

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Inhaltsverzeichnis	ii
Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	xi
1 Vorwort	1
1.1 Ziel dieser Studie	3
1.2 Der Bedarf an nachhaltiger Entwicklung und nachhaltigen Informations- technologien	3
1.3 Private Interessen	5
1.4 Geschäftliche Interessen	5
1.5 Überblick über die Kapitel	5
2 Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung bei Servern	7
2.1 Virtualisierung	7
2.1.1 Systemvirtualisierung	8
2.1.1.1 Full Virtualization mit Binary Translation	10
2.1.1.2 Paravirtualisierung	10
2.1.1.3 Hardware Assisted Virtualization	11
2.1.1.4 Vergleich der x86-Systemvirtualisierungsarchitekturen	12
2.1.1.5 VMware ESX Server	13
2.1.2 Einsparungspotential von Virtualisierung	14
2.1.2.1 Berechnung der eingesparten Leistungsanforderung der Guests	15
2.1.2.2 Berechnung der Leistungsanforderung des Hosts	15

2.1.2.3	Berechnung der Leistungsanforderung für die Klimatisierung	16
2.1.2.4	Berechnung der gesamten Einsparungen durch Virtualisierung	16
2.1.2.4.1	Beispielrechnung	17
2.2	Energiesparende Hardware	18
2.2.1	Effiziente Netzteile	18
2.2.1.1	80 PLUS Zertifizierung	18
2.2.1.2	Einsparungspotential von effizienten Netzteilen	20
2.2.2	CPU Power Saving Features	22
2.2.2.1	Einsparungspotential von CPU Power Saving Features	23
3	Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung bei Storage	25
3.1	Thin Provisioning	25
3.1.1	Einsparungspotential von Thin Provisioning	27
3.2	Data-Deduplication	28
3.2.1	Einsparungspotential von Data-Deduplication	30
3.2.2	Data-Deduplication bei Backupdaten	30
4	Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung der Rechenzentrumsinfrastruktur	31
4.1	Sollwerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit	31
4.2	Ermittlung der Kühlungsanforderung	32
4.3	Arten von Klimageräten	34
4.3.1	Air Cooled DX Systems	35
4.3.2	Air Cooled Self-contained Systems	36
4.3.3	Glycol Cooled Systems	37
4.3.4	Water Cooled Systems	39
4.3.5	Chilled Water Systems	41
4.3.6	Leistungsanforderung der Klimatisierung	42
4.4	Free Cooling	43
4.5	Verteilung der Kaltluft	45
4.6	Druckböden	45
4.6.1	Belüftungsöffnungen	46

4.6.2	Abluftöffnungen	47
4.7	Platzierung der Klimageräte	47
4.8	Kühlungsarchitekturen	49
4.8.1	Room-based Cooling Architecture	50
4.8.2	Row-oriented Cooling Architecture	51
4.8.3	Rack-oriented Cooling Architecture	51
4.9	Racks	52
4.9.1	Hot-Aisle - Cold-Aisle Prinzip	53
4.10	Kühlung von Bladeservern	54
4.10.1	Luftströmung	55
4.10.1.1	Air Distribution Unit	55
4.10.1.2	Air Removal Unit	56
4.10.1.3	Eigene klimaneutrale Infrastruktur	57
4.11	Unterbrechungsfreie Stromversorgung	59
4.11.1	Leerlaufverlust	60
4.11.2	Proportionaler Verlust	60
4.11.3	Quadratischer Verlust	60
5	Modell zur Bewertung der Effizienz im Rechenzentrum	61
5.1	Ermittlung der Daten zur Berechnung der Effizienz	62
5.2	Total Facility Power	63
5.3	IT Equipment Power	63
5.3.1	Steady-State Constant	64
5.4	Data Center infrastructure Efficiency und Power Usage Effectiveness . .	65
5.5	Auslastung der IT-Geräte	67
5.5.1	Deployed Hardware Utilization Ratio of Servers	67
5.5.2	Deployed Hardware Utilization Ratio of Storage	67
5.6	Effizienz der IT-Geräte	69
5.6.1	Hardware Compute Load	69
5.6.2	IT Hardware Power Overhead Multiplier	69

6	Bewertung des Rechenzentrum I der SPAR AG	71
6.1	Beschreibung des Excel Sheets zur Bewertung	71
6.1.1	Ergebnisse	71
6.1.2	Übersicht	72
6.1.3	RZ1 Original Layout	73
6.1.4	RZ1 Optimierte Layout	73
6.1.5	Rackbewertung	73
6.1.6	Stammbblätter (Server Stb, Storage Stb, Netzwerk Stb und Zubehör Stb)	74
6.1.7	Storage Data	74
6.1.8	Free Cooling SZG	75
6.1.9	Virtualisierung	75
6.1.10	Power Save	75
6.2	Ermittlung der erforderlichen Daten für die Ermittlung der Effizienz	76
6.2.1	Ermittlung von IT Equipment Power	76
6.2.2	Ermittlung von Total Facility Power	76
6.2.2.1	Ermittlung der Leistung für die Klimatisierung	78
6.2.2.2	Ermittlung des Verlusts der USV	79
6.2.2.3	Ermittlung der Größe des Rechenzentrums	79
6.2.2.4	Ermittlung der Kühlungsanforderung	80
6.3	Berechnung der Metriken zur Messung der Effizienz	81
6.3.1	Data Center infrastructure Efficiency und Power Usage Effectiveness	82
6.3.1.1	Methode APC optimiert	82
6.3.1.2	Methode APC pessimistisch	82
6.3.1.3	HP Cooling Load Factor	83
6.3.2	Deployed Hardware Utilization Ratio	84
6.3.3	Deployed Hardware Utilization Ratio of Servers	84
6.3.4	Deployed Hardware Utilization Ratio of Storage	84
6.3.5	IT Hardware Power Overhead Multiplier	85

7 Optimierungspotential des Rechenzentrum I der SPAR AG	87
7.1 Server	87
7.1.1 Berechnung der Einsparungen durch Virtualisierung	87
7.1.2 Berechnung der möglichen Einsparungen durch energiesparende Hardware	88
7.1.2.1 Einsparungen durch den Einsatz von effizienten Netz- teilen	89
7.1.2.2 Einsparungen durch den Einsatz von CPU Power Save Features	89
7.2 Storage	90
7.2.1 Mögliche Einsparungen durch den Einsatz von Thin Provisioning	90
7.2.2 Mögliche Einsparungen durch den Einsatz von Data-Deduplication	91
7.3 Infrastruktur	93
7.3.1 Mögliche Einsparungen durch den Einsatz von Free Cooling . .	93
7.3.2 Optimierung des Rechenzentrum Layouts	94
7.3.2.1 Optimierende Maßnahmen für die gesamte Luftzirkula- tion	94
7.3.3 Optimierende Maßnahmen einzelner Racks	97
7.3.3.1 Leistungsanforderungen an einzelne Racks	99
8 Zusammenfassung und Ausblick	101
Literaturverzeichnis	105
Abkürzungsverzeichnis	117
Glossar	119
Anhang	123
A Grundlagen	125
A.1 Auswirkungen der verschiedenen Ressourcen auf Leistung und Energie .	125
A.2 Berechnung der Verbrauchswerte	127
A.2.1 Berechnung des Energieverbrauchs	127
A.2.2 Berechnung des CO ₂ -Ausstoßes	128
B RZI der SPAR AG	131

C RZI der SPAR AG - optimiert	133
D Durchschnittliche Temperaturen am Flughafen Salzburg 2006	135
E Leistungsanforderung pro Rack	137