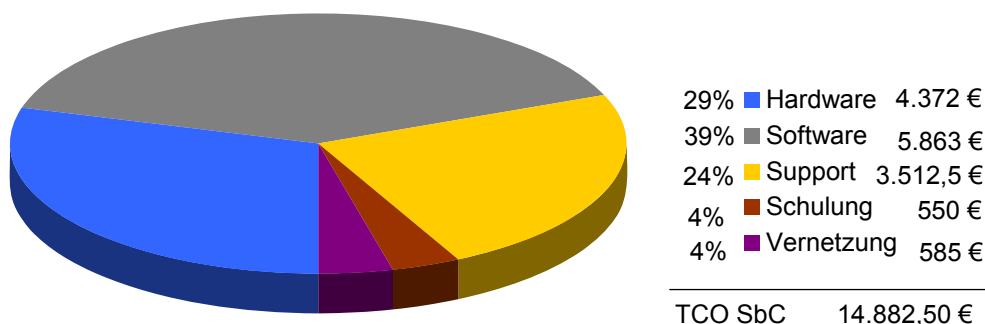


Abbildung 56: TCO der SbC-Technologie

Die jährlichen Kosten für die Nutzung der SbC-Technologiealternative belaufen sich somit auf 2976,60 €. Ein Computerarbeitsplatz kostet den Schulträger 99,22 € pro Jahr.

V.3.2. TCO-Ergebnis der C/S-Technologie

Die C/S-Technologie verursacht im Betrachtungszeitraum von fünf Jahren Gesamtkosten in Höhe von 28.561 €. Allein für die Hardware müsste der Schulträger 16.422 € (58 %) aufwenden. Diese enormen Kosten werden überwiegend durch die Neuanschaffung der Clients mit 12.000 € hervorgerufen. Auch verursacht die Anschaffung des Servers mit 2.000 € erhebliche Hardwarekosten.

Aufgrund des Hardwareeinsatzes in einer Client-/Server-Umgebung müssen die entsprechenden Betriebssysteme angeschafft werden. Daher müsste der Schulträger für die Betriebssystemlizenzen des Servers und der Clients 2.600 € auf-

bringen. Die restlichen Kosten werden überwiegend durch die Anschaffung der Lernsoftware mit 2.344 € und des Antivirenschutzsystems mit 1.115 € ausgelöst. Insgesamt fallen in der Kategorie Software Kosten in Höhe von 7.454 € (26 %) an.

Mit 3.550 € (12 %) liegt der Bereich Support an dritter Stelle. Darin enthalten sind die Kosten für die Installation und Wartung des C/S-Servers mit 1.250 €. Die Verteilung der Software auf die Clients über die serverseitig installierte Deployment-Funktionalität reduziert die Supportkosten ähnlich wie in einer SbC-Umgebung. Aufgrund der Veränderungen von Einstellungen am Clientbetriebssystem werden in dem Zeitraum von fünf Jahren die Supportleistungen auf 1.000 € geschätzt. Der Austausch dreier defekter Festplatten außerhalb der Garantiezeit wird auf 337,50 € geschätzt.

Die beiden Kostenkategorien Schulung und Vernetzung verursachen Kosten in Höhe von 550 € (2%) bzw. 585 € (2%).

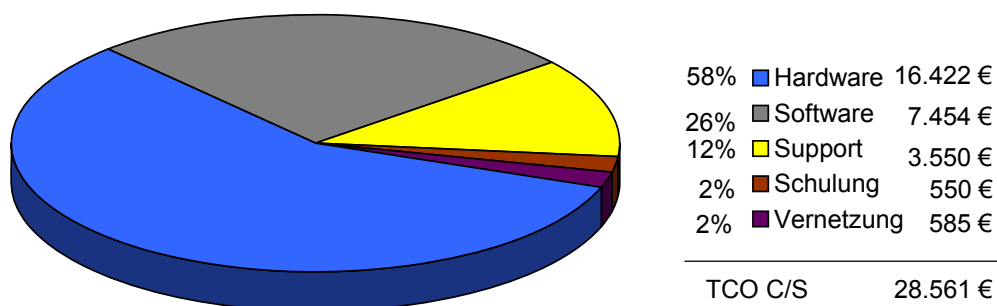


Abbildung 57: TCO der C/S-Technologie

Die jährlichen Kosten für die Nutzung der SbC-Technologiealternative belaufen sich somit auf 5712,20 €. Ein Computerarbeitsplatz kostet den Schulträger 191,41 € pro Jahr.

V.3.3. TCO-Ergebnis der P2P-Technologie

Die TCO der P2P-Technologie betragen im Betrachtungszeitraum von fünf Jahren 30.573,50 €. Im Bereich der Hardware fallen Kosten in Höhe von 14.422 € (46 %) an. Diese Kosten werden mit 12.000 € überwiegend durch die Anschaffung der 30 Clients verursacht. In den Softwarekosten in Höhe von 7.204 € (24 %) sind 2.580 € für die Anschaffung der Clientbetriebssystemlizenzen enthalten. Die restlichen Kosten werden wie bei den anderen Technologieuntersuchungen überwiegend durch die Anschaffung der Lernsoftware und des Antivirenschutzsystems verursacht.

Das Nichtvorhandensein eines Servers mit einer Software Deployment-Funktionalität bewirkt, dass die Lernsoftware einzeln auf jedem Computer installiert werden muss und führt daher neben anderen Kostentreibern zu Supportkosten in Höhe von 7.812,50 € (26 %). Auch die unsachgemäßen Veränderungen am Betriebssystem der Clients von Seiten der Schüler und der Austausch dreier defekter Festplatten mit der Neuinstallation des Betriebssystems sowie der Lernsoftware erhöhen die Supportkosten und schlagen mit 1.000 € bzw. 337,50 € zu Buche.

Die letzten beiden Kostenkategorien Schulung und Vernetzung rufen Kosten in Höhe von 550 € (2%) bzw. 585 € (2%) hervor.

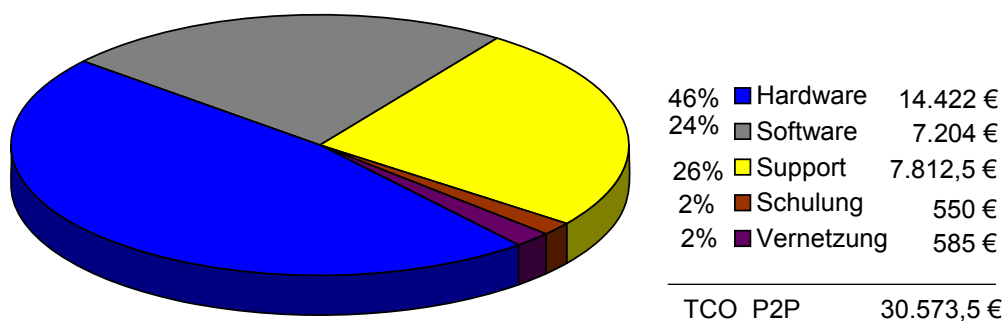


Abbildung 58: TCO der P2P-Technologie

Die jährlichen Kosten für die Nutzung der P2P-Technologie belaufen sich somit auf 6114,70 €. Ein Computerarbeitsplatz kostet den Schulträger 203,82 € pro Jahr.

V.4. Analyse der Total Cost of Ownership

Nachdem die TCO-Kennzahlen der drei Technologiealternativen einzelnen ermittelt worden sind, können weitere Untersuchungen anhand der detaillierten Kostenübersicht im Anhang auf S. XXXV und XXXVI und der der folgenden Abbildung durchgeführt werden:

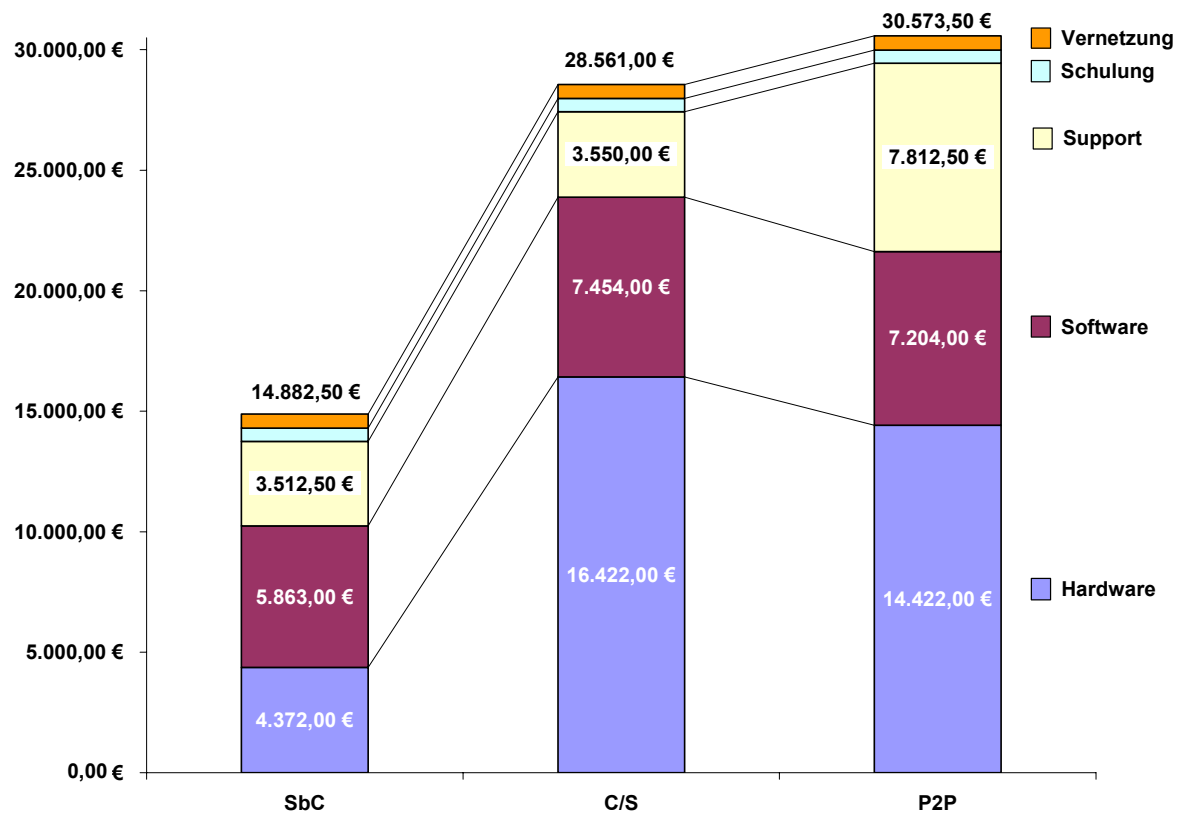


Abbildung 59: Vergleichende TCO-Darstellung der drei zu untersuchenden Technologien

Insgesamt können folgende Feststellungen gemacht werden:

- Die geringsten Gesamtkosten weist die SbC-Technologie mit 14.882,50 € im Betrachtungszeitraum von fünf Jahren auf. Sollte ein Schulträger sich für diese Technologie entscheiden, so müsste er nur die Hälfte von dem investieren, was bei der Realisierung der anderen beiden Technologien mit 28.561 € für die C/S-Umgebung und mit 30.573,50 € für die P2P-Umgebung anfallen würde.
- Die Client/Server-Technologie kann nur aufgrund der zentralisierten Verteilung der Software auf die C/S-Clients einen Vorsprung gegenüber der Peer-to-Peer-Technologie für sich verzeichnen. Obwohl Beide Technologien liegen in den einzelnen Kostenkategorien gleich auf. Nur durch die Anschaffung eines Servers in Höhe von 2.000 € kann die C/S-Technologie immer noch einen ausreichenden finanziellen Vorsprung erreichen.
- Jede Technologie, die einen voll ausgestatteten Computer im Sinne eines Fat-Clients einsetzt, erzeugt im Bereich der Hardware hohe Anschaffungskosten. So ist signifikant, dass der Kostenblock der Hardware bei der SbC-Technologie mit 4.372 € der niedrigste ist. Mit weitem Abstand folgen mit 14.422 € die P2P-Technologie und mit 16.422 € die C/S-Technologie.

- Während die Software-Ausgaben bei der C/S- und der P2P-Technologie fast auf dem gleichem Niveau liegen (C/S: 7.454 €, P2P: 7.204 €), kann auch hier die SbC-Technologie (SbC: 5863 €) einen Vorsprung erzielen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass alle drei Technologien die gleichen Aufwendungen für die Anschaffung der Anwendungs- und Lernsoftware beinhalten. Der Grund für diese erhebliche Differenz liegt in der Tatsache, dass bei der C/S- und P2P-Technologie für den Einsatz der Fat-Clients Betriebssysteme erforderlich sind, die mit 2.560 € zu Buche schlagen.
- Auch im Bereich der Kostenkategorie Support fällt auf, dass die P2P-Technologie im Vergleich zu den anderen beiden Technologien mit 7.812,50 € die größten Kosten verursacht. Die Erklärung dieser hohen Kosten kann in der detaillierten Kostenübersicht im Anhang gefunden werden. So ist deutlich zu erkennen, dass nach jeder Anschaffung einer Software diese auf jedem der 30 Computer einzeln installiert werden muss. Die C/S-Technologie (3.550 €) hat eine Deploymentsoftware installiert, wodurch die angeschaffte Software nur einmal auf dem Server installiert werden muss und dann über den RIS-Dienst auf die Clients verteilt wird. Die SbC-Technologie (3.512,50 €) profitiert davon, dass alle Anwendungen zentral auf dem Server laufen und daher auch hier die angeschaffte Software nur einmal installiert werden muss.
- Die Ausstattung der Schule mit hochperformanten Clients erzeugt in einer C/S-Umgebung und in einer P2P-Umgebung Kosten in Höhe von 12.000 € bei einem Basispreis von 400 € pro Standard-Schulcomputer. Sollte der Schulleiter abweichend von dem der Fallstudie zugrunde liegenden Basispreis beschließen, seine Schule mit Computern auszustatten, deren Anschaffung Kosten in Höhe von 500 € pro Schulcomputer verursachen, so kann dies erhebliche Auswirkungen auf die TCO der beiden Technologien haben. Bei der P2P-Technologie würden die Gesamtkosten von 30.573,50 € auf 33.573,50 € steigen, da für die Clients statt 12.000 € 15.000 € ausgegeben werden müssen. Die SbC-Technologie ist von Veränderung der Anschaffungskosten bei den Clients unabhängig, da im vorliegenden Fall gebrauchte Computer eingesetzt werden.
- Einen fast unbemerkten Kostentreiber stellt das Antivirenschutzsystem mit 223 € für eine Schullizenz pro Jahr dar. Diese Kosten mögen dem Schulträger sicherlich überflüssig erscheinen, doch kann ein mit einem Virus infizierter Schulcomputer andere Computer infizieren und dann im Rahmen der Be-

seitigung zu Supportkosten führen, die ein Vielfaches der Kosten für den Antivirenschutz ausmachen können.

- Gerade einmal 4% der Gesamtkosten der SbC-Technologie und 2% der Gesamtkosten der anderen beiden Technologien werden in der Kategorie Schulung in die Lehrerausbildung im Umgang mit der Technologie und unterrichtsspezifische Aus- und Fortbildungskurse investiert. Diese Prozentzahlen zeigen deutlich, dass für den Zeitraum von 5 Jahren die Kostenkategorie Schulung im Vergleich zu den anderen Kostenkategorien einen zu geringen Betrag für die Lehrerausbildung aufbringt. Jedoch müssen die finanziellen Grenzen vieler Schulträger berücksichtigt werden.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass jeglicher Fat-Client-Ansatz zu erhöhten Hardwarekosten führt. Sollte zudem als Client-Betriebssystem Microsoft Windows eingesetzt werden, werden die Ausgaben für das Betriebssystem und die Wartung zunehmen.

Ob die SbC-Technologie neben dem ermittelten finanziellen Vorsprung in Höhe von 15.691 € gegenüber der P2P-Technologie auch im Rahmen der Nutzwertanalyse als vorteilhaft eingestuft werden kann, soll das nächste Unterkapitel zeigen.

V.5. Allgemeine Darstellung der Nutzwertanalyse

Das in den 70er Jahren durch Christoph Zangemeister bekannt gewordene Verfahren ist "eine Planungsmethode zur systematischen Entscheidungsvorbereitung bei der Auswahl von Handlungsalternativen. Sie analysiert eine Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die einzelnen Alternativen entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines mehrdimensionalen Zielsystems zu ordnen."¹⁸¹ Dabei werden zur Entscheidungsfindung monetäre und nicht monetäre Größen oder ausschließlich nicht monetäre Größen zur Bewertung mit Hilfe einer Kardinalskala herangezogen.¹⁸² Monetäre Aspekte, wie zum Beispiel die Gesamtkosten einer Handlungsalternative,

¹⁸¹ Zangemeister (1976), S. 45.

¹⁸² vgl. Hoffmeister (2000), S. 278.

können also in das Zielsystem mit einbezogen werden, stellen jedoch nicht mehr die alleinige Entscheidungsgrundlage dar.¹⁸³

Das Ergebnis dieser Methode wird durch den Gesamtnutzenwert jeder Handlungsalternative ausgegeben, aufgrund dessen die einzelnen Handlungsalternativen priorisiert werden. Aus diesem Grund ermittelt die Nutzwertanalyse weniger die Effizienz der Handlungsalternative als vielmehr die Effektivität in Form eines Gesamtnutzens der Handlungsalternative bzgl. des definierten Zielsystems.

Der Prozess der Entscheidungsfindung wird durch die Unterteilung in einzelne Schritte erheblich transparenter und übersichtlicher.¹⁸⁴ Die Definition und Dokumentation der Bewertungskriterien hilft zudem dabei, den Entscheidungsfindungsprozess besser nachvollziehen zu können.¹⁸⁵

Trotz aller Vorteile muss auch das Verfahren der Nutzwertanalyse kritisch betrachtet werden. Als Hauptschwierigkeit kann die Subjektivität bei der Erstellung des Zielsystems und bei der Gewichtung der Bewertungskriterien angeführt werden. Dennoch stellt die Nutzwertanalyse ein in der Praxis weit verbreitetes Verfahren zur Messung der Gesamtnutzenwerte und damit zur Vorbereitung der Entscheidungsfindung dar.

V.6. Durchführung der Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse wird in sieben einzelne Schritte untergliedert:¹⁸⁶

1. Konkretisierung des entscheidungsrelevanten Zielsystems
2. Formulierung und Unterteilung der Bewertungskriterien
3. Gewichtung der Kriterien
4. Bewertung der Investitionsalternativen
5. Ermittlung der Teil- und Gesamtnutzwerte
6. Durchführung der Sensitivitätsanalyse
7. Auswahl der Investitionsalternative

Als erstes muss das Zielsystem mit den Bewertungskriterien aufgesetzt werden.¹⁸⁷ Das Zielsystem wird den drei Entscheidungsalternativen - der SbC-Technologie, der C/S-Technologie und der P2P-Technologie - zugrunde gelegt

¹⁸³ vgl. Nicolai (1994), S. 425.

¹⁸⁴ vgl. Nicolai (1994), S. 425.

¹⁸⁵ vgl. Nicolai (1994), S. 425.

¹⁸⁶ vgl. Nicolai (1994), S. 423.

