

# Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b>	i
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	ii
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	ix
<b>Tabellenverzeichnis</b>	xi
<b>1 Vorwort</b>	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
<b>2 Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung bei Servern</b>	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
<b>3</b>	<b>Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung bei Storage</b>	<b>25</b>
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
<b>4</b>	<b>Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung der Rechenzentrumsinfrastruktur</b>	<b>31</b>
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
<b>5 Modell zur Bewertung der Effizienz im Rechenzentrum</b>	<b>61</b>
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

<b>6 Bewertung des Rechenzentrum I der SPAR AG</b>	<b>71</b>
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 Stammblätter (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

<b>7 Optimierungspotential des Rechenzentrum I der SPAR AG</b>	<b>87</b>
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 Netzteilen . . . . .	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 Luftzirkulation . . . . .	94
7.3.3 Optimierende Maßnahmen einzelner Racks . . . . .	97
7.3.3.1 Leistungsanforderungen an einzelne Racks . . . . .	99
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>101</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>105</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>117</b>
<b>Glossar</b>	<b>119</b>
<b>Anhang</b>	<b>123</b>
<b>A Grundlagen</b>	<b>125</b>
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 <sub>2</sub> -Ausstoßes . . . . .	128
<b>B RZI der SPAR AG</b>	<b>131</b>

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