

