¹⁸⁷ Die Erstellung dieses Systems erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Schulleiter der Grundschule Alkofen.

und enthält als Gesamtziel die technologische Nutzung¹⁸⁸ der Schul-IT für den computergestützten Unterricht an der Grundschule. In einem weiteren Schritt muss dieses Gesamtziel in Einzelziele differenziert werden:

Einzelziel	Beschreibung
Kosten	Geringe Anschaffungs-, Betriebs- und Entsorgungskosten der Technologie ¹⁸⁹
Support	Geringe Komplexität bei der Beseitigung von IT-Problemen
Flexibilität	Gute Erweiterungsmöglichkeiten der Technologie
Installation	Geringe Komplexität der Installation
Performance	Hohe Arbeitsgeschwindigkeit der Clients
Zuverlässigkeit	Hohe Verfügbarkeit und Stabilität der Technologie
Administration	Einfache Administration der Technologie
Sicherheit	Hohe Sicherheit gegenüber internen und externen Bedrohungen

Tabelle 10: Formulierung der Einzelziele der NWA

Als nächstes müssen zur Ermittlung des Zielerreichungsgrades des Einzelziels geeignete Bewertungskriterien festgelegt werden. Zur besseren Messbarkeit bzw. besseren Schätzbarkeit werden dem Einzelziel mehrere Bewertungskriterien zugeordnet. Damit die Ergebnisse der Nutzwertanalyse nicht verfälscht werden, sollten die Bewertungskriterien möglichst überschneidungsfrei konkretisiert werden.¹⁹⁰

Die einzelnen Bewertungskriterien werden in MUSS-Kriterien und KANN-Kriterien eingestuft. Da alle drei Technologien den Einsatz im Rahmen des computergestützten Unterrichts an der Schule erfüllen,¹⁹¹ wird auf die weitere Betrachtung von MUSS-Kriterien verzichtet. Die Bewertungskriterien in der nachfolgenden Tabelle stellen ausschließlich KANN-Kriterien dar:

¹⁸⁸ Unter der technologischen Nutzung der Schul-IT werden sämtliche Aspekte verstanden, die die Nutzung der Schul-IT, basierend auf der zu betrachtenden Technologie, überhaupt erst ermöglichen. Völlig außer Betracht gelassen werden die didaktischen Aspekte der Nutzung der Schul-IT, da diese im Wesentlichen durch die Lernsoftware und die Unterrichtsgestaltung bedingt sind.

¹⁸⁹ Zur Bewertung dieses Einzelziels werden die TCO-Kennzahlen aus der TCO-Untersuchung am Anfang dieses Kapitels verwendet.

¹⁹⁰ vgl. Weber (2002), S. 343.

¹⁹¹ Sowohl die P2P-Technologie, als auch die C/S-Technologie werden gegenwärtig in den Schulen im Rahmen des computergestützten Unterrichts eingesetzt und erfüllen somit das einzige vom Schulleiter geforderte MUSS-Kriterium "Generelle Einsetzbarkeit der Technologie im Rahmen des computergestützten Unterrichts". Die Einsetzbarkeit der SbC-Technologie wurde bereits in Kapitel IV. bewiesen. Aus diesem Grund wird keine der drei Alternativen von der weiteren Behandlung ausgeschlossen.

Einzelziel	Nr.	Bewertungskriterium	Gewicht.	Teilgew.
Kosten	B01	Anschaffungs-, Betriebs- und Entsorgungskosten (TCO)	8%	8%
Support	B02	Beseitigung von Hardwareproblemen	12%	4%
	B03	Beseitigung von Softwareproblemen		4%
	B04	Beseitigung von Betriebssystemproblemen		4%
Flexibilität	B05	Erweiterbarkeit der Hardware (5 neue PC-Arbeitsplätze)	12%	4%
	B06	Verwendung von zusätzlicher Peripherie (Scanner)		4%
	B07	Grenzen des Softwareeinsatzes (3D-Software)		4%
Installation	B08	technologiebedingte Komplexität der Installation von Software und Peripheriekomponenten	12%	6%
	B09	technologiebedingte Installationsdauer von Software und Peripheriekomponenten		6%
Performance	B10	Dauer des Startvorgangs der Clients	14%	4%
	B11	Geschwindigkeit der Anwendungen		10%
Zuverlässigkeit	B12	Verfügbarkeit der Technologie	16%	8%
	B13	Stabilität der Technologie		8%
Administration	B14	Komplexität des Systems	10%	10%
Sicherheit	B15	Anfälligkeit gegenüber Benutzereingriffen	16%	12%
	B16	Anfälligkeit gegenüber externen Angriffen		4%

Tabelle 11: Übersicht über die Bewertungskriterien einschließlich der Gewichtung

Anschließend müssen die Bewertungskriterien durch die Vergabe von Prozentsätzen vom Schulleiter gewichtet werden. Die Summe der vergebenen Prozentsätze muss 100% ergeben. Die Durchführung der Bewertung der Investitionsalternativen erfolgt unabhängig von der Gewichtung auf der Grundlage folgender Zuordnungstabelle:

Zuordnungsgrad	Ausprägung	Punktezahl
Sehr gut	+	10
	-	9
Gut	+	8
	-	7
Befriedigend	+	6
	o	5
	-	4
Ausreichend	+	3
	-	2
Mangelhaft	+	1
	-	0

Tabelle 12: Zielerreichungsgrade¹⁹²

¹⁹² vgl. Hoffmeister (2000), S. 278-308, hier: S. 288.

Im nächsten Schritt werden auf der Grundlage der mit Punkten bewerteten Oberziele und der vergebenen Prozentwerten die Teilnutzen ermittelt.

Bewertungskriterium	Nr.	G	TG	SbC		C/S		P2P	
				Punkte	Teilnutzen	Punkte	Teilnutzen	Punkte	Teilnutzen
Kosten	B01	8	8	9	0,72	6	0,48	5	0,40
Support	B02	12	4	9	0,36	7	0,28	7	0,28
	B03		4	8	0,32	7	0,28	7	0,28
	B04		4	8	0,32	6	0,24	6	0,24
Flexibilität	B05	12	4	9	0,36	7	0,28	7	0,28
	B06		4	5	0,20	10	0,40	10	0,40
	B07		4	6	0,24	10	0,40	10	0,40
Installation	B08	12	6	8	0,48	7	0,42	9	0,54
	B09		6	10	0,60	10	0,60	2	0,12
Performance	B10	14	4	6	0,24	8	0,32	8	0,32
	B11		10	7	0,70	9	0,90	9	0,90
Zuverlässigkeit	B12	16	8	9	0,72	7	0,56	7	0,56
	B13		8	9	0,72	8	0,64	8	0,64
Administration	B14	10	10	3	0,30	5	0,50	7	0,70
Sicherheit	B15	16	12	9	1,08	4	0,48	4	0,48
	B16		4	8	0,32	6	0,24	6	0,24
Gesamtpunkte/Gesamtnutzen				123	7,68	117	7,02	112	6,78
Rangfolge					1		2		3

Abbildung 60: Ergebnisse der Nutzwertanalyse¹⁹³

Der Gesamtnutzen einer Alternative wird durch Aufsummieren der Teilnutzen ermittelt. Anhand der Gesamtnutzenwerte kann nun eine vorläufige Rangfolge für die drei Alternativen bestimmt werden.¹⁹⁴ Es erscheint jedoch sinnvoll, vor der Erstellung der endgültigen Rangfolge eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen. Im Rahmen dieses Schrittes wird der Einfluss von Veränderungen auf die Gewichtungen und der Zielvorgaben ermittelt. Dadurch soll überprüft werden, ob durch diese gewollten Manipulationen die Rangfolge der Alternativen bestätigt wird oder ob eine erneute Überarbeitung der Nutzwertanalyse erforderlich ist.

Die prozentuale Verdoppelung der Gewichtung eines einzelnen Bewertungskriteriums erbringt für alle Variationsmöglichkeiten keine nennenswerten Veränderungen der Rangreihenfolge. Das Streichen eines Bewertungskriteriums liefert nur bei zwei Modifikationen eine Änderung der Rangreihenfolge. Wenn das Bewertungskriterium Installation aus dem Bewertungskatalog herausgenommen wird, dann tauschen die C/S-Technologie und die P2P-Technologie den Rang. Die Streichung des Bewertungskriteriums Sicherheit führt dazu, dass die SbC-

¹⁹³ In der Tabelle steht das G für Gewichtung und TG für Teilgewichte.

¹⁹⁴ vgl. Weber (2002), S. 346.

Technologie mit der C/S-Technologie den Rang tauscht. Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, dass nur in den zwei genannten Ausnahmefällen eine Rangfolgeänderung eintritt und zudem die Einbeziehung des Einzelziels der Sicherheit von großer Bedeutung ist. Daher kann die vorläufig ermittelte Rangfolge der Alternativen nach Abschluss der Sensitivitätsanalyse bestätigt werden.

Auf die Bewertung der einzelnen Kriterien und den Vergleich der Teilnutzen pro Bewertungskriterium wird im nachfolgenden Unterkapitel eingegangen.

V.7. Analyse der Ergebnisse der Nutzwertanalyse

Wie bereits durch die Kostenbetrachtung am Anfang dieses Kapitels festgestellt wurde, weist die SbC-Technologie die niedrigsten TCO auf. Daher wird das Kostenkriterium dieser Alternative mit 9 Punkten bewertet. Die C/S-Technologie und die P2P-Technologie können aufgrund hoher Kosten nur einen befriedigenden Zielerreichungsgrad aufweisen und erhalten aus diesem Grund 6 bzw. 5 Punkte. Im Bereich des Supports soll die Beseitigung von Hardware-, Software- und Betriebssystemfehlern bewertet werden. Durch den Einsatz von SbC-Clients und den damit verbundenen unkomplizierten Austausch dieser Clients bei Hardwarefehlern werden 9 Punkte für die SbC-Technologie vergeben. Berücksichtigt wird hierbei die Tatsache, dass die SbC-Clients ohne die fehleranfälligen Komponenten Festplatte und CD-Rom-Laufwerk auskommen. Das Nichterreichen der Maximalpunktzahl wird durch die Serverkomponente und deren Problematik bei Hardwarefehlern begründet. Eine ähnlich hohe Punktzahl erzielt die SbC-Technologie im Bereich der Beseitigung von Software- und Betriebssystemfehlern. Auch hier kann angeführt werden, dass auf den Clients weder ein umfangreiches und komplexes Betriebssystem noch Lernsoftware installiert ist. Aus diesem Grund werden jeweils 8 Punkte vergeben. Die C/S- und die P2P-Technologiealternativen erreichen nur jeweils 7 Punkte bei der Beseitigung von Hardware- und Softwareproblemen und jeweils 6 Punkte bei der Beseitigung von Betriebssystemproblemen, da die Clients eine anfällige Hardware, umfangreiche und ungeschützte Softwareinstallationen und vor allem ein komplexes Betriebssystem besitzen.

Im Bereich der Flexibilität weist die SbC-Technologiealternative bei der Erweiterung der Schul-IT-Ausstattung um weitere 5 Schülerarbeitsplätze mit 9 Punkten einen sehr guten Zielerreichungsgrad auf. Zur Integration der Arbeitsplätze müssen diese nur technisch überprüft, aufgestellt und angeschlossen werden. Nach

der Erstellung des SbC-Clientimages wird auf dem SbC-Server ein neuer Benutzer eingerichtet. Wesentlich umfangreicher ist die Integration von 5 neuen Computerarbeitsplätzen bei der C/S- und der P2P-Technologiealternative, da diese ein komplexes Betriebssystem benötigen und die Software installiert werden muss. Aus diesem Grund werden den beiden Technologiealternativen jeweils 7 Punkte zugewiesen.

Die Benutzung von Peripheriekomponenten ist in einer SbC-Umgebung problematisch, da die SbC-Clients ein kleines, dediziertes Betriebssystem vom SbC-Server erhalten. Der Anschluss von Druckern und USB-Speichergeräten ist sicherlich möglich, jedoch stößt diese Technologie mit dem Anschluss von Scannern und Digitalkameras an ihre Grenzen. Aus diesem Grund erhält die SbC-Technologie nur 5 Punkte. Die volle Punktzahl erhalten dagegen die anderen beiden Alternativen, da deren Fat-Clients ein funktional umfangreiches Betriebssystem besitzen. Auch im Bereich der Software stößt die SbC-Technologie auf Grenzen, da Spezialsoftware (CAD-, 3D-, Videosoftware) nur eingeschränkt bis überhaupt nicht benutzt werden kann. Die Bewertung erfolgt deswegen mit 6 Punkten. Die anderen beiden Alternativen werden aufgrund der Anwendungsmöglichkeiten des Betriebssystems mit jeweils 10 Punkten bewertet.

Im Bereich der Installation wird die technologisch bedingte Komplexität und Dauer von Softwareinstallationen beurteilt. Die SbC-Technologie erzielt bei der Komplexität von Softwareinstallationen 8 Punkte. Die anderen beiden Alternativen werden mit 7 (C/S-Technologie) und mit 9 Punkten (P2P-Technologie) bewertet. Die Installation einer Lernsoftware wird in einer SbC-Umgebung auf dem SbC-Server durchgeführt und muss dann für die anderen Benutzer auf dem SbC-Server eingerichtet werden. Etwas komplexer gestaltet sich die Installation in einer C/S-Umgebung mit RIS-Diensten. Die P2P-Technologie erweist sich als unproblematisch, da zusätzliche Arbeitsschritte entfallen. Die Software muss einfach nur installiert werden und steht damit auf dem einzelnen P2P-Client zur Verfügung. Problematisch ist nur, dass die Software auf jedem Computer der Schule installiert werden muss. Daher erzielt die P2P-Technologie in dem Bereich der Installationsdauer nur 2 Punkte. In der SbC- und C/S-Umgebung muss die Software nur einmal installiert und eingerichtet werden. Aus diesem Grund erzielen diese Technologien jeweils 10 Punkte.

Die Dauer des Startvorgangs der Clients und die Arbeitsgeschwindigkeit der Anwendungen auf den Clients werden für das Einzelziel Performance ermittelt,

wobei die beiden Bewertungskriterien mit 4 und 10 Prozentpunkten unterschiedlich gewichtet werden. Bei der Dauer des Startvorganges eines Clients erzielt die SbC-Technologie 6 Punkte, die beiden anderen Technologien erreichen 8 Punkte. Der Start der SbC-Clients dauert aufgrund der alten Hardware etwa 1½ Minuten. Aktuelle Computer benötigen nur eine Minute für den Start des Betriebssystems. Für die Arbeitsgeschwindigkeit mit aktuellen Anwendungen erhält die SbC-Technologie 7 Punkte und die anderen beiden Technologien 9 Punkte. Der Grund für die Differenz von zwei Punkten liegt in dem potentiellen Geschwindigkeitsverlust der SbC-Technologie durch die gleichzeitige Verwaltung der Terminalsitzungen mehrerer Benutzer. Sollten beispielsweise zehn Benutzer gleichzeitig eine Dateisuche durchführen, so würde das Festplattensystem des SbC-Servers sehr stark beansprucht werden und demzufolge eine entsprechende Wartezeit bis zum Erscheinen der Suchergebnisliste auftreten.

Die Ermittlung der Zuverlässigkeit erfolgt durch die Schätzung der Verfügbarkeit und der Stabilität für jede Technologie. Sowohl die Verfügbarkeit als auch die Stabilität der SbC-Technologie werden mit 9 Punkten bewertet. Die Verfügbarkeit war bis auf eine Ausnahme in dem betrachteten Zeitraum Anfang Oktober 2005 bis Ende Juni 2006 sehr gut. Auch liefen die Anwendungen in diesem Zeitraum sehr stabil. Die Verfügbarkeit der anderen beiden Technologien wird mit 7 Punkten bewertet, da zum einen immer wieder beobachtet werden kann, dass in dem Computerraum ein Computer nicht korrekt gestartet werden kann und zudem auch auf einigen Computern die Software nicht installiert ist bzw. wegen Betriebssystemfehlern nicht gestartet werden konnte. Die Stabilität der C/S-Technologie und der P2P-Technologie wird daher mit 8 Punkten bewertet.

Einen großen Punkteverlust und damit einhergehend einen geringen Zielerreichungsgrad erleidet die SbC-Technologie mit 2 Punkten im Bereich der Administration. Die Kombination von einem dedizierten Mini-Linux-Betriebssystem auf der Clientseite und dem Windows Serverbetriebssystem mit Terminaldiensten und speziellen SbC-Erweiterungen auf der Serverseite machen die Administration für den Schulleiter unmöglich, so dass diese Technologie nur von externen Fachkräften betreut werden kann. Auch die C/S-Technologie schneidet mit 5 Punkten schlecht ab, da ein Microsoft Windows Serverbetriebssystem zur zentralen Speicherung von Dateien und zur Verteilung der Software eingesetzt wird. Nur bei der P2P-Technologie sieht sich der Schulleiter in der Lage, Administrationsaufgaben zu übernehmen, wenngleich bei größeren Problemen auch hier ein

Fachmann zur Unterstützung gerufen wird. Daher erhält die P2P-Technologie 8 Punkte.

Das mit 16 Prozentpunkten gewichtete Bewertungskriterium Sicherheit wird untergliedert in die Anfälligkeit der Schul-IT gegenüber Benutzereingriffen und gegenüber externen Angriffen. Die SbC-Technologie schneidet mit 9 und 8 Punkten sehr gut ab, da durch die Definition der Gruppenrichtlinien und die Aktivierung der serverseitigen Firewall die Angriffsmöglichkeiten minimiert werden können. Die anderen beiden Technologien können sich aufgrund fehlender Schutzmöglichkeiten nur minimal gegenüber nicht autorisierten Benutzereingriffen schützen, da in der Windows XP Home-Version die Gruppenrichtlinien fehlen. Auch gegenüber externen Angriffen sind die beiden Technologien nicht so gut gewappnet, da eine Firewall fehlt und zudem die Absicherung der 30 Clients eher eine Sicherheitslücke offen läßt. Bei der SbC-Technologie erfolgen sämtliche sicherheitsrelevante Einstellungen zentral am Server. Daher wird für die C/S- und die P2P-Technologie die interne Sicherheit mit 4 Punkten und die externe Sicherheit mit 6 Punkten bewertet.

Bei der Betrachtung der Nutzenwerte pro Einzelziel fällt auf, dass die SbC-Technologie im Bereich der Kosten, des Supports, der Installation, der Zuverlässigkeit und der Sicherheit den größten Nutzenwert erzielen kann und somit den größten Zielerreichungsgrad unter den drei betrachteten Technologiealternativen aufweisen kann. Den größten Teilnutzen bei einem Bewertungskriterium erlangt die SbC-Technologie mit einem Wert von 1,08 bei dem Bewertungskriterium der Anfälligkeit der Technologie gegenüber Benutzereingriffen, während der größte Teilnutzen bei einem Einzelziel im Bereich der Zuverlässigkeit mit einem Nutzenwert von 1,44 erreicht wird.

Die C/S-Technologie bewegt sich überwiegend im Mittelfeld und kann für die Einzelziele Flexibilität und Performance zusammen mit der P2P-Technologie den größten Zielerreichungsgrad aufweisen. Die P2P-Technologie kann nur einen ersten Platz für das Einzelziel Administration erzielen.

Abschließend kann für die Nutzwertanalyse festgehalten werden, dass die SbC-Technologie mit 7,68 den ersten Rang, die C/S-Technologie mit 7,02 und die P2P-Technologie mit 6,78 den dritten Rang belegt.

V.8. Ermittlung des Gesamtergebnisses der Fallstudie Alkofen

Die Ermittlung der TCO-Untersuchungen hat unter den gegebenen Voraussetzungen ergeben, dass die SbC-Technologie im Betrachtungszeitraum von 5 Jahren Gesamtkosten in Höhe von 14.933 €, die C/S-Technologie Gesamtkosten in Höhe von 28.686 € und die P2P-Technologie 30.423,50 € verursacht. Damit erzielt die SbC-Technologie mit einem sehr großen Abstand zu den anderen beiden Technologien die niedrigsten Gesamtkosten.

Nach Abschluss der Nutzwertanalyse kann aufgezeigt werden, dass unter Berücksichtigung des definierten Zielsystems die SbC-Technologie einen Gesamtnutzen von 7,68, die C/S-Technologie einen Gesamtnutzen von 7,02 und die P2P-Technologie einen Gesamtnutzen von 6,78 erzielt. Auch in dieser Untersuchung kann die SbC-Technologie ihre Vorteilhaftigkeit beweisen.

Aufgrund der Tatsache, dass die SbC-Technologie bereits in der Kostenbetrachtung einen großen Vorsprung gegenüber den anderen beiden Technologien erzielt und auch in der Nutzwertanalyse den ersten Rang belegt, kann die SbC-Technologie im Vergleich zu den anderen beiden Technologien als die effizienteste und effektivste Technologie eingestuft werden. Aus diesem Grund kann die SbC-Technologie unter den gegebenen Voraussetzungen für den Einsatz an der Grundschule Alkofen empfohlen werden. Diese Empfehlung gilt aufgrund der im Vorfeld getroffenen Annahmen ausschließlich für die Schulart der Grundschule und kann daher nicht uneingeschränkt auf andere Schularten übertragen werden.

Im Sinne einer nachhaltigen Einführung der SbC-Technologie wird im nachfolgenden Kapitel die Errichtung ein für die SbC-Technologie geeignetes Gesamtkonzept aufgezeigt.

VI. Entwicklung eines zweistufigen Schul-IT-Dienstleistungskonzepts

Dieses Kapitel setzt sich mit der Entwicklung eines geeigneten Dienstleistungskonzepts zwischen dem Sachaufwandsträger und der Privatwirtschaft zur nachhaltigen Sicherstellung der Ausstattung und des Betriebs der SbC-Technologie an mehreren Grundschulen auseinander.

Bevor jedoch auf die zur Auswahl stehenden Konzepte eingegangen wird, werden zuerst mehrere Best Practice Beispiele angeführt. Diese sollen zeigen, auf welche Art und Weise die Sachaufwandsträger zusammen mit einem oder mehreren privaten Partnern den Aufbau und die Sicherung einer kostengünstigen und qualitativ hochwertigen IT-Infrastruktur für die Schulen bewältigt haben. Dabei sollen nicht nur die Erfolgsfaktoren, sondern auch die Schwachstellen dieser Projekte aufgezeigt werden.

VI.1. Best Practice Beispiele

VI.1.1. Best Practice Projekt des Landes Berlin

Das Berliner Landesinstitut für Schule und Medien (LISUM) versucht seit 1997, den Herausforderungen der Informationsgesellschaft im Wesentlichen durch zwei Initiativen, "Cids - Computer in die Schulen" und "eEducation Masterplan Berlin", gerecht zu werden.

Die Initiative "Cids - Computer in die Schulen" hat sich in der ersten Phase 1998-2005 primär um die Sicherung der Grundausrüstung mit Informations- und Kommunikationstechnologie beschäftigt.¹⁹⁵ Mittlerweile wurden in den über 750 Berliner öffentlichen allgemein bildenden Schulen mehr als 32.000 Computer aufgestellt.¹⁹⁶ Finanziert wurde die kontinuierliche Erweiterung der IT-Ausrüstung aus Mitteln der Stiftung Deutsche Klassenlotterie in Höhe von über 5 Millionen Euro.¹⁹⁷

Die im Jahr 1998 gegründete und im Jahr 2001 in eine gemeinnützige GmbH umgewandelte Firma Cids verfolgt als Trägerin der gleichnamigen Bildungsinitiative des Landes Berlin mit der Durchführung zahlreicher Großprojekte mehrere Ziele. Mit dem Teilprojekt "Berliner Schulen Online" hat das Unternehmen in den

¹⁹⁵ vgl. Meschenmoser/Müller/Thymin (2005), S. 5.

¹⁹⁶ vgl. Senatverwaltung für Bildung, Jugend und Sport (2005).

¹⁹⁷ vgl. Senatverwaltung für Bildung, Jugend und Sport (2005).

ersten drei Jahren alle Berliner Schulen mit einem Internetzugang versorgt. Zudem wurde eine auf schulische Bedürfnisse abgestimmte IT-Infrastruktur geschaffen, indem in weiteren Teilprojekten in den ersten Jahren Altgeräte für den schulischen Einsatz auf- und umgerüstet und von Betrieben ausgemusterte Gebrauchtgeräte vermittelt wurden.¹⁹⁸ In einem weiteren Schritt hat die gemeinnützige GmbH im Rahmen von mehreren Projekten die Qualifikation von Lehrkräften durch Lehrerfortbildungen gesichert und die technische Unterstützung für die Lehrkräfte durch eine Service-Hotline und ein mobiles Team gewährleistet.¹⁹⁹ Die Grundausstattung der Schulen mit Computern wurde Ende 2005 durch die Cids GmbH abgeschlossen.²⁰⁰

Nach Unstimmigkeiten bei der Ausschreibung und Vergabe von Aufträgen beim Kooperationspartner Landesbetrieb für Informationstechnik (LIT)²⁰¹ und Beanstandungen nach der Überprüfung durch den Bundesrechnungshof hat der Berliner Senat den Fünf-Jahres-Vertrag der Cids GmbH nicht verlängert. Die übrig gebliebenen Mitarbeiter dieser Firma konzentrieren sich derzeit auf das Einsammeln von Spenden.²⁰²

Die zweite Initiative mit dem Namen "eEducation Masterplan Berlin" wurde im Jahr 2005 gestartet und soll auf der ersten Initiative aufbauen. Dieser Plan formuliert Ziele und Maßnahmen bis 2010 zur Umsetzung des computergestützten Unterrichts. In diesem Zusammenhang werden digitale Lerneinheiten und Fortbildungskonzepte für Lehrer sowie technische und pädagogische Unterrichtsmodelle entwickelt und umgesetzt.²⁰³

Das für die Berliner Schulen realisierte Konzept zeigt drei wesentliche Erfolgsfaktoren auf:

1. Die zentrale Organisation in den Bereichen Technik und Fortbildung durch das Berliner Landesinstitut für Schulen und Medien führte zu einem strukturierten und mit den einzelnen Beteiligten abgestimmten Projektablauf.
2. Die finanziellen Zuschüsse der Stiftung Deutsche Klassenlotterie haben zur finanziellen Sicherung der Errichtung der IT-Infrastruktur wesentlich beigetragen.

¹⁹⁸ vgl. Kossel (1998), S. 178.

¹⁹⁹ vgl. CIDS (2006).

²⁰⁰ vgl. Senatverwaltung für Bildung, Jugend und Sport (2005).

²⁰¹ vgl. Richter (2004), S. 17.

²⁰² vgl. Beckmann (2005).

²⁰³ vgl. Senatverwaltung für Bildung, Jugend und Sport (2005).

3. Die Initiative "eEducation Masterplan Berlin" stellt die pädagogische und didaktische Basis für den weiteren Verlauf des Projektes dar. Der Masterplan zeigt eindeutig, dass die Entwicklung von computergestützten Unterrichtsmethoden nur durch digitale Lerneinheiten und durch umfangreiche Fortbildungsmaßnahmen für die Lehrer gesichert werden kann.

Kritisch muss die Arbeit der Cids-GmbH und der für die Ausschreibung zuständige Landesbetrieb für Informationstechnik (LIT) bei der IT-Erstausrüstung der Schulen betrachtet werden. Zeitungsberichten zu Folge wurde zwar die Grundausstattung der Schulen mit Computern realisiert, jedoch wurden im Jahr 2004 zu teure Computer angeschafft.²⁰⁴

Eine weitere Schwachstelle im Bereich der IT-Ausrüstung stellt die Finanzierung von Ersatzinvestitionen in Höhe von 5 Millionen Euro für die Modernisierung der IT-Ausrüstung dar, die derzeit bis 2008 gesichert ist.²⁰⁵ Ob die finanziellen Mittel im Haushalt ab 2009 berücksichtigt werden, konnte nicht ermittelt werden. Zudem wird der Finanzhaushalt derzeit durch die Realisierung des Masterplans belastet.

VI.1.2. Best Practice Projekt Lernstatt Paderborn

Unter dem Namen "Lernstatt Paderborn" hat die Stadt Paderborn im Herbst 2001 begonnen, für die allgemein bildenden Schulen der Kommune eine IT-Infrastruktur einzurichten, die auf dem Sun@School-Konzept und den Zielen der e-initiative.nrw basiert.²⁰⁶ Das von der Firma Sun entwickelte Konzept beruht auf drei technischen Ansätzen:²⁰⁷

- Es werden wartungsarme und robuste Thin-Clients der Marke Sun Ray als Arbeitsstationen eingesetzt.
- Auch wird eine Vernetzung innerhalb der Schulen und der Schulen untereinander angestrebt.
- Weiterhin erfolgt die Verlagerung des Verwaltungs- und Administrationsaufwandes auf Organisationen, die diese Arbeit kompetent und wirtschaftlich durchführen können.

²⁰⁴ vgl. Richter (2004).

²⁰⁵ vgl. Beckmann (2006).

²⁰⁶ vgl. Schulen ans Netz e.V. (2005a).

²⁰⁷ vgl. SUN (2005).

Insgesamt konnten 1.740 Sun Rays und 125 Multimediacomputer mit 46 Sun- und 61 Microsoft Windows-Servern aufgestellt werden.²⁰⁸

Die zentrale Administration der schulischen IT-Ausstattung erfolgt durch das Rechenzentrum GKD der Stadt Paderborn. Das Aufgabenfeld der GKD erstreckt sich dabei über die Wartung sämtlicher IT-Komponenten der Schulen und das Betreiben einer zentralen Hotline. An den Schulen selbst übernimmt ein Lehrer als Medienbeauftragter die allgemeine Benutzerverwaltung.²⁰⁹ Nachfolgend werden die einzelnen Projektbereiche kurz angesprochen. Sämtliche Bereiche basieren auf dem errichteten Schul-LAN:²¹⁰

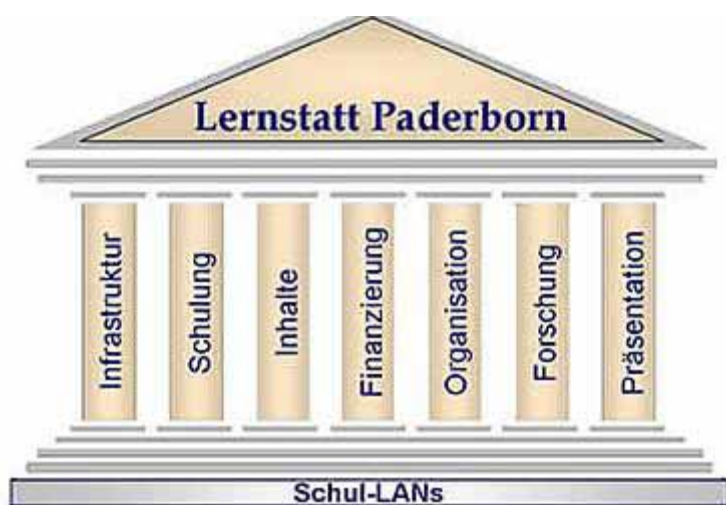


Abbildung 61: Der Aufbau der Lernstatt Paderborn²¹¹

Der zuvor beschriebene technische Projektbereich Infrastruktur stellt nur einen Teil des organisatorischen Gesamtkonzepts der Lernstatt Paderborn dar.

Für das Projekt von besonderer Bedeutung sind die Bereiche Schulung und Inhalte. Die Projektgruppe "Lernstatt Paderborn" wollte mit den beiden Bereichen verhindern, dass die IT-Infrastruktur in Zukunft nicht genutzt wird. Als Grund dafür wird angegeben, dass die Lehrer mit der Bedienung der Geräte und mit der Gestaltung eines computergestützten Unterrichts überfordert sein könnten.

Der Teilbereich Finanzierung muss die finanzielle Absicherung des ganzen Projektes überwachen. So wurden in den Jahren 2001 bis 2004 2,4 Millionen Euro überwiegend von der Stadt Paderborn und teilweise durch Zuweisungen des Landes Nordrhein-Westfalen aufgebracht. Auch haben Firmen im Rahmen von Projektpartnerschaften das Projekt finanziell unterstützt.

²⁰⁸ vgl. SUN (2005).

²⁰⁹ vgl. SUN (2005).

²¹⁰ Zu den Projektbereichen vgl. Lernstatt Paderborn (2006).

²¹¹ Die Abbildung wurde übernommen von Lernstatt Paderborn (2006).

Aufgrund des umfangreichen Themenspektrums und der vielen Arbeitskreise musste im Teilbereich Organisation eine zentrale Koordinierungs-, Steuerungs- und Entscheidungsinstanz durch die Projektgruppe "Lernstatt Paderborn" realisiert werden.

Die Zusammenarbeit mit der Universität Paderborn im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurde dem Projektbereich Forschung zugeordnet.

Letztendlich wurde von Seiten der privaten Projektpartner und der Projektgruppe die Forderung erhoben, innerhalb des Projektbereichs Präsentation die Konzepte und Ergebnisse des Gesamtprojektes über eine gemeinsame Pressearbeit der Öffentlichkeit mitzuteilen.²¹²

Die von ITworks durchgeführte Evaluation des Projektes hat ergeben, dass keine schwerwiegende Kritik an der Lernstatt existiert, die die Weiterführung des Projektes gefährden könnte. Jedoch besteht Optimierungsbedarf im Bereich der Benutzeranmeldung und -verwaltung, der Anbindung einzelner Schulen an das Ampelnetzwerk²¹³, der Ausstattung der Schulen mit veralteter Hardware und der Dokumentation auf allen Ebenen des Supports.²¹⁴ Auch haben Lehrer und Lehrerinnen die geringe Anzahl an verfügbarer Lernsoftware und die teilweise schlechten Reaktionszeiten der Software bemängelt.²¹⁵

Insgesamt hat die Stadt Paderborn mit der Realisierung des schulischen IT-Konzepts auf der Basis von Thin Clients und der zentralen Administration durch das Rechenzentrum GKD für eine nachhaltige Sicherung der IT-Ausstattung gesorgt. Jedoch konnten keine Informationen gefunden werden, wie die Finanzierung der in den nächsten fünf bis sechs Jahren zu erwartenden Ersatzinvestitionen aufgebracht werden sollte.

VI.1.3. Best Practice Projekt München

Ende 1999 hat der Stadtrat Münchens im Rahmen der sich abzeichnenden Herausforderungen des neuen Informations- und Kommunikationszeitalters beschlossen, eine IT-Ausstattungsoffensive an den Schulen zu starten.²¹⁶ Die über 240 Schulstandorte und die Verwaltungsbereiche der 400 Kindertagesstätten sollen intern und untereinander vernetzt, mit einem Internetanschluss und insge-

²¹² vgl. Projektgruppe Paderborn (2005), S. 20-25.

²¹³ Die Vernetzung der Paderborner Schulen erfolgt über das Paderborner Bildungsnetz (PBBN), das wiederum mit dem so genannten Ampelnetzwerk der Stadt verbunden ist.

²¹⁴ vgl. Schulen ans Netz e.V./ITworks (2005), S. 61-62.

²¹⁵ vgl. Schulen ans Netz e.V./ITworks (2005), S. 18-20.

²¹⁶ vgl. Tahetl-Matheis (2006).

samt mit etwa 28.000 Computern ausgestattet werden.²¹⁷ Dafür wurden in den Jahren 2000 bis 2004 etwa 120 Millionen Euro zur Verfügung gestellt.²¹⁸ Für die Bewältigung dieses Projektes wurde das Unternehmen T-Systems im Rahmen einer Public Private Partnership gewonnen. Zudem unterstützt dieser Partner das Projekt auch als Sponsor, wodurch die umfangreiche Computerausstattung mitfinanziert werden konnte.²¹⁹

Die Integration der neuen Medien an den Münchner Schulen basiert auf folgenden drei Säulen:²²⁰

- Das Konzept der pädagogischen Schulentwicklung sieht vor, dass jede Schule einen medienpädagogischen Entwicklungsplan (MEP) zu entwerfen hat, der die Integration der neuen Medien im Schulunterricht darstellen soll. Zudem müssen Fortbildungsmaßnahmen zur Kompetenzentwicklung des Lehrerkollegiums ergriffen werden. Dabei werden die Lehrer von einem Team des pädagogischen Instituts unterstützt. Mit Fortschritt dieser Maßnahmen können die Schulen den Bedarf an IT-Ausstattung ermitteln und melden.
- Mit dem organisatorischen Konzept verfolgt das Schulreferat das Ziel, durch zentrale und dezentrale Serviceeinheiten unter der Leitung der Abteilung Information und Kommunikation die Administration der IT-Infrastruktur der Schulen zu übernehmen. An den Schulen selbst führen die Systembetreuer schulorganisatorische Tätigkeiten, wie das Verwalten der Benutzerkonten, das Zuweisen von Software und das Freischalten des Internets durch.
- Die technische Konzeption beschreibt die Infrastruktur der rund 28.000 Computer und über 400 Server sowie die Verwaltung der ca. 160.000 Benutzerkonten für die Schüler und die ca. 11.000 Benutzerkonten für die Lehrkräfte. Auch wurden an jeder Schule zwei Netzwerke, ein pädagogisches Netzwerk für die Schüler und ein Verwaltungsnetzwerk mit sensiblen Daten für die Lehrkräfte getrennt voneinander eingerichtet.

Ein weiteres wichtiges Element dieser Konzeption stellt der dreistufige User-Help-Desk dar. Der First-Level-Support wird von dem Systembetreuer an der

²¹⁷ vgl. Landeshauptstadt München Schul- und Kultusreferat (o.J.).

²¹⁸ Die finanziellen Mittel in Höhe von 120 Millionen Euro beinhalten auch bauliche Maßnahmen.

²¹⁹ vgl. Bertelsmann Stiftung (2006).

²²⁰ vgl. Landeshauptstadt München Baureferat, Schul- und Kulturreferat (2005).

Schule geleistet. Sollte dieser das Problem nicht lösen können, so wird ein Mitarbeiter der Abteilung Information und Kommunikation sich der Sache annehmen. Sollte auch dieser keine Lösung finden, so wird die dritte Stufe des Supports durch einen Mitarbeiter von T-Systems oder einem anderen Partner aktiviert. Die Reaktionszeiten des Third-Level-Supports wurden in einem Service-Level-Agreement festgehalten.²²¹

Nach Angaben des Schulreferats liegt das Projekt sowohl im zeitlichen als auch im finanziellen Rahmen. Die Verträge mit den Partnern laufen noch bis Ende 2006. Die Anschlussfinanzierung ist in einem Mehrjahresinvestitionsplan der Landeshauptstadt München berücksichtigt worden.²²²

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor des Münchner Schulprojektes stellt die parallel zur Aus- und Fortbildung der Lehrer durchgeführte Ausstattung der Schulen dar. Dadurch wurde verhindert, dass die aufgestellten Computer über einen längeren Zeitraum hinweg von den Lehrern aufgrund fehlender Kenntnisse im Umgang mit den Computern nicht aufgesucht werden.

Auch die Gewinnung des Unternehmens T-Systems als Partner in einer Public Private Partnership und als Sponsor für die IT-Ausstattung hat zum Erfolg des Projektes wesentlich beigetragen.

Bedenklich ist jedoch die Betrachtung der Übergangsphase im Jahr 2007, wenn sich die großen Partner finanziell und administrativ zurückziehen und den Mitarbeitern der entsprechenden Abteilungen den Betrieb der Münchner IT-Infrastruktur überlassen.

Zudem konnten keine Informationen über die Finanzierung der zu erwartenden Ersatzinvestitionen für die über 28.000 Computer und 400 Server in den nächsten drei bis fünf Jahren gefunden werden.

VI.2. Public Private Partnership als Basis des Gesamtkonzepts

Wie das Best Practice-Beispiel der Stadt München gezeigt hat, besteht die Möglichkeit für große Schulträger, mit privaten Partnern zu kooperieren und sich gemeinsam der Ausstattung und des Betriebs der schulischen IT-Infrastruktur anzunehmen.

²²¹ vgl. Landeshauptstadt München Baureferat, Schul- und Kulturreferat (2005).

²²² vgl. Tahetl-Matheis (2006).

Diese Form der Zusammenarbeit fällt in den Bereich der Public Private Partnership (PPP). Trotz des Fehlens einer allgemein anerkannten Definition,²²³ verdeutlicht dieser Begriff die "langfristig vertraglich geregelte Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand und Privatwirtschaft, bei der die erforderlichen Ressourcen (z.B. Know-How, Betriebsmittel, Kapital, Personal, etc.) von den Partnern zum gegenseitigen Nutzen in einem gemeinsamen Organisationszusammenhang eingestellt und vorhandene Projektrisiken entsprechend der Risikomanagementkompetenz der Projektpartner optimal verteilt werden".²²⁴ Dabei erhofft sich der öffentliche Partner durch die Erschließung von privaten Kapazitäten den Zugang zu privatem Know-How und Kapital. Zudem können Synergieeffekte und eine Steigerung des Ansehens erwartet werden.²²⁵

Eine Public Private Partnership verfolgt weiterhin auch das Ziel, dass der Staat öffentliche Aufgaben nicht selbst produziert und bereitstellt, sondern vielmehr die Aufgaben verteilt und kontrolliert.²²⁶ Auch kann die Erbringung von öffentlichen Leistungen durch den Einsatz unternehmerischen Know-Hows und durch Schaffung von Wettbewerb in Form von öffentlichen Ausschreibungen effizienter, mit höherer Qualität und zu niedrigeren Kosten erfolgen. Als ein sehr gutes Beispiel im Hochschulbereich kann die Errichtung des Hochschulkompetenzzentrums an der Universität Passau im Jahre 1999 angeführt werden.²²⁷

Übertragen auf die vorliegende Arbeit bedeutet dies, dass sich Schulträger und ein Unternehmen mit umfangreichen Kenntnissen im Bereich der SbC-Technologie auf eine Public Private Partnership einigen und eine Kooperationsform finden, die sich für die Partner als vorteilhaft erweist. Weiterhin soll eine Möglichkeit für die Aufnahme neuer öffentlicher Partner bestehen, so dass auch kleine Schulträger oder private Schulen von der SbC-Technologie profitieren können.

Andere Möglichkeiten der organisatorischen Ausgestaltung einer Public Private Partnership sind aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich:

²²³ vgl. Smekal (2001), S. 2.

²²⁴ BMVBW (2003), S. 2-3.

²²⁵ vgl. Grelling (2002), S. 339-342.

²²⁶ vgl. Mooslechner (2004), S. 131.

²²⁷ Weitere Informationen zum Hochschulkompetenzzentrum der Universität Passau siehe Kapitel VI.2.2.

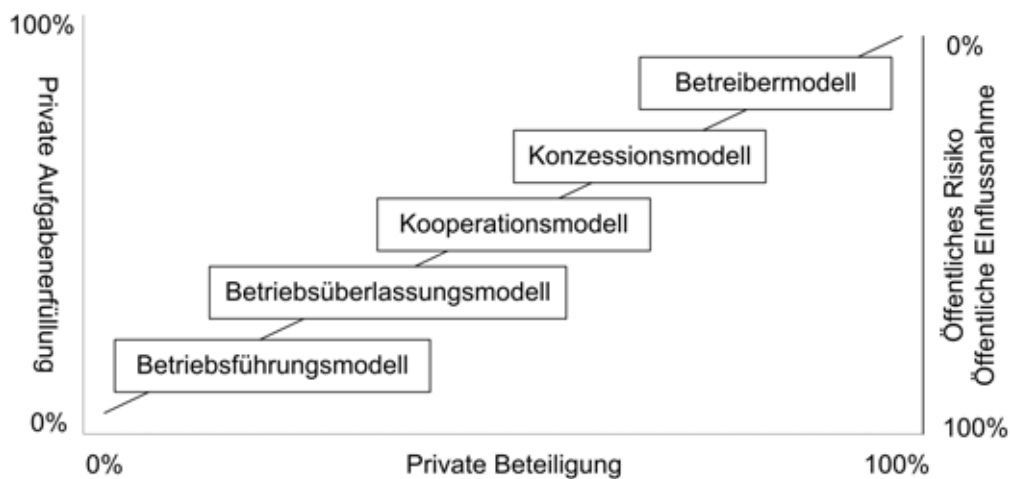


Abbildung 62: Formen der Public Private Partnership²²⁸

Je nach Grad der Beteiligung der Schulträger an dem zu gründenden Unternehmen, der privaten Aufgabenerfüllung auf der einen Seite und dem öffentlichen Risiko bzw. der öffentlichen Einflussnahme auf der anderen Seite, bieten sich verschiedene Modelle an.

Welches Modell im Rahmen einer Public Private Partnership im Einzelnen gewählt wird, muss von den beteiligten Schulträgern und dem privaten Unternehmen entschieden werden. Aufgrund der Tatsache, dass die Gründung einer Public Private Partnership juristische, steuerrechtliche und betriebswirtschaftliche Fachkenntnisse voraussetzt, wird empfohlen, sich von den entsprechenden öffentlichen Einrichtungen und Consulting-Unternehmen beraten zu lassen. Daher wird auf eine detaillierte Auseinandersetzung mit diesem Thema in der vorliegenden Arbeit verzichtet.

Aufgrund der Ergebnisse der ersten Fallstudie und der Resultate der TCO-Berechnungen wird die Idee eines Kooperationsmodells und eines Betreibermodells auf der Basis einer Public Private Partnership zwischen mehreren Schulträgern und einem privaten Unternehmen nachfolgend entwickelt. Die für die Ausstattung und den Betrieb der SbC-Technologie an den Partnerschulen verantwortliche Gesellschaft in Form einer gemeinnützigen GmbH (gGmbH) wird weiter als Schulrechenzentrum (SRZ) bezeichnet.

VI.2.1. Erste Stufe: Kooperationsmodell für den Betrieb der Schul-IT

Wie in Kapitel IV.2.7.2 bereits festgestellt wurde, äußerte der Schulleiter der Alkofener Grundschule Bedenken bezüglich der Administration der SbC-Techno-

²²⁸ vgl. BDI (2004), S. 5.

logie durch einen IT-beauftragten Lehrer vor Ort. Auch aus Sicht des Verfassers würde die Administration der Schul-IT den betreuenden Lehrer der Schule überfordern und letztendlich dazu führen, dass die SbC-Technologie nicht zuverlässig eingesetzt werden kann. Aus diesem Grund sollte das Schulrechenzentrum auf der Basis eines Kooperationsvertrags im Rahmen einer Public Private Partnership diese und weitere Aufgaben übernehmen. Bevor jedoch die Aufgabengebiete des Schulrechenzentrums aufgezeigt werden, muss zuerst auf das Gesamtkonzept eingegangen werden.

VI.2.1.1. Gesamtkonzept des Kooperationsmodells

Das Gesamtkonzept wird getragen von den beteiligten Gruppen Schulrechenzentrum, Schulträger/Schulleiter, Förderverein und IT-beauftragte Lehrer. Es beinhaltet im Wesentlichen die fünf Themenbereiche: Finanzierung, IT-Infrastruktur, Organisation, Schulung und Medienentwicklungsplan.

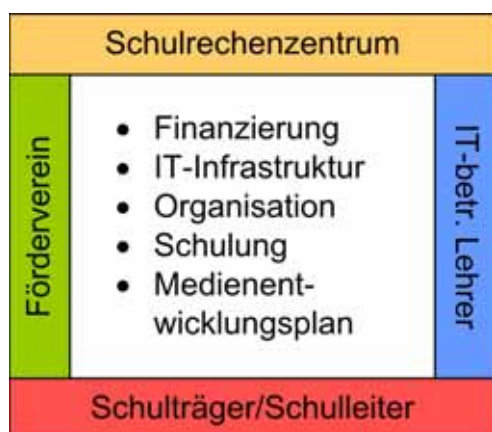


Abbildung 63: Gesamtkonzept der Public Private Partnership

Diese fünf Bereiche müssen unter den beteiligten Gruppen entsprechend der Zuständigkeit und Kompetenz aufgeteilt werden. Während ein Förderverein und die IT-betreuenden Lehrer an den angeschlossenen Schulen eine untergeordnete Rolle im Gesamtkonzept spielen, müssen sowohl das Schulrechenzentrum, als auch die Schulträger und die Schulleiter den Großteil dieser Themenbereiche verwirklichen und verantworten. Die einzelnen Themenbereiche werden in den nachfolgenden Unterkapiteln detailliert erläutert.

VI.2.1.2. Finanzielles Konzept

Das nachfolgend vorgestellte Konzept stellt eine Möglichkeit dar, wie die Finanzierung des Schulrechenzentrums aufgesetzt werden kann.

In der Vorbereitungsphase sollte vor der Gründung des Schulrechenzentrums eine ausreichende Anzahl von Schulen, die bereits mit der SbC-Technologie ausgestattet sind, sich bereit erklären, dem SRZ als Partnerschule beizutreten. Diese Maßnahme sollte gleich zu Beginn der Geschäftstätigkeit des Schulrechenzentrums die finanzielle Grundlage darstellen.

Abbildung 64 zeigt einen Überblick über die Finanzierungsquellen des Schulrechenzentrums:

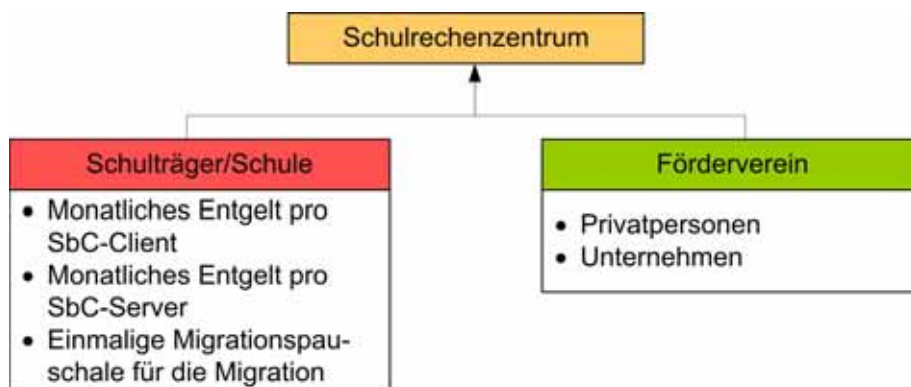


Abbildung 64: Finanzierung des Schulrechenzentrums

Das Schulrechenzentrum sollte die Schul-IT der angeschlossenen Partnerschulen zu einem vereinbarten, festen monatlichen Entgelt betreuen und wird daher zu einer effizienten und effektiven Vorgehensweise bei der Betreuung der angeschlossenen Schulen gezwungen. Die Entgelte der Schulen an das SRZ sollten jährlich festgelegt werden. Als Vorgabe vieler Schulträger kann der Betrag von 25 Euro pro Computer/Jahr angeführt werden.²²⁹ Dieser Betrag kann aufgrund des wesentlich geringeren Administrations- und Supportaufwands der SbC-Clients im Vergleich zu den Standardcomputern als zu hoch angesehen werden. Jedoch ist das Schulrechenzentrum auch für die Beschaffung und Umrüstung der gebrauchten SbC-Clients zuständig. Daher kann dieser Betrag für einen SbC-Client kann als angemessen angesehen werden. Die Serverkomponente sollte aufgrund eigener Erfahrungswerte mit 450 Euro pro Jahr kalkuliert werden.²³⁰ Für die einmalige Migration der Schule von der bestehenden IT-Technologie zur SbC-Technologie durch das SRZ sollte nach eigenen Erfahrungs-

²²⁹ vgl. Beckmann (2005).

²³⁰ Die bisherigen Erfahrungen aus der Fallstudie Grundschule Alkofen haben ergeben, dass im Monat etwa eine halbe Stunde für diverse Administrationsaufgaben per Fernwartung anzusetzen sind. Als Stundenlohn können - wie bei der TCO-Ermittlung in Kapitel V.2. - 50 Euro kalkuliert werden.

gen ein Entgelt in Höhe von 1.000 Euro ausreichen.²³¹ Dieser Betrag beinhaltet alle erforderlichen Dienstleistungen des Schulrechenzentrums vor Ort, von der Prüfung der vorhandenen IT-Ausstattung, über die Erweiterung der IT-Ausstattung auf die geforderte Anzahl von SbC-Clients und letztendlich alle Migrationsschritte zur SbC-Technologie. Nicht enthalten sind die Kosten, die durch die Anschaffung der einzelnen SbC-Komponenten des Netzwerks, der SbC-Clients²³² und des SbC-Servers, sowohl im Bereich der Hardware als auch im Bereich der Software anfallen. Diese Kosten trägt die Schule bzw. der Schulträger selbst, da das Eigentum an diesen IT-Komponenten bei der Schule bleiben soll.

So könnte beispielsweise die finanzielle Belastung einer Schule mit einem SbC-Server und 30 SbC-Clients mit 100 Euro im Monat angesetzt werden. Dabei entfallen für die Dienstleistungen des Schulrechenzentrums 62,50 Euro pro Monat auf die SbC-Clients und 37,50 Euro auf den SbC-Server. Für die Schule bedeutet dieser Festbetrag eine sehr gute Kalkulationsbasis für die Aufstellung des Schuljahreshaushaltes und zudem eine Verschiebung bestimmter Risikofaktoren zum Schulrechenzentrum:

- Die schwankenden, schwer kalkulierbaren Ausgaben für externe IT-Dienstleistungen fallen weg. Die Partnerschule zahlt an das Schulrechenzentrum ein festes monatliches Entgelt für die vertraglich zugesicherten Leistungen.
- Die zeitlich schwer einzuplanende und finanziell belastende Anschaffung von neuen Computern entfällt. Das Angebot an gebrauchten Computern mit Prozessoren zwischen 200 und 600 MHz ist derzeit groß genug, so dass diese Computer den Schulen gespendet und vom Schulrechenzentrum in die SbC-Landschaft integriert werden können.
- Die Lehrkräfte können IT-Probleme an das SRZ weitergeben und haben dadurch mehr Zeit, sich auf Ihre Kernkompetenzen in der Lehre zu konzentrieren.

Wie das Münchner Best Practice Beispiel gezeigt hat, sollte sich das Schulrechenzentrum zusätzlich über Sponsorengelder von Unternehmen finanzieren.

²³¹ Der Betrag von 1.000 Euro wird für die Migration zu einer SbC-Umgebung mit einem SbC-Server und 30 SbC-Clients geschätzt. Dieser Wert ist generell abhängig von der zu migrierenden IT-Ausstattung der Schule und der von der Schule geforderten Ausstattung auf Basis der SbC-Technologie.

²³² Die gebrauchten Computer müssen gelegentlich mit einer Soundkarte und/oder einer Netzwerkkarte nachgerüstet werden. Die Kosten für diese Hardwarekomponenten müssen von der Partnerschule getragen werden.

Die Einbeziehung eines finanzkräftigen Sponsors erscheint in der Anfangsphase des Schulrechenzentrums sehr schwierig. Deswegen wird versucht, einen Förderverein zu gründen, dem Privatpersonen und Unternehmen beitreten können. Auf diese Weise sollte für das Schulrechenzentrum eine weitere wichtige Einnahmequelle neben den Entgelten der angeschlossenen Partnerschulen entstehen. Auch hier soll vor Gründung des Schulrechenzentrums der Förderverein seiner Tätigkeit bereits aufgenommen haben, um das SRZ in seiner Anfangsphase finanziell unterstützen zu können.

Die wesentlichen Aufgaben der ehrenamtlichen Mitarbeiter dieses Vereins können folgendermaßen beschrieben werden:

- Allgemeine Öffentlichkeitsarbeit
- Anwerben von Unternehmen und Privatpersonen als Mitglieder
- Verwaltung der Mitgliedsbeiträge und der Überweisungen an das Schulrechenzentrum
- Erstellen eines monatlichen Tätigkeitsberichts für die Mitglieder zur Überprüfung der Verwendung der Mitgliedsbeiträge.

Wichtig erscheint hier die Erwähnung der Forderung vieler Schulleiter, dass keine direkte Beziehung zwischen den Spenden und dem Einsatz des Geldes bei einer Schule bestehen darf, da die Schule ihre Unabhängigkeit von Einflüssen jeglicher Art seitens des Spenders aufrecht erhalten will.

Damit die Ausgaben des Schulrechenzentrums durch entsprechende Einnahmen gedeckt sind, sollte das SRZ jedes Jahr etwa zehn weitere Schulen als Partner gewinnen.

VI.2.1.3.Risikoanalyse

Sollten sich zu wenig Partnerschulen dem Schulrechenzentrum anschließen, die dessen Dienste in Anspruch nehmen, so könnte es zu Umsatzeinbrüchen und damit zu einem Finanzierungsproblem kommen.

Ein weiterer finanzieller Engpass könnte durch die zögerliche Akquise von Privatpersonen und Unternehmen durch den Förderverein entstehen. Wie bereits erwähnt wurde, stellen die Beiträge der beiden Gruppen einen wichtigen Anteil zur Finanzierung des Schulrechenzentrums dar.

Gänzlich außer Betracht gelassen wurde die zeitliche Differenz von Einzahlungen und Auszahlungen, die gegebenenfalls zu finanziellen Engpässen bei den Anschaffungen im ersten Geschäftsjahr führen könnte. Aus diesem Grund sollte

vor Aufnahme der Geschäftstätigkeit des Schulrechenzentrums eine Absicherungsmöglichkeit gefunden werden, die im ersten Jahr einen Liquiditätsengpass verhindert.

Nachdem das finanzielle Konzept für den Betrieb des Schulrechenzentrums und die daraus abzuleitenden Risikofaktoren erarbeitet wurden, zeigt das nachfolgende Unterkapitel das technische Konzept, auf dem das Schulrechenzentrum grundlegend basiert.

VI.2.1.4. Technisches Konzept

Das zentrale Element des technischen Konzepts stellt das Schulrechenzentrum dar. Es verfolgt das Ziel, Schulen und Schulträger als Partner für sein Leistungsportfolio zu gewinnen, das die IT-Beratung der Partner sowie die Einführung, den Betrieb und die Überwachung der SbC-Technologie an den Partnerschulen beinhaltet.

Für den Betrieb der an das SRZ angeschlossenen Schulen sind folgende Voraussetzungen notwendig:

- Die wichtigste Voraussetzung für den Betrieb des SRZ ist neben der Gründung einer gGmbH der Abschluß eines PPP-Vertrags i.V.m. einem Kooperationsvertrag, der es dem SRZ ermöglicht, Entgelte für seine Dienstleistungen von den angeschlossenen Schulen zu erheben.
- Der Anschluss einer neuen Partnerschule an das Schulrechenzentrum ist aufgrund der Ergebnisse der Kapitel IV. und V. derzeit auf die Schulart Grundschule beschränkt. Andere Schularten können berücksichtigt werden, sobald eine Schule für diese Schulart eine Fallstudie basierend auf der SbC-Technologie erfolgreich abgeschlossen hat.
- Anstelle der Gewinnmaximierung sollte das Schulrechenzentrum nach dem Prinzip der Kostendeckung arbeiten. Dieser Gedanke entspricht weitestgehend der Gesellschaftsform der gemeinnützigen GmbH.
- Das Eigentum an Hard- und Software muss beim Schulträger bzw. bei der Schule verbleiben. Dadurch soll vermieden werden, dass bei einer Auflösung des SRZ die Eigentumsverhältnisse an der IT-Ausstattung der angeschlossenen Schulen zu Problemen führen.
- Die Vertragslaufzeit der Public Private Partnership sollte den im schulischen Umfeld üblichen Zeitrahmen von 5 Jahren aufweisen, um sowohl dem SRZ wie der Schule eine Investitionssicherheit zu gewährleisten.

Weiterhin basiert das technische Konzept auf dem Einsatz der SbC-Technologie in den angeschlossenen Schulen. Jede Schule ist mit einem SbC-Server und mit der gewünschten Anzahl an SbC-Clients ausgestattet. Daneben können herkömmliche Computer mit ihrer Multimediafunktionalität eingebunden werden. Wie aus Abbildung 65 ersichtlich ist,²³³ besitzt die Grundschule im Lehrerraum zwei SbC-Lehrerclientcomputer, im Computerraum 15 SbC-Schülerclientcomputer und einen SbC-Lehrerclientcomputer. Die beiden Klassenzimmer sind mit jeweils sechs SbC-Schülerclientcomputer ausgestattet. Im abgeschlossenen Serverraum steht die zentrale Komponente, der SbC-Server. Diese SbC-Komponenten bilden das pädagogische Netzwerk (grüne Umrahmung), das vom Verwaltungsnetzwerk (rote Umrahmung), bestehend aus den Computern des Rektorats und des Sekretariats, getrennt ist.

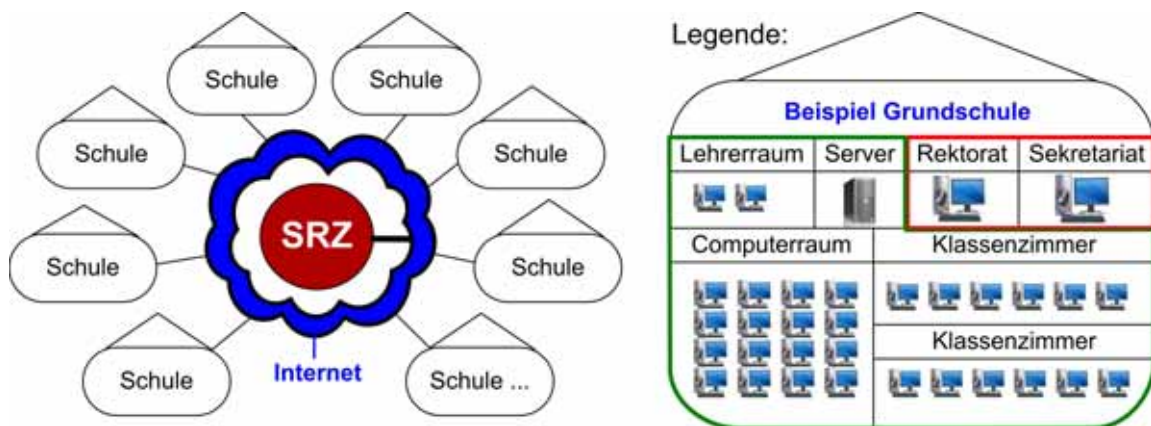


Abbildung 65: Technisches Konzept des Schulrechenzentrums

Das Schulrechenzentrum bildet die zentrale Einheit des technischen Konzepts. Es ist mit dem Internet verbunden und kann somit über die entsprechende Software auf die SbC-Komponenten der angeschlossenen Schulen zugreifen, die ebenfalls mit dem Internet verbunden sind.

Sämtliche angeschlossenen Schulen besitzen einen DSL-Anschluss, der mit einer dynamischen IP-Adressvergabe arbeitet. Für die Fernwartung der SbC-Server ist dies problematisch, da aufgrund der dynamischen IP-Adressvergabe der DSL-Router alle 24 Stunden eine andere IP-Adresse erhält. Mit entsprechender Software kann die neue IP-Adresse dem SRZ mitgeteilt werden, so dass die SbC-Server der angeschlossenen Schulen ferngewartet werden können.

²³³ Die Zahlen in Abbildung 65 sind beispielhaft zu sehen. Sie können natürlich von Fall zu Fall variieren.

Im Bereich der Remote Administration der Schul-IT über die DSL-Anbindung der Schule sollte bei der Telekom die Zusatzleistung Fastpath²³⁴ aktiviert werden. Die durch diese Technik erzielte Verringerung der Latenzzeit bei gleicher Übertragungsgeschwindigkeit der Datenpakete bewirkt eine schnellere Reaktionszeit im Internet und somit eine Optimierung der Übertragung der Terminalsitzung über das Internet.²³⁵

Das auf der SbC-Technologie basierende technische Konzept stellt die wichtige Säule der IT-Infrastruktur des Gesamtkonzeptes dar. Es ist jedoch auch erkennbar, dass ohne ein organisatorisches Konzept eine effektive Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Personen und Einrichtungen nicht möglich ist.

²³⁴ Normalerweise liegt die Übermittlungszeit im Bereich von 60-80 Millisekunden bei schnellen Servern. So können sich die Pings nach der Umstellung auf Fastpath im Bereich von 10-50 Millisekunden bewegen. Fastpath bedeutet nichts anderes als das Deaktivieren der Interleaving-Fehlerkorrektur zu Gunsten von schnelleren Ping-Zeiten.

²³⁵ vgl. Schlabbach (2006).

VI.2.1.5.Organisatorisches Konzept

Wie in Abbildung 63 zu sehen ist, stellt der organisatorische Bereich ein wichtiges Element des Gesamtkonzepts dar. Das Schulrechenzentrum übernimmt die Implementierung und den Betrieb der SbC-Technologie der angeschlossenen Schulen und bietet darüber hinaus folgende Dienstleistungen an:

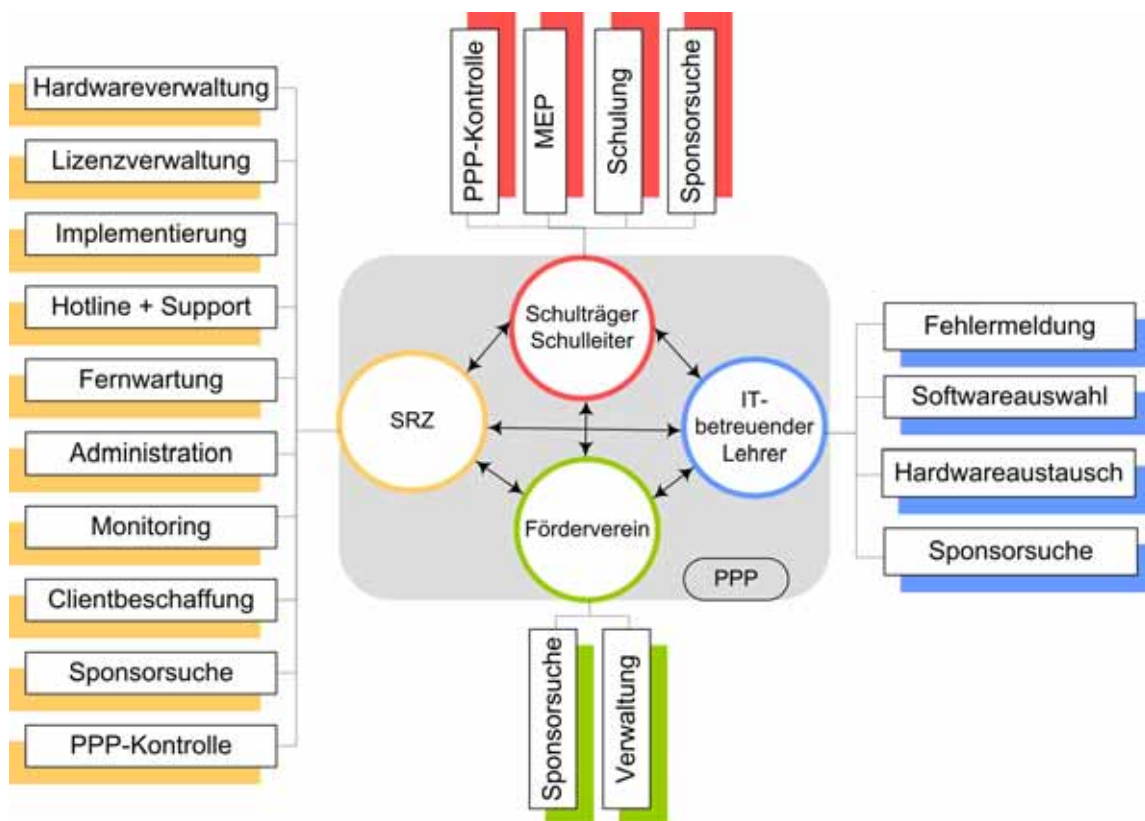


Abbildung 66: Organisatorisches Konzept der Public Private Partnership

Das Schulrechenzentrum führt über die Hardware der angeschlossenen Schulen eine Hardwareinventarliste. Der Grund dafür ist darin zu erkennen, dass das SRZ im Rahmen der Migration die genauen Daten der Hardware erfassen muss und zudem der Schulleiter einmal im Schuljahr aufgefordert wird, die eingesetzte Hardware in einem Fragebogen des Bayerischen Kultusministeriums zu spezifizieren. Eine weitere Dienstleistung stellt die Verwaltung und Überwachung der Software-Lizenzierung dar.

Die wichtigste Dienstleistung des SRZ bildet die Implementierung der SbC-Technologie an einer neuen Partnerschule. Für eventuell auftauchende Probleme wird eine Hotline betrieben und per Fernwartung eine Lösung des Problems eingeleitet. Sollte dies nicht der Fall sein, so kann ein Mitarbeiter des SRZ vor Ort dem Problem nachgehen. Eine weitere Dienstleistung stellt die Administrati-

on und das Monitoring der SbC-Komponenten dar. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die SbC-Technologie in den Schulen jederzeit verfügbar ist und zuverlässig arbeitet. Für die Schulen von besonderer Bedeutung ist die Beschaffung von gebrauchter Hardware, die in Zusammenarbeit mit dem Schulrechenzentrum erfolgt.

Obwohl die Suche nach Sponsoren nicht direkt als Dienstleistung zu sehen ist, muss die Kontaktaufnahme mit möglichen Sponsoren dennoch als Aufgabe des Schulrechenzentrums gesehen werden, da dessen Finanzierung von den Mitteln des Fördervereins abhängt.

Die Kontrolle und Steuerung der Public Private Partnership erfolgt zusammen mit den Schulträgern und den Schulleitern der privaten Schulen.

Der Aufgabenbereich des Schulleiters in Zusammenarbeit mit dem Schulträger umfasst die Entwicklung eines Medienentwicklungsplans (MEP) und die Planung von Schulungen des Lehrerkollegiums der angeschlossenen Schulen. Zudem müssen sowohl der Schulträger als auch der Schulleiter auf dem Gebiet der Sponsorensuche aktiv werden.

Die Kontaktperson vor Ort in der angeschlossenen Schule stellt der IT-betreuende Lehrer dar. Sein Tätigkeitsfeld umfasst die Fehlerberichterstattung an das Schulrechenzentrum, den Austausch von defekten SbC-Clients durch SbC-Ersatzclients und in Zusammenarbeit mit dem Lehrerkollegium die Auswahl von geeigneter Lernsoftware. Zudem ist er Ansprechpartner für Kollegen, für das Schulrechenzentrum und für den Schulträger. Auch ihm obliegt die Aufgabe, sich aktiv der Sponsorensuche anzunehmen.

Der Förderverein als weiteres Element der Public Private Partnership übernimmt neben der Sponsorensuche die Verwaltung der ehrenamtlichen Mitarbeiter, die sich um sämtliche verwaltungstechnischen Aufgaben im Bereich der Werbung von neuen Mitgliedern und des Erhalts der bereits vorhandenen Mitglieder kümmern.

Der Erfolg des Public Private Partnership-Konzepts hängt im Wesentlichen von der Zusammenarbeit der einzelnen Partner, dem Schulträger/Schulleiter, dem Schulrechenzentrum, dem Förderverein und dem IT-betreuenden Lehrer vor Ort, ab.

Es steht außer Frage, dass der computergestützte Unterricht an den Schulen nur von qualifizierten Lehrkräften gestaltet werden kann. Daher wird im Folgenden auf das Thema Schulung und Medienwicklung eingegangen.

VI.2.1.6. Medienentwicklungsplan

Das Gesamtkonzept der Public Private Partnership sieht die Entwicklung eines Medienentwicklungsplans für jede Partnerschule vor.

Der Medienentwicklungsplan ist definiert als "ein Instrument, mit dem die Schule (Schulleitung und Kollegium) in Abstimmung mit dem Schulträger den Einsatz der Medien in der Schule planen und die dafür erforderlichen Voraussetzungen beschreiben kann. Ausgangspunkt ist ein pädagogisches Konzept für den Einsatz der Medien, das sich an pädagogisch-didaktischen Anforderungen orientiert. Ferner ist der finanzielle Rahmen des Schulträgers von Beginn an zu berücksichtigen. Auf dieser Grundlage werden in Kooperation zwischen Schule und Schulträger ein technisches Konzept zur Umsetzung dieser Anforderungen (Vernetzungs-, Ausstattungs-, Wartungs- und Nutzungskonzept) sowie ein Finanzierungs- und Zeitplan erarbeitet. Die Erstellung eines Medienentwicklungsplans als Prozess ist ebenso wichtig wie das schriftlich fixierte Ergebnis dieses Prozesses."²³⁶

Der Medienentwicklungsplan (MEP) stimmt also die zukünftigen technischen und finanziellen Zielvorstellungen des Schulträgers mit den medienpädagogischen Zielvorstellungen der Schule ab und protokolliert dies in einem Zeitplan. Zudem muss der MEP sowohl das zuvor erstellte Gesamtkonzept als auch die im Lehrplan geforderten Bildungsinhalte berücksichtigen. Der Erfolg des MEP wird durch eine Evaluation ermittelt.

Zur Senkung der Kosten für die Erstellung des MEP besteht die Möglichkeit, den MEP für eine Schulart anstelle für jede Schule zu erstellen.²³⁷

Weiterhin werden im MEP Fortbildungsmaßnahmen für das Lehrerkollegium zur Kompetenzentwicklung festgelegt.

VI.2.2. Zweite Stufe: Erweiterung zum Education Service Provider

Manchmal zeigen kleine Grundschulen im ländlichen Bereich Interesse an der SbC-Technologie. Jedoch kommt für diese Schulen die Anschaffung eines eigenen SbC-Servers aus finanzieller Hinsicht nicht in Frage, da diese Schulen nur fünf bis zehn Computer einsetzen wollen. So würde es sich anbieten, dass das Schulrechenzentrum auch diese Schulen als Partner gewinnt, indem es die SbC-Technologie als Application Service Provider zur Verfügung stellt.

²³⁶ Burger/Frisch/Hettinger/Schneider/Stumpf/Wingert (2004), S. 7.

²³⁷ vgl. Härtel (2005), S. 25.

Nach Stamm ist Application Service Providing eine "... vertraglich festgelegte Dienstleistung, die eine Anwendung vermietet und in einem zentralen Rechenzentrum implementiert, verwaltet und betreibt. Aus technologischer Sicht stellt ein ASP-Anbieter leistungsfähige Serverfarmen und Speicherkapazitäten sowie vorkonfigurierte Applikationen bereit, um Kunden über das Internet, Virtual-Private-Networks oder das Firmennetzwerk mit Softwarelösungen und den entsprechenden Daten zu beliefern. Alle in diesem Zusammenhang erforderlichen Produkte, Services und IT-Skills werden vom ASP-Anbieter beschafft, eingesetzt und verwaltet."²³⁸

Basierend auf dieser ASP-Definition hat sich die Variante Education Service Providing (ESP) im Hochschulbereich durchgesetzt. Die Form des Education Service Providing ermöglicht eine strikte Trennung von Systembetrieb und Lehrinhalten.

Ein sehr erfolgreiches ESP-Projekt wurde 1999 von der SAP AG in Zusammenarbeit mit Universität Passau mit der Gründung des Hochschulkompetenzzentrums (HCC) gestartet, das den Betrieb der SAP-Systeme für den Einsatz in Forschung und Lehre gewährleistet sowie Supportleistungen und Schulungen anbietet.²³⁹ Es wurde dadurch nachgewiesen, dass die an den HCCs angeschlossenen Kunden aus dem Bereich Forschung & Lehre sich sowohl auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren und das Risiko für den Systembetrieb auf den ESP übertragen können, als auch Kosteneinsparungspotentiale aufgrund der im Vergleich zum Eigenbetrieb einer SAP-Lösung geringen Einführungs- und Hostingkosten realisieren können.²⁴⁰

VI.2.2.1. Allgemeine Voraussetzungen

Für die Erweiterung des Schulrechenzentrums zum Education Service Provider müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Der finanzielle Rahmen des Schulrechenzentrums muss erweitert werden, damit Anschaffungen in Form von eigenen SbC-Servern getätigt werden können.
- Die Internetverbindung des Schulrechenzentrums muss die notwendige Bandbreite für die ESP-Erweiterung und der damit verbundenen Netzlast besitzen.

²³⁸ Stamm (2001), S. 55.

²³⁹ vgl. Kleinschmidt/Eder (2000), S. 18-21.

²⁴⁰ vgl. Krcmar (2005), S. 6.

- Die Internetverbindung der angeschlossenen Schulen muss ausreichend dimensioniert sein, damit die SbC-Clients in den Schulen ihre Windows-Sitzung über das Internet von dem SbC-Server im Schulrechenzentrum aufbauen können.

VI.2.2.2.Konzept der ESP-Erweiterung

Nachfolgende Abbildung 67 zeigt den vereinfachten Aufbau der ESP-Erweiterung des Schulrechenzentrums für Grundschulen mit unterschiedlich großer SbC-Clientausstattung:

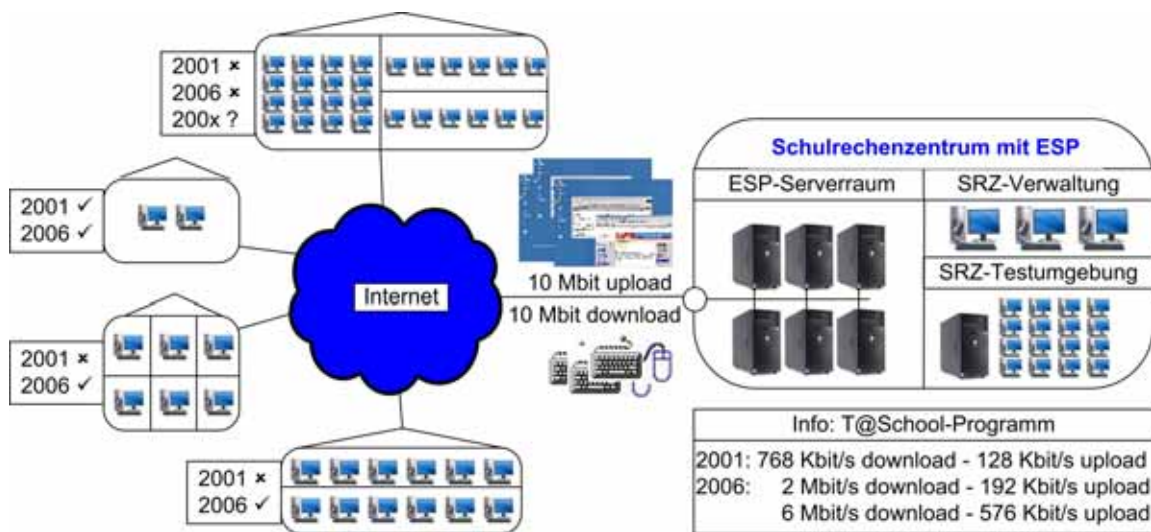


Abbildung 67: Erweiterung des Schulrechenzentrums mit ESP-Technik

Das Schulrechenzentrum betreibt mehrere SbC-Server, die mit der entsprechenden Windows-Umgebung und der Lernsoftware für Grundschulen ausgestattet sind. Über das Internet können die angeschlossenen Schulen auf einen SbC-Server zugreifen und somit den computergestützten Unterricht ermöglichen. Erfahrungsgemäß wird der SbC-Server jeden Tag für etwa eine Schulstunde von der Schule benutzt. Daher erscheint es sinnvoll, dass ein SbC-Server im Schulrechenzentrum für mehrere Grundschulen eingesetzt und somit eine bessere Auslastung des Servers erreicht werden kann. Dies hätte auch zur Folge, dass die Kosten für die Nutzung des Servers reduziert wurden.

Abbildung 67 zeigt zudem Informationen über die derzeitige Realisierbarkeit der ESP-Erweiterung des Schulrechenzentrums in Abhängigkeit von der Anzahl der SbC-Clients. Sollte eine mit einem 768 KBit-DSL-Anschluss ausgestattete Grundschule zwei SbC-Clients über den SbC-Server im Schulrechenzentrum betreiben lassen wollen, so wäre dies technisch bereits 2001 möglich gewesen.

Mit der flächendeckenden Umstellung der Schulen im Schuljahr 2006/2007²⁴¹ auf eine 2 MBit- bzw. 6 MBit-Übertragung könnten Grundschulen mit sechs bis zwölf SbC-Clients mit der SbC-Technologie versorgt werden. Unrealistisch erscheint jedoch die ESP-Erweiterung für eine Grundschule, die z.B. einen Computerraum mit 16 SbC-Clients und zwei Medienecken mit jeweils sechs SbC-Clients besitzt, da die 6 MBit-Anbindung der Schule nicht ausreichen würde.

Neben diesen rein technischen Aspekten müssen auch die aufgerufenen Programme und der damit verbundene Datenverkehr zwischen Schule und Schulrechenzentrum berücksichtigt werden. So verbrauchen multimediale Anwendungen weitaus mehr Bandbreite als reine Officeanwendungen. Daher muss vor Aufnahme einer Schule, die die ESP-Dienstleistung in Anspruch nehmen will, genau deren Internetanbindung, deren Benutzerverhalten und vor allem die verwendeten Programme analysiert werden.

Die in dieser Arbeit beschriebene zweite Fallstudie hat gezeigt, dass bereits zehn Studenten gleichzeitig auf dem Terminalserver des Lehrstuhls zugegriffen haben und ohne nennenswerte Einschränkungen ihrer Arbeit nachgegangen sind. Jedoch muss auch erwähnt werden, dass die Internetanbindung der Universität Passau über das Rechenzentrum mit 34 MBit/s sehr gut dimensioniert ist.

Daher hängt die Realisierbarkeit der ESP-Erweiterung im Wesentlichen von der in Zukunft zur Verfügung stehenden Bandbreite der Internetanbindung ab. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass die benötigte Bandbreite in jüngster Zukunft zur Verfügung stehen wird.

VI.2.2.3. Chancen und Risiken der ESP-Erweiterung

Durch die Erweiterung des Schulrechenzentrums zum Education Service Provider könnten folgende Vorteile entstehen:

- Die angeschlossenen Schulen zahlen nur für die Nutzung dieser Dienstleistung.
- Die eingesetzten SbC-Server werden besser ausgenutzt, indem auf einem SbC-Server Windowssitzung für mehrere Grundschulen gefahren werden.
- Schulen können von der SbC-Technologie profitieren, soweit sich diese keinen eigenen SbC-Server leisten können.

²⁴¹ vgl. Heise (2006b).

- Neue Abrechnungsmodelle könnten entwickelt werden, die ein festes monatliches Entgelt oder ein Entgelt in Abhängigkeit von der Nutzung der SbC-Server vorsehen.
- Durch die ESP-Erweiterung wird eine auf die Zukunft ausgerichtete IT-Infrastruktur entwickelt.

Jedoch existieren für die ESP-Erweiterung auch mehrere Risiken:

- Da die Übertragung der Terminalsitzungen zwischen Schulrechenzentrum und der angeschlossenen Schule über das Internet verläuft, können Verbindungsprobleme, aber auch langsamere Übertragungszeiten auftauchen, die ein effektives Arbeiten erschweren.
- Ein weiteres Problem ist die für den Betrieb des SbC-Servers erforderliche Windows-Lizenzierung. So kann es sein, dass das Schulrechenzentrum als gGmbH die Konditionen für den Bereich Forschung und Lehre nicht erwerben kann. Dies hätte zur Folge, dass die höheren Lizenzkosten über die Nutzungsentgelte weitergegeben werden müssten.
- Im Bereich der Anschaffung von Lernsoftware könnte ein weiteres Problem entstehen. Ausschließlich den Schulen stehen die deutliche Preisnachlässe für eine Klassen- oder Schullizenz zu. Somit könnte wie im vorhergehenden Fall eine Kostenerhöhung eintreten.
- Dadurch, dass die Windowssitzungen der angeschlossenen Schulen auf dem SbC-Server im Schulrechenzentrum ausgeführt werden, können durch das webbasierte Arbeiten der Schüler zusätzliche Kosten für das Schulrechenzentrum entstehen. Dies ist der Fall, wenn der Internet Service Provider des Schulrechenzentrums auf Basis des Übertragungsvolumens abrechnet.
- Damit die angeschlossenen Schulen mit einer ausreichenden Bandbreite versorgt werden können, muss der Upload des Schulrechenzentrums ausreichend dimensioniert werden. Die Konditionen der Internetprovider für entsprechende Upload-Raten gestalten sich derzeit sehr nachteilig, da deren Geschäftsmodell nur für hohe Downloadraten ausgelegt ist.

VII. Schlussbemerkung

Die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fallstudien haben bewiesen, dass durch den Einsatz der SbC-Technologie an der Grundschule Alkofen und am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I veraltete Computer mit einer aktuellen Windows-Benutzeroberfläche ausgestattet werden können. Hauptziel war in beiden Szenarien eine wirtschaftlich vorteilhafte und technisch realisierbare Lösung ermittelt werden.

Im Rahmen der ersten Fallstudie konnte ein computergestützter Unterricht mit aktueller Lernsoftware an einer Grundschule realisiert werden. Zudem verdeutlicht die an die Testphase anschließende Einführung der SbC-Technologie das Vertrauen der Schulleitung und des Lehrerkollegiums in diese Technologie.

Auch konnte mit der Durchführung der zweiten Fallstudie das definierte Hauptziel erreicht werden. Mit der SbC-Technologie konnte nicht nur eine aktuelle, windowsbasierte Benutzeroberfläche auf den SbC-Clients realisiert werden, vielmehr bildete sie eine Plattform für eine personalisierte ERP-Umgebung unter Microsoft Navision mit einer eigenen Navision-Datenbank für jeden Studierenden.

Die aufgestellten Unterziele konnten überwiegend erreicht werden:

- So definierte ein Unterziel, dass die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit der SbC-Technologie im Vergleich zu der P2P- und der C/S-Technologie ermittelt werden sollte.

Im Rahmen der TCO-Analyse für die drei zu vergleichenden Technologien konnte der SbC-Technologie mit einem sehr großen Abstand die niedrigsten Gesamtkosten nachgewiesen werden. Auch konnte der SbC-Technologie bei der Nutzwertanalyse der größte Nutzwert zugewiesen werden.

- Das zweite Unterziel legt fest, ein Gesamtkonzept zu entwickeln, auf dessen Grundlage die Arbeit der beteiligten Personen und Einrichtungen koordiniert und deren Aufgaben- und Verantwortungsbereiche festgelegt werden.

So konnte in Kapitel VI.2.1. ein Gesamtkonzept erstellt werden, welches auf die SbC-Technologie und die Einbeziehung mehrerer Schulträger in einer Public Private Partnership zugeschnitten ist.

- Ein weiteres Unterziel gibt vor, dass durch den Einsatz der SbC-Technologie eine hohe Verfügbarkeit erreicht und die Zeitanteile der Computerstörungen im Unterricht minimiert werden sowie eine Verbesserung des computergestützten Unterrichts ermöglicht werden sollte. Weiterhin soll durch eine optimale Verteilung der Administrations- und Supportaufgaben der IT-beauftragte Lehrer vor Ort entlastet werden.

So konnte im Rahmen der Evaluation in Kapitel IV.2.7. und in Kapitel IV.3.7. neben der hohen Verfügbarkeit auch die Stabilität der SbC-Technologie nachgewiesen werden.

Die Verteilung der Administrations- und Supportaufgaben wurde im Rahmen des organisatorischen Konzepts der Public Privat Partnership besprochen (s. Kapitel VI.2.1.5.). Auch konnte der IT-beauftragte Lehrer durch das Gesamtkonzept in seinem Aufgabenbereich entlastet werden. Zudem zeigte auch die Testphase, dass sich der Schulleiter auf die Auswahl von geeigneter Software und das Melden von IT-Problemen konzentrieren konnte.

Die in Kapitel III.3.1. beschriebene Studie des BMBF hat für die Jahre 2001 bis 2005 eine kontinuierliche Zunahme der Computerausstattung und -nutzung festgestellt. So verdoppelte sich seit 2001 die Anzahl der in den bundesdeutschen Schulen eingesetzten Computer auf über eine Million Computer. Wenn sich dieser Trend in den nächsten Jahren fortsetzen sollte, kann davon ausgegangen werden, dass auf die Schulträger für die Instandhaltung und Erweiterung der schulischen IT-Ausstattung erhebliche finanzielle Anstrengungen zukommen können. Daher müssen alternative Technologien wie die SbC-Technologie eingesetzt werden, die bei gleicher Qualität eine deutliche Verringerung der Gesamtkosten erzielen und den Schulträger somit finanziell entlastet.

Neben der Erstausrüstung der Schulen mit der SbC-Technologie soll die nachhaltige Sicherstellung des Betriebs der SbC-Technologie an den Schulen durch die Realisierung einer Public Private Partnership in Form eines Kooperationsmodells erreicht werden. Dabei sieht das in Kapitel VI.2.1.5 erarbeitete Gesamtkonzept unter Einbeziehung eines Schulrechenzentrums, des Schulträgers/ Schulleiters, eines Fördervereins und des IT-beauftragten Lehrers vor, dass die Aufgaben- und Verantwortungsbereiche entsprechend der Zuständigkeit und Kompetenz aufgeteilt werden.

Neben dieser Kooperationsform soll die Erweiterung des Schulrechenzentrums zum Education Service Provider einerseits einen Ausblick auf die technischen Möglichkeiten der SbC-Technologie aufzeigen. Andererseits soll durch deren Einführung auf der Basis eines Betreibermodells die Schulen in Bezug auf technischen und wirtschaftlichen Aspekte weiter entlastet werden, damit die sich auf ihre Kernkompetenzen - innovative Lehre - konzentrieren können.

Die während der Testphase beobachtete Bereitschaft, Investitionen²⁴² durchzuführen, verdeutlicht nicht nur das Interesse von Seiten der Schulleitung und des Lehrerkollegiums an der Integration der neuen Medien im Schulunterricht auf Basis der SbC-Technologie. Sie zeigen auch, dass die SbC-Technologie an dieser Grundschule dauerhaft eingesetzt werden sollte. Dies belegt das Interesse an weiteren Beschaffungen von Lernsoftware während der Testphase und die sich an die Testphase anschließende produktive Einführung der SbC-Technologie an der Grundschule Alkofen. Daher ist in der Weiterführung der Dissertation an eine Umsetzung des zuvor beschriebenen Gesamtkonzeptes gedacht.

²⁴² vgl. dazu Kapitel IV.2.6.1, IV.2.6.4 und IV.2.8.2.

Literaturverzeichnis

- 2xPXES (2006): o.V.: Linux Thin Client OS, URL: <http://www.2x.com/pxes>. Abgerufen am 06.06.2006.
- Bachmann (1998): Bachmann, Stefan: TCO - Eine gute Methode und eine fragwürdige Zahl, in: IT-Management 1998, Nr. 5, S. 26-32.
- Beckmann (2005): Beckmann, Christa: Viele PC, aber keine Konzepte. Schul-Computer GmbH Cids fast aufgelöst - Rechnungshof bemängelt fehlende Finanzierung, URL: <http://morgenpost.berlin1.de/content/2005/12/16/berlin/798846.html>. Abgerufen am 22.06.2006.
- Bertelsmann Stiftung (2006): o.V.: Public Private Partnership. Ein Modell für die Bereitstellung von Ausstattung und Support, Bertelsmann Stiftung - Netzwerk Medienschulen, URL: http://www.netzwerk-medienschulen.de/dyn/bin/4356-4628-1-best_practice_zusammenfassung_m_nchen_aktualisiert_030123_..pdf. Abgerufen am 27.06.2006.
- BfS (2005): Bundesamt für Strahlenschutz (Hrsg.): Moderne Kommunikationstechnologien - Bluetooth und WLAN. Infoblatt Juni 2005, URL: http://www.bfs.de/bfs/druck/infoblatt/Bluetooth_WLAN.html. Abgerufen am 06.06.2006.
- BMBF (2005): Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): IT-Ausstattung der allgemein bildenden und berufsbildenden Schulen in Deutschland. Bestandsaufnahme 2005 und Entwicklung 2001 bis 2005, Bonn, Berlin, 2005.
- BMI (2004): Bundesministerium des Innern (Hrsg.): Public Private Partnership (PPP). Hintergrundwissen, 2004.
- BMVBW (2003): BMVBW (Hrsg.): PPP im öffentlichen Hochbau. Band I: Leitfaden, 2003, URL: <http://www.freshfields.com/publica>

tions/ppp/LeitfadenPPPimoffentlichenHochbau.pdf. Abgerufen am 27.06.2006.

Breiter (2002): Breiter, Andreas: Computer und Internet in den Schulen und die Folgekosten. Forschungsgruppe Telekom, Bremen, 2002, URL: <http://www.ifib.de/publikationsdateien/Vortrag-Schulausschuss-210102.pdf>. Abgerufen am 22.06.2006.

Breiter/Kubicek (1998): Breiter, Herbert/Kubicek, Andreas: Die Finanzierung neuer Medien in Schulen - Probleme und Lösungsmöglichkeiten in Deutschland und in den USA, Gütersloh, 1998.

Bruck/Geser (2000): Bruck, Peter A./Geser, Guntram: Total Cost of Ownership - ein Kernthema für die vernetzte Schule, in: Schulen auf dem Weg in die Informationsgesellschaft, hrsg. v. Bruck, Peter A./Geser, Guntram, Innsbruck, Wien, München, 2000.

BSI (2005): Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.): Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2005, Bonn 2005, URL: <http://www.bsi.de/literat/lagebericht/lagebericht2005.pdf>. Abgerufen am 24.06.2006.

BSI (2006): Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik (Hrsg.): Sicherheit im Funk-LAN, Bonn 2003, URL: <http://www.bsi.de/literat/doc/wlan/wlan.pdf>. Abgerufen am 24.06.2006.

Burger/Frisch/Hettinger/Schneider/Stumpf/Wingert (2004): Burger, Torsten/Frisch, Joachim/Hettinger, Jochen/Schneider, Gert/Stumpf, Waldemar/Wingert, Jürgen: Medienentwicklungsplan für Schulen, Stuttgart, 2004.

CIDS (2006): o.V.: Wir machen das! Medienkompetenz ist eine Schlüsselqualifikation, um in der Informations- und Wissensgesellschaft bestehen zu können, URL: <http://www.cids.de/profil>. Abgerufen am 22.06.2006.

- Computerwoche (2003): o.V.: HP kündigt Blade-PCs an, Computerwoche Nachrichten vom 04.12.2003, URL: <http://www.computerwoche.de/trackback/542983>. Abgerufen am 23.06.2006.
- Computerwoche (2005): o.V.: Gartner lässt die Marke Meta Group sterben, Computerwoche Nachrichten vom 01.04.2005, URL: <http://www.computerwoche.de/nachrichten/555115>. Abgerufen am 27.06.2006.
- Deutsches PISA-Konsortium (2001): Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.): PISA 2000 – Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich, Opladen, 2001.
- Devollo (2006): o.V.: Devolo - FAQ, URL: http://www.devollo.de/de_DE/service/dLANFAQ.html#Frage_032. Abgerufen am 08.06.06.
- Döbeli/Grepper (2001): Döbeli, Beat/Grepper, Yvan: Beschaffung und Betrieb von Informatikmitteln an allgemein bildenden Schulen, Zürich, 2001.
- Educheck (2006): o.V.: Häufig gestellte Fragen zu educhek, Microsoft Schulversionen, Studentenabos, Schulversion. Was ist educhek?, URL: http://www.educhek.de/I_Fragen.cfm#293. Abgerufen am 28.06.2006.
- Etherboot (2006): o.V.: Welcome to the Etherboot Project. About EtherBoot, URL: <http://www.etherboot.org>. Abgerufen am 28.05.2006.
- Friedmann (2003): Friedmann, Katharina: Wenn alte PCs zu Kostentreibern werden, URL: http://www.computerwoche.de/it_strategien/weitere_beitraege/541828/index.html. Abgerufen am 28.06.2006.
- Fuhlrott/Garbe (2003): Fuhlrott, Antje/Garbe, Detlef: Total Cost of Ownership - ein Kernthema für die vernetzte Schule, in: Regionale IT-Planung für Schulen. Materialien zur Entscheiderberatung, hrsg. v. Vorndran, Oliver/Zotta, Franco, Gütersloh, 2003.

- Gadatsch/Mayer (2004): Gadatsch, Andreas/Mayer, Elmar: Grundkurs IT-Controlling, 2004.
- Gartner (2006): o.V.: Gartner Says Extending the Life Cycle of Desktop PCs Won't Necessarily Save Money on Total Cost of Ownership, URL: www.gartner.com/5_about/press_releases/pr15sept2003b.jsp. Abgerufen am 22.06.2006.
- Gartner (2006): o.V.: TCO - Total Cost of Ownership, URL: <http://amt.gartner.com/TCO/MoreAboutTCO.htm>. Abgerufen am 27.06.2006.
- Glitz (2001): Glitz, Peter: Medienkompetenz als Schlüsselqualifikation, in: Hamm, Ingrid (Hrsg.): Medienkompetenz, Gütersloh, 2001.
- Grelling (2002): Grelling, Dorothea: Public Private Partnership, in: Das Wirtschaftsstudium, 2002, Nr. 6, S. 339-342.
- Hansen/Neumann (2005): Hansen, Hans Robert/Neumann, Gustaf: Wirtschaftsinformatik 2. Informationstechnik, 9. Auflage, Stuttgart, 2005.
- Härtel (2005): Härtel, Heike: ITworks - Finanzierung von Informationstechnik in Schulen, Wuppertal, 2005.
- Heise (2002): o.V.: RWE bestätigt das Aus für Powerline. Heise Online News Meldung vom 04.09.2002, URL: www.heise.de/newsticker/meldung/30467. Abgerufen am 24.06.2006.
- Heise (2006a): o.V.: Neue Schwachstellen im Internet Explorer, Heise Online News Meldung vom 05.06.2003, URL: <http://www.heise.de/newsticker/result.xhtml?url=/newsticker/meldung/37384>. Abgerufen am 27.06.2006.
- Heise (2006b): o.V.: Schulen sollen schneller surfen, Heise Online News vom 08.02.2006, URL: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/print/71825>. Abgerufen am 25.05.2006.

- Hoffmeister (2000): Hoffmeister, Wolfgang: Investitionsrechnung und Nutzwertanalyse: eine entscheidungsorientierte Darstellung mit vielen Beispielen und Übungen, Stuttgart, Berlin, Köln, 2000.
- Holzhey (2006): Holzhey, Mike: HomePlug im Vergleich - Netzwerk unter Strom, URL: <http://www.pc-magazin.de/praxis/hardware/cm/page/page.php?table=pg&id=1528>. Abgerufen am 24.06.2006.
- Homeplug (2006): o.V.: Homeplug FAQs, URL: <http://www.homeplug.org/en/faq/index.asp>. Abgerufen am 07.06.2006.
- IBI (2005): Institut für Bildung in der Informationsgesellschaft e.V.: Die Stimmen der Schüler: Informations- und Kommunikationstechnologien und Lernen, Berlin 2005, URL: <http://www.ibi.tu-berlin.de/diskurs/Veroeffentlichungen/Pupils%20voices.pdf>. Abgerufen am 27.06.2006.
- IDC (1997): International Data Corporation: Understanding the Total Cost and Value of Integrating Technology in Schools - An IDC White Paper, 1997, URL: http://homepage.mac.com/jvandyke/IDC_TCO_1997.pdf. Abgerufen am 28.06.2006.
- IEEE (2006): o.V.: IEEE 802.3, URL: <http://www.ieee802.org/3>. Abgerufen am 06.06.2006.
- Kleinschmidt/Eder (2000): Kleinschmidt, Peter/ Eder, Max: An ASP for education: universities turn to ASP, in: sapinfo.net: the SAP magazine, 2000, Nr. 72, S.18-21.
- Kneuper/Müller-Luschnat/Oberweis (1998): Kneuper, Ralf/Müller-Luschnat, Günter/Oberweis, Andreas (Hrsg.): Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung, Stuttgart, Leipzig, 1998.
- Konsortium Bildungsberichterstattung (2006): Konsortium Bildungsberichterstattung (Hrsg.): Bildung in Deutschland 2006. Ein indika-

torengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung und Migration, Bielefeld, 2006, S. 60

Kossel (1998): Kossel, Axel: Drei auf einen Streich - Aufbereitung alter PCs für Schulen, in : c't, Nr. 20, 1998, S. 178.

Krcmar (2005): Krcmar, Helmut: Erfolgsmodell HCC? Wir gratulieren zum 3,42548-ten Geburtstag! Vortrag vom 14.09.2005, Magdeburg, 2005.

Kretschmer/Burbach/Suchodoletz (2004): Kretschmer, Bernd/Burbach, Holger/von Suchodoletz, Dirk: Linux-Terminalserver, Denver, 2004.

Landeshauptstadt München Baureferat, Schul- und Kulturreferat (2005): Landeshauptstadt München Baureferat, Schul- und Kulturreferat (Hrsg.): EDV-Ausstattung und Vernetzung der Münchner Schulen und Kindertagesstätten, München, 2005, URL: <http://www.musin.de/download/pik/edvausstattung.pdf>. Abgerufen am 22.06.2006.

Landeshauptstadt München Schul- und Kultusreferat (o.J.): Landeshauptstadt München Schul- und Kultusreferat: Daten und Fakten zu PIK, München, o.J., URL: <http://www.musin.de/download/pik/datenufakten.pdf>. Abgerufen am 22.06.2006.

Lange/Hillebrand (1996): Lange, Bernd-Peter/Hillebrand, Anette: Medienkompetenz - die neue Herausforderung der Informationsgesellschaft, in Spektrum der Wissenschaft, August 1996, S. 38-42.

Laube/Zammuto (2003): Laube, David R./Zammuto, Raymond F.: Business Driven Information Technology: Answers to 100 critical Questions for every Manager, 2003.

Lehrer Online (2006): o.V.: Grundschule: Einfach effektiv: Budenberg Lernsoftware, URL: <http://www.lehrer-online.de/dyn/9.asp?url=432797.htm>. Abgerufen am 27.06.2006.

- Lernstatt Paderborn (2006): o.V.: Kurzdarstellung, URL: http://www.paderborn.de/microsite/lernstatt/konzeption/sp_auto_9746.php. Abgerufen am 27.06.2006.
- Lindemann (1991): Lindemann, Bernd: Lokale Rechnernetze, Düsseldorf 1991.
- LTSP (2006): o.V.: What is LTSP?, URL: <http://wiki.ltsp.org/twiki/bin/view/Ltsp/WebHome>. Abgerufen am 27.05.2006.
- Madden/Oglesby (2003): Madden, Brian/Oglesby, Ron: Terminal Services for Microsoft Windows 2003: Advanced Technical Design, Cmiele, 2003.
- McClure/Scambray (2002): McClure, Stuart/Scambray, Joel: Das Anti-Hacker-Buch für Windows, 4. Auflage, Bonn, 2003.
- Medienwerkstatt (2006a): o.V.: Lernwerkstatt 6 Systemvoraussetzungen, URL: http://www.medienwerkstatt-online.de/products/lernwerkstatt_gs/ws_systemanford.php. Abgerufen am 27.06.2006.
- Medienwerkstatt (2006b): o.V.: Lernwerkstatt 6 Antworten auf häufig gestellte Fragen, URL: http://www.medienwerkstatt-online.de/products/lernwerkstatt_gs/ws_faq.php?faq_id=1087. Abgerufen am 27.06.2006.
- Meincke (2003): Meincke, Lars: Die Wirtschaftlichkeitsanalyse als Basis zur Durchführung von IT-Projekten, in: IT-Management, 2003, Nr. 12, S. 12-17.
- Meschenmoser/Müller/Thymin (2005): Meschenmoser, Helmut/Müller, Bernd/Thymin, Holger: eEducation Masterplan. Wir machen mit IT. Computer und Internet im Unterricht. Berlin, 2005.
- Microsoft (2003): o.V.: The function of Terminal Server CALs in Windows Server 2003, Artikel-ID 822134, URL: <http://support.microsoft.com/kb/822134/en-us>. Abgerufen am 28.06.2006.

- Microsoft (2005) Microsoft Corporation (Hrsg.): Microsoft Windows Server 2003 Terminal Server Licensing. White Paper, URL: <http://download.microsoft.com/download/2/f/2/2f2dc861-d567-4492-ae88-81afafa2d08d/Terminal%20Server%20Licensing.doc>. Abgerufen am 28.06.2006.
- Microsoft (2006a) o.V.: Windows XP Home Edition - Systemvoraussetzungen, URL: <http://www.microsoft.com/german/windowsxp/systemanforderungen.aspx>. Abgerufen am 27.06.2006.
- Microsoft (2006b) Microsoft Corporation (Hrsg.): Terminal Server CAL Transition Plan: Frequently Asked Questions. White Paper, URL: <http://www.microsoft.com/windowsserver2003/howto/buy/licensing/tscaltransfaq.aspx>. Abgerufen am 28.06.06.
- Mooslechner (2004): Mooslechner, Peter: Public Private Partnerships, München, 2004.
- MSDN (2006): o.V.: About Terminal Services - Legacy Applications in a Terminal Service Environment, URL: http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/termserv/termserv/legacy_applications_in_a_terminal_services_environment.asp. Abgerufen am 22.06.2006.
- Netstation (2006): o.V.: Netstation Introduction, URL: <http://netstation.sourceforge.net>. Abgerufen am 06.06.2006.
- Neumann (1997): Neumann, Gregor: Die Suche nach den wahren PC-Kosten, in: Information Week, 1997, Nr. 9, S. 39-40.
- Nicolai (1994): Nicolai, Christiana: Die Nutzwertanalyse, in: Das Wirtschaftsstudium, 1994, Nr. 5, S. 423-425.
- Nomachine (2006): o.V.: Introduction to NX technology, URL: <http://www.nomachine.com/documentation/ntr-technology.php>. Abgerufen am 20.05.2006.
- Plumpley (1999): Plumpley, Sue: Network Administration Survival Guide, New York, 1999.

- Pobbig (2005): Pobbig, Heiko: Von der Kostenorientierung zur Wertorientierung: TCO versus ROI, in: IT-Management, 2005, Nr. 7/8, S. 42-46.
- Projektgruppe Paderborn (2005): Projektgruppe Paderborn (Hrsg.): Abschlussbericht des Projektes Lernstatt Paderborn, Paderborn 2005, S. 20-25, URL: http://www.paderborn.de/microsite/lernstatt/download/Abschlussbericht_final.pdf. Abgerufen am 28.06.2006.
- Puhlfürst (2005): Puhlfürst, Claudia: Lernen. lernen, nochmals lernen. Kann man Lernen lernen? zum Thema: Schule gestalten. Bildungskongress Schule gestalten im Rahmen der Leipziger Buchmesse 2005. Vortrag vom 18.03.2005.
- Rdesktop (2006): o.V.: rdesktop: A Remote Desktop Protocol Client for accessing Windows NT Terminal Server, URL: <http://www.rdesktop.org/#overview>. Abgerufen am 23.06.2006.
- Richter (2004): Richter, Christine: Zu teure Computer für Schulen - Anzeige gegen Landesbetrieb für Informationstechnik wegen Verdachts der Untreue. Berliner Zeitung vom 08.10.2004, URL: <http://www.berlinonline.de/berliner-zeitung/archiv/.bin/dump.fcgi/2004/1008/lokales/0010/index.html>. Abgerufen am 06.06.2006.
- Riepl (1998): Riepl, Ludwig: TCO versus ROI, in: Information Management, 1998, 13. Jg., Nr. 2, S. 8.
- RM Consulting (2006): RM Consulting: The Total Cost of Ownership, www.rmcom/_RMVirtual/Media/Downloads/TotalCost_Ownership, S. 1. Abgerufen am 13.06.2005.
- Sarnow (2005): Sarnow, Karl: Linux in der Schule. Grundlagen, Praxis, Einsatz im Unterricht, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage, Lohmar, 2005.

- Schischke (2004): Schischke, Karsten: Sind gebrauchte PCs alt & grau oder grün? Die Umweltbilanz eines Computerlebens, in: ReUse-Compter-Symposium: Unternehmensnetzwerke als Grundlage für lebensfähige Nachhaltigkeitsstrategien, Berlin, 31.03.2004, S. 19-21.
- Schlabbach (2006): Schlabbach, Robert: Fastpath und Interleaving: Erklärung und Stellungnahme eines DSL Experten, URL: <http://www.onlinekosten.de/news/artikel/4441>.
Abgerufen am 12.05.2006.
- Schmitz (2005): Schmitz, Ludger: Thin Clients - reif für große Aufgaben, in: Computerwoche Hardware vom 22.09.2005, URL: http://www.computerwoche.de/produkte_technik/hardware/566592/. Abgerufen am 27.06.2006.
- Scholte (2004): Scholte, Arno: ITworks - Länderübersicht, Wuppertal, 2004.
- Schroedel (2006): o.V.: Wie funktioniert Antolin, URL: <http://www.antolin.de/all/howto.jsp>. Abgerufen am 24.06.2006.
- Schulen ans Netz e.V. (2005a): Schulen ans Netz e.V.: "Finanzierung von Informationstechnik in Schulen", Bonn, 2005.
- Schulen ans Netz e.V. (2005b): Schulen ans Netz e.V.: Paderborner IT-Projekt erfolgreich. 16.03.2005, URL: <http://bildungsklick.de/serviceText.html?serviceTextId=11631>.
Abgerufen am 11.05.2006.
- Schulen ans Netz e.V./ITworks (2005): Schulen ans Netz e.V./ITworks: Evaluationsbericht Lernstatt Paderborn, Januar 2005, Bonn, S. 61-62.
- Schulze (2002): Schulz, Jan: TCO: Monster oder Sparschwein?. Computerwoche Online Artikel vom 04.04.2002, URL:

<http://www3.computerwoche.de/index.cfm?pid=444&pk=528984>. Abgerufen am 28.06.2006.

- Schwarze (1991): Schwarze, Jochen: Einführung in die Wirtschaftsinformatik, 2. Auflage, Berlin, 1991, S. 270-277.
- Senatverwaltung für Bildung, Jugend und Sport (2005): Senatverwaltung für Bildung, Jugend und Sport (Hrsg.): Masterplan eEducation. Pressemitteilung vom 23.08.2005, URL: <http://www.berlinews.de/archiv-2004/3630.shtml>. Abgerufen am 27.06.2006.
- Smekal (2001) Smekal, Christian: Public Private Partnership - ein Beitrag zur effizienteren Aufgabenerfüllung im öffentlichen Sektor?, in: politicum, 2001, Nr. 89, S. 2.
- Stamm (2001): Stamm, Harald: Vom IT-Outsourcing zum Application Service Providing, in: Köhler-Frost, W. (Hrsg.), Application Service Providing - Die neue Herausforderung für Unternehmen, Berlin, 2001, S. 54-67, hier S. 55.
- Stern/Ebel/Vaccaro/Vorndran (2006): Stern, Cornelia / Ebel, Christian, Vaccaro, Eric / Vorndran, Oliver: Bessere Qualität in Schulen. Praxisleitfaden zur Einführung des Selbstevaluationsinstrument SEIS in Schulen, Bielefeld, 2006, S. 18-23.
- SUN (2005): Sun Microsystems (Hrsg.): Kinder und Computer in der Lernstatt Paderborn, Kirchheim-Heimstetten, 2005, URL: http://apps.sun.de/sunrdb/servlets/GetFile/165/8314_AB_Paderborn.pdf. Abgerufen am 27.06.2006.
- Tahetl-Matheis (2006): Tahetl-Matheis, Horst: Public private partnership zwischen Schulreferat - PIK und T-Systems, URL: http://www.musin.de/service/pik/informatives/anl2_c.html. Abgerufen am 16.05.2006.

- Tapper (2001): Tapper, David: ClearCube - A New Paradigm in Reducing Desktop Management Costs, IDC White Paper, Framingham, 2001.
- TechNet (2003): Microsoft Technet (Hrsg.): Locking Down Windows Server 2003 Terminal Server Sessions, 2003.
- Thinstation (2006a): o.V.: Thinstation Newsletter vom 05.11.2003, URL: <http://thinstation.sourceforge.net/letter-2003-11-05.html>. Abgerufen am 19.05.2006.
- Thinstation (2006b): o.V.: Thinstation FAQ - What is Thinstation, URL: <http://thinstation.sourceforge.net/faq.html>. Abgerufen am 19.05.2006.
- Thinstation (2006c): o.V.:Thinstation Features, URL: <http://thinstation.sourceforge.net/wiki/index.php/ThFeatures>. Abgerufen am 19.05.2006.
- Thinstation (2006d): o.V.: Thinstation - Features, URL: <http://www.thinstation.org/features>. Abgerufen am 20.05.2006.
- Thinstation (2006e): o.V.: Thinstation - What is Thinstation?, URL: <http://www.thinstation.org>. Abgerufen am 20.05.2006.
- Tritsch (2003): Tritsch, Bernhard: Microsoft Windows Server 2003 Terminaldienste, Unterschleißheim, 2003.
- Tulodziecki (1997): Tulodziecki, Gerhard; Medienkompetenz als Erziehungs- und Bildungsziel, in: Zeitschrift zur politischen Bildung, 1997, Nr. 3, S. 25.
- Universität Bremen (2001): Universität Bremen - Arbeitsgruppe WLAN-Infrastruktur (Hrsg.): Gutachten zur Feststellung EMVU-Belastung durch das WLAN, Bremen, 2001, URL: <http://www.dmn.tzi.org/wlan/wlan-emvu-gutachten-bremen.pdf>. Abgerufen am 24.06.2006.

- Weber (2002): Weber, J.: Einführung in das Controlling, 9. Auflage, Stuttgart, 2002.
- Weisel (2005): Weisel, Luzian: Recherchieren über Google hinaus. Präsentation am 08.09.2005 im Rahmen der ASpB-Tagung an der TU München, URL: <http://www.stn-international.de/archive/presentations/GoogleASpB2005.pdf>. Abgerufen am 27.06.2006.
- Wessner (2004): Wessner, Matthias: Mit oder ohne Aufsatz - Microsoft Windows 2003 vs. Citrix Metaframe XPe, in: iX, 2004, Nr. 2, S. 78-82.
- Wolf/Holm (1998) Wolf, Knut/Holm, Christian: Total Cost of Ownership, in: Information Management, 1998, Nr. 2, S. 19-23.
- Wollschläger (2005): Wollschläger, Rüdiger: Schüler für die Wissensgesellschaft qualifiziert, in: eLearning Niedersachsen, nordmedia, Hannover, 2005.
- Zangemeister (1976): Zangemeister, Christoph: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen, 4. Auflage, Berlin 1976, S. 45.

Anhang

A1. Ethernet 10-100 MBit Netzwerkkartenmodule von Thinstation Version 2.2b3

Modul	Netzwerkkartenbeschreibung
3c501	3c501 "EtherLink"
3c503	3c503 "EtherLink II"
3c505	3c505 "EtherLink Plus"
3c507	3c507 "EtherLink 16"
3c509	3c509/3c529 (MCA)/3c579 "EtherLink III"
3c515	3c515 ISA "Fast EtherLink"
3c59x	3c590 /3c900 series (592/595/597) "Vortex/Boomerang"
8139too	RealTek RTL-8139/8219 PCI Fast Ethernet Adapter
8139cp	RealTek RTL-8139 C+ PCI Fast Ethernet Adapter
ac3200	Ansel Communications EISA 3200
amd8111e	AMD 8111 (new PCI lance)
at1700	AT1700/1720
b44	Broadcom 4400 ethernet
cs89x0	CS89x0
de4x5	Generic DECchip & DIGITAL EtherWORKS PCI/EISA
de2104x	Early DECchip Tulip (dc2104x) PCI
depca	DEPCA, DE10x, DE200, DE201, DE202, DE422
dgrs	Digi Intl. RightSwitch SE-X
dmfe	Davicom DM910x/DM980x
hp100	HP 10/100VG PCLAN (ISA, EISA, PCI)
e100	EtherExpressPro/100 (e100, Alternate Intel driver)
e2100	Cabletron E21xx
eeopro	EtherExpressPro /EtherExpress 10 (i82595)
eeopro100	EtherExpressPro/100 (eeopro100, original Becker driver)
eexpress	EtherExpress 16
epic100	SMC EtherPower II
eth16i	ICL EtherTeam 16i/32
ewrk3	EtherWORKS 3 (DE203, DE204, DE205)
fealnx	Myson MTD-8xx PCI Ethernet
forcedeth	nForce Ethernet
hp-plus	HP PCLAN+ (27247B and 27252A)
hp	HP PCLAN (27245 and other 27xxx series)
lp486e	LP486E on board Ethernet
lance	AMD LANCE and PCnet (AT1500 and NE2100)
ne io=0x300	NE2000/NE1000
ne2k-pci	PCI version of NE-2000
natsemi	National Semiconductor DP8381x series PCI Ethernet
ni5010	Racal-Interlan (Micom) NI cards
ni52	Racal-Interlan (Micom) NI cards
ni65	Racal-Interlan (Micom) NI cards
pcnet32	AMD PCnet32 PCI
sis900	SiS 900/7016 PCI Fast Ethernet Adapter. Common in integrated motherboards
smc-ultra	SMC Ultra

smc9194	SMC 9194
starfire	Adaptec Starfire/DuraLAN
sundance	Sundance Alta
tlan	TI ThunderLAN , Compaq Neteligent 10/100
typhoon	3cr990 series "Typhoon"
tulip	DECchip Tulip (dc21x4x) PCI
via-rhine	VIA Rhine (both Rhine I and II). Common in integrated motherboards
wd	WD80*3
winbond-840	Winbond W89c840 Ethernet
xircom_cb	Xircom CardBus
xircom_tulip_cb	Xircom Tulip-like CardBus

A2. Ethernet 1.000 MBit Netzwerkkartenmodule von Thinstation Version 2.2b3

Modul	Netzwerkkartenbeschreibung
acenic	Alteon AceNIC/3Com 3C985/NetGear GA620 Gigabit
dl2k	D-Link DL2000-based Gigabit Ethernet
e1000	Intel(R) PRO/1000 Gigabit Ethernet
ns83820	National Semiconductor DP83820
hamachi	Packet Engines Hamachi GNIC-II
yellowfin	Packet Engines Yellowfin Gigabit-NIC
r8169	Realtek 8169 Gigabit Ethernet
sk98lin	Marvell Yukon Chipset / SysKonnect SK-98xx
tg3	Broadcom Tigon3
via-velocity	VIA Velocity

A3. Ethernet 10.000 MBit Netzwerkkartenmodule von Thinstation Version 2.2b3

Modul	Netzwerkkartenbeschreibung
ixgb	Intel(R) PRO/10GbE
s2io	S2IO 10Gbe XFrame NIC

A4. PCMCIA Netzwerkkartenmodule von Thinstation Version 2.2b3

Modul	Netzwerkkartenbeschreibung
3c574_cs	3Com 3c574 PCMCIA
3c589_cs	3Com 3c589 PCMCIA
pcnet_cs	NE2000 compatible PCMCIA
smc91c92_cs	SMC 91Cxx PCMCIA
xircom_cb	Xircom CardBus

A5. Wireless Netzwerkkartenmodule von Thinstation Version 2.2b3

Modul	Netzwerkkartenbeschreibung
orinoco_pci	Prism 2.5 PCI 802.11b adaptor (EXPERIMENTAL)
orinoco_cs	Hermes PCMCIA card
airo_cs	Cisco/Aironet 34X/35X/4500/4800 PCMCIA cards

A6. ISA Soundkartenmodule von Thinstation Version 2.2b3

Modul	Soundkartenbeschreibung
snd-ad1816a	Analog Devices SoundPort AD1816A
snd-ad1848	AD1848 (Analog Devices) or CS4248 (Cirrus Logic)
snd-cs4231	CS4231 chips from Cirrus Logic
snd-cs4232	CS4232 chips from Cirrus Logic
snd-cs4236	CS4235,CS4236,CS4237B,CS4238B,CS4239 chips from Cirrus Logic
snd-es968	ESS AudioDrive ES968 chips
snd-es1688	ESS AudioDrive ES688 or ES1688 chips
snd-es18xx	ESS AudioDrive ES18xx chips
snd-gusclassic	Gravis UltraSound Classic soundcards
snd-gusextreme	Gravis UltraSound Extreme soundcards
snd-gusmax	Gravis UltraSound MAX soundcards
snd-interwave	AMD InterWave based soundcards (Gravis UltraSound Plug & Play; STB SoundRage32, MED3210, Dynasonic Pro, Panasonic PCA761AW)
snd-interwave-stb	AMD InterWave based soundcards with a TEA6330T bass and treble regulator (UltraSound 32-Pro)
snd-opti92x-ad1848	Opti 82C92x or OTI-601 chips and using an AD1848 codec
snd-opti92x-cs4231	Opti 82C92x chips and using a CS4231 codec
snd-opti93x	Opti 82C93x chips
snd-sb8	Creative Sound Blaster 1.0 2.0/Pro (8-bit) or 100% compatible
snd-sb16	Sound Blaster 16 soundcards (including Plug and Play version)
snd-sbawe	Sound Blaster AWE soundcards (including Plug and Play version)
snd-wavefront	Turtle Beach Maui, Tropez, Tropez+ based on the Wavefront chip
snd-als100	Avance Logic ALS100, ALS110, ALS120 and ALS200 chips
snd-azt2320	Aztech Systems AZT2320 chip
snd-cmi8330	C-Media CMI8330 chip
snd-dt019x	Diamond Technologies DT-019X or Avance Logic ALS-007 chips
snd-opl3sa2	Yamaha OPL3-SA2 and OPL3-SA3 chips
snd-sgalaxy	Aztech Sound Galaxy soundcards
snd-sscape	Ensoniq SoundScape PnP soundcards

A7. PCI Soundkartenmodule von Thinstation Version 2.2b3

Modul	Soundkartenbeschreibung
snd-ali5451	AC97 intergrated device with ALi M5451 Audio Controller (M1535/M1535D/M1535+/M1535D+ south bridges)
snd-atiixp	AC97 intergrated device with ATI chipsets (ATI IXP 150/200/250/300/400)
snd-au8810	Aureal Advantage soundcards
snd-au8820	Aureal Vortex soundcards
snd-au8830	Aureal Vortex 2 soundcards
snd-azt3328	Aztech AZF3328 (PCI168) soundcards
snd-cs46xx	Cirrus Logic CS4610/CS4612/CS4614/CS4615/CS4622/CS4624/CS4630/CS4280 chips

snd-cs4281	Cirrus Logic CS4281 chips
snd-emu10k1	Sound Blaster PCI 512, Live!, Audigy and E-mu APS (partially supported) soundcards
snd-korg1212	Korg 1212IO soundcards
snd-mixart	Digigram miXart soundcards
snd-nm256	NeoMagic NM256AV/ZX chips
snd-rme32	RME Digi32, Digi32 PRO and Digi32/8 (Sek'd Prodif32, Prodif96 and Prodif Gold) audio devices
snd-rme96	RME Digi96, Digi96/8 and Digi96/8 PRO/PAD/PST soundcards
snd-rme9652	RME Hammerfall (RME Digi9652/Digi9636) soundcards
snd-hdsp	RME Hammerfall DSP Audio soundcards
snd-trident	Trident 4D-Wave DX/NX or SiS 7018 chips
snd-ymfpcci	Yamaha PCI chips YMF724, YMF724F, YMF740, YMF740C, YMF744, YMF754
snd-als4000	Avance Logic ALS4000 chips
snd-cmipci	C-Media CMI8338 or CMI8738 chips
snd-ens1370	Ensoniq AudioPCI ES1370 chips
snd-ens1371	Ensoniq AudioPCI ES1371 chips and Sound Blaster PCI 64 or 128
snd-es1938	ESS Solo-1 (ES1938, ES1946, ES1969) chips
snd-es1968	ESS Maestro 1/2/2E chips
snd-maestro3	ESS Maestro 3 (Allegro) chips
snd-fm801	ForteMedia FM801 chip
snd-ice1712	ICE1712 (Envy24) chip
snd-ice1724	ICE/VT1724/1720 (Envy24HT/PT) chips
snd-intel8x0	AC97 intergrated device with Intel/SiS/nVidia/AMD chipsets, or ALi chipsets using the M5455 Audio Controller
snd-sonicvibes	S3 SonicVibes chip
snd-via82xx	AC97 intergrated device with VIA chipsets
snd-vx222	Digigram VX222 soundcards

A8. Generische Xorg6R8.2 Videotreiber von Thinstation Version 2.2b3

Package	Grafikkartenbeschreibung
xorg6-apm	Alliance ProMotion video driver
xorg6-ark	Ark Logic video driver
xorg6-ati	ATI video driver
xorg6-chips	Chips and Technologies video driver
xorg6-cirrus	Cirrus Logic video driver
xorg6-cyrix	Cyrix video driver
xorg6-glint	GLINT/Permedia video driver
xorg6-i128	Number 9 I128 video driver
xorg6-i740	Intel i740 video driver
xorg6-i810	Intel 8xx integrated graphics chipsets
xorg6-mga	Matrox video driver
xorg6-neomagic	Neomagic video driver
xorg6-nsc	Nsc video driver
xorg6-nv	NVIDIA video driver
xorg6-r128	ATI Rage 128 video driver
xorg6-radeon	ATI RADEON video driver
xorg6-rendition	Rendition video driver

xorg6-s3	S3 video driver
xorg6-s3virge	S3 ViRGE video driver
xorg6-savage	S3 Savage video driver
xorg6-siliconmotion	Silicon Motion video driver
xorg6-sis	SiS video driver
xorg6-tdfx	3Dfx video driver
xorg6-tga	DEC TGA video driver
xorg6-trident	Trident video driver
xorg6-tseng	Tseng Labs video driver
xorg6-vesa	Generic VESA driver, use this if you don't know what to use
xorg6-vga	VGA 320x200 8 bit
xorg6-via	VIA video driver
xorg6-vmware	VMware SVGA video driver

Grundschule Alkofen

Schüler-Fragebogen Klasse

Frage 1: Wie oft arbeitest du am Computer im KLASSENZIMMER?

- täglich jeden zweiten Tag jeden dritten Tag einmal in der Woche

Frage 2: Wie oft arbeitest du am Computer im COMPUTERRAUM?

- täglich jeden zweiten Tag jeden dritten Tag einmal in der Woche

Frage 3: Sollte jeder Schüler im COMPUTERRAUM einen PC zum Arbeiten haben?

- ja nein, ich teile mir den PC gerne mit einem anderen Schüler

Frage 4: Welche Antwort entspricht deiner Meinung. Kreuze eine der beiden Antworten an.

- Ich gehe lieber in den Computerraum zum Arbeiten mit dem Computer
 Ich arbeite lieber mit einem Computer im Klassenzimmer

Frage 5: Welche Programme gefallen dir? Verteile Schulnoten für die Programme, mit denen du bereits gearbeitet hast (1=Sehr gut, 2=Gut, ..., 6=Mangelhaft)

- | | | |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Wasser | <input type="checkbox"/> Die Hecke | <input type="checkbox"/> Mit dem Fahrrad unterwegs |
| <input type="checkbox"/> Oriolus - Deutsch | <input type="checkbox"/> Oriolus – Mathe | <input type="checkbox"/> Oriolus – Englisch |
| <input type="checkbox"/> Lernwerkstatt - Deutsch | <input type="checkbox"/> Lernwerkstatt – Mathe | <input type="checkbox"/> Lernwerkstatt – Englisch |
| <input type="checkbox"/> Antolin | | |

Frage 6: Soll der Computer im Unterricht öfters benutzt werden?

- ja nein

Frage 7: Die Schule hat seit Oktober 2005 ein neues Computersystem. Die folgenden Fragen vergleichen das alte Computersystem mit dem neuen Computersystem.

Findest du das neue Computersystem besser?

ja nein

Ist das neue Computersystem schneller als das alte Computersystem?

ja nein

Findest du, dass das neue Computersystem zuverlässiger ist?

ja nein

Ist das Starten der Programme einfacher geworden?

ja nein

Ist das Arbeiten mit Antolin schneller, gleich schnell oder langsamer geworden?

schneller gleich schnell langsamer

Ist das Arbeiten mit Budenberg schneller, gleich schnell oder langsamer geworden?

schneller gleich schnell langsamer

Frage 8: Was hat dir am alten Computersystem nicht so gut gefallen? Schreibe kurz deine Meinung

Frage 9: Was könnte man an dem neuen Computersystem besser machen? Schreibe kurz deine Meinung.

Grundschule Alkofen

Lehrer-Fragebogen

Frage 1: Wenn Sie in Ihrem Klassenzimmer Computer besitzen, aus welchem Grund suchen Sie den Computerraum auf?

Frage 2: Sollte jeder Schüler im COMPUTERRAUM einen PC zum Arbeiten haben?

ja nein

Frage 3: Die folgenden Fragen vergleichen das alte Computersystem mit dem neuen Computersystem.

Finden Sie das neue Computersystem besser?

ja nein

Ist das neue Computersystem schneller?

ja nein

Finden Sie, dass das neue Computersystem zuverlässiger ist?

ja nein

Ist das Starten der Programme einfacher geworden?

ja nein

Ist das Arbeiten mit Antolin schneller, gleich schnell oder langsamer geworden?

schneller gleich schnell langsamer

Ist das Arbeiten mit Budenberg schneller, gleich schnell oder langsamer geworden?

schneller gleich schnell langsamer

Frage 4: Was ist Ihnen positiv am neuen Computersystem aufgefallen?

Frage 5: Was ist Ihnen negativ am neuen Computersystem aufgefallen?

Frage 6: Welche Verbesserungsmöglichkeiten am neuen Computersystem sehen Sie?

Frage 7: Würden Sie das neue Computersystem weiterempfehlen?

ja nein

A11. Kostenübersicht für die Grundschule Alkofen - Teil 1

KK	Bezeichnung	E	#	EP	SBC	#	EP	C/S	#	EP	P2P
Hardware	Serverhardware	A	1	2.100 €	2.100 €	1	2.000 €	2.000 €			
	SbC-Komponenten Computerraum	R	1	50 €	50 €						
	SbC-Komponenten Klasse 3a	R	1	30 €	30 €						
	SbC-Komponenten Klasse 4	R	1	30 €	30 €						
	Fat-Clients ohne Monitor / Betriebssystem	A				30	400 €	12.000 €	30	400 €	12.000 €
	Headsets	R	20	16 €	320 €	20	16 €	320 €	20	16 €	320 €
	Rückwandcomputertisch Klasse 3a	R	1	696 €	696 €	1	696 €	696 €	1	696 €	696 €
	Rückwandcomputertisch Klasse 4	R	1	696 €	696 €	1	696 €	696 €	1	696 €	696 €
	Anschaffung eines Drucker im 2. Jahr	E01	1	200 €	200 €	1	200 €	200 €	1	200 €	200 €
	Anschaffung Festplatten	E06				3	70 €	210 €	3	70 €	210 €
	Anschaffung DVD-Rom	E07				2	25 €	50 €	2	25 €	50 €
	Jährliches Verbrauchsmaterial	E03	5	50 €	250 €	5	50 €	250 €	5	50 €	250 €
Summe Hardware					4.372 €			16.422 €			14.422 €
Software	SbC-Server-Betriebssystem + Zugriffsliz.	R	1	1.162 €	1.162 €						
	C/S-Server-Betriebssystem + Zugriffsliz.	A				1	200 €	200 €			
	C/S-Clientbetriebssysteme	A				30	86 €	2.580 €			
	P2P-Betriebssysteme	A							30	86 €	2.580 €
	Jährlicher Antivirenschutz	E10	5	223 €	1.115 €	5	223 €	1.115 €	5	223 €	1.115 €
	Server-Administrationstools für 5 Jahre	E11	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €			
	Lernsoftware Oriolus D/M/E	R	1	440 €	440 €	1	440 €	440 €	1	440 €	440 €
	Lernsoftware Lernwerkstatt 6	R	1	99 €	99 €	1	99 €	99 €	1	99 €	99 €
	Lernsoftware Mit dem Fahrrad unterwegs	R	1	189 €	189 €	1	189 €	189 €	1	189 €	189 €
	Lernsoftware Die Hecke	R	1	169 €	169 €	1	169 €	169 €	1	169 €	169 €
	Lernsoftware Wasser	R	1	149 €	149 €	1	149 €	149 €	1	149 €	149 €
	Regierungsbezirk Niederbayernkarte	R	1	128 €	128 €	1	128 €	128 €	1	128 €	128 €
	Jährl. Anschaffung Lernsoftware	E03	4	300 €	1.200 €	4	300 €	1.200 €	4	300 €	1.200 €
	Jährl. Anschaffung Lernsoftware	E04	4	200 €	800 €	4	200 €	800 €	4	200 €	800 €
	Budenberg Updates	R+S	5	42 €	210 €	5	42 €	210 €	5	42 €	210 €
	Antolin Updates	R+S	5	25 €	125 €	5	25 €	125 €	5	25 €	125 €
	Lernsoftware Oriolus Updates	S		0 €	0 €		0 €	0 €		0 €	0 €
Lernsoftware Lernwerkstatt 6 Updates	S		0 €	0 €		0 €	0 €		0 €	0 €	
Summe Software					5.836 €			7.454 €			7.204 €

Informationen zu A.11 und A.12:

- KK = Kostenkategorie
- # = Anzahl
- E = Ereignis
- EP = Einzelpreis
- A = Angebot
- EXX = Ereignis Nr. XX
- R = Rechnung
- S = Schätzung

A12. Kostenübersicht für die Grundschule Alkofen - Teil 2

KK	Bezeichnung	E	#	EP	SBC	#	EP	C/S	#	EP	P2P
Support	SbC-Windows Server Basisinstallation	S	10	50 €	500 €						
	SbC-Clientmigration Computerraum	S	5	50 €	250 €						
	SbC-Clientmigration Klasse 3a	S	2	50 €	100 €						
	SbC-Clientmigration Klasse 4	S	2	50 €	100 €						
	SbC-Terminalerweiterung	S	4	50 €	200 €						
	SbC-Serverwartung (6*5)	E09	30	50 €	1.500 €						
	C/S-Windows Server Basisinstallation	S	10	50 €	500 €	10	50 €	500 €			
	C/S-Software Deployment einrichten	S				4	50 €	200 €			
	C/S-Dateiserver konfigurieren	S				1	50 €	50 €			
	C/S-Serverwartung (2*5)	E09				10	50 €	500 €			
	Office 2000 Installation	S	¼	50 €	12,50 €	¼	50 €	12,50 €	4	50 €	200 €
	Laserdrucker Computerraum	R	½	50 €	25 €	½	50 €	50 €	2,5	50 €	125 €
	Installation Oriolus	S	¼	50 €	12,50 €	¼	50 €	12,50 €	2,5	50 €	125 €
	Installation Lernwerkstatt 6	S	¼	50 €	12,50 €	¼	50 €	12,50 €	2,5	50 €	125 €
	Installation Mit dem Fahrrad unterwegs	S	¼	50 €	12,50 €	¼	50 €	12,50 €	2	50 €	100 €
	Installation die Hecke	S	¼	50 €	12,50 €	¼	50 €	12,50 €	2	50 €	100 €
	Installation Wasser - Quelle des Lebens	S	¼	50 €	12,50 €	¼	50 €	12,50 €	2	50 €	100 €
	Installation Regierungsbezirk Ndb.karte	S	¼	50 €	12,50 €	¼	50 €	12,50 €	1	50 €	50 €
	Installation der Lernsoftware	E03	2	50 €	100 €	2	50 €	100 €	32	50 €	1.600 €
	Installation der Lernsoftware (4*1)	E04	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €	16	50 €	800 €
	Installation Drucker im zweiten Jahr	E01	¼	50 €	25 €	¼	50 €	25 €	4	50 €	200 €
	Jährl. Installation Budenberg Upd. (4*¼)	A	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €	10	50 €	500 €
	Jährl. Installation Oriolus Update (4*¼)	A	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €	10	50 €	500 €
	Jährl. Installation Lernwerkstatt 6 Upd.	A	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €	10	50 €	500 €
	Lernsoftware Updates	E04	1,5	50 €	75 €	1,5	50 €	75 €	6	50 €	300 €
	Jährl. auß. Windows Updates (4*½)	E05	2	50 €	100 €	8	50 €	400 €	8	50 €	400 €
	Einbau der Festplatten	E06				¾	50 €	37,50 €	¾	50 €	37,50 €
	Installation Betriebssystem + Treiber	E06				3	50 €	150 €	3	50 €	150 €
	Installation Software	E06				3	50 €	150 €	3	50 €	150 €
	Jährliche Installation Antivirensoftware	E10	½	50 €	25 €	½	50 €	25 €	15	50 €	750 €
	Installation der Administrationstools	E11	½	50 €	25 €	½	50 €	25 €			
	Support aufgrund Benutzerveränder.	E08				20	50 €	1.000 €	20	50 €	1.000 €
Summe Support					3.812,50€			3.550 €		7.812,50€	
Schulung	Technologieschulung	S	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €
	Schulung	E12	1	500 €	500 €	1	500 €	500 €	1	500 €	500 €
Summe Schulung					550 €			550 €		550 €	
Vernetzung	Switch Klasse 3a	R	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €
	Switch Klasse 4	R	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €
	Switch Rektorzimmer	R	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €
	Powerline Adapter Rektor-/Lehrerzimmer	R	2	40 €	80 €	2	40 €	80 €	2	40 €	80 €
	Cat5 Netzwerkkabel 200m	R	1	100 €	100 €	1	100 €	100 €	1	100 €	100 €
	Netzwerk Einrichtung Klasse 3a, 4 Haus	A	6	30 €	180 €	6	30 €	180 €	6	30 €	180 €
	Fertigstellung der Netzwerkverkabelung	S	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €	1	50 €	50 €
	Netzwerk Einrichtung Lehrerzimmer	A	0,5	50 €	25 €	0,5	50 €	25 €	0,5	50 €	25 €
Summe Vernetzung					585 €			585 €		585 €	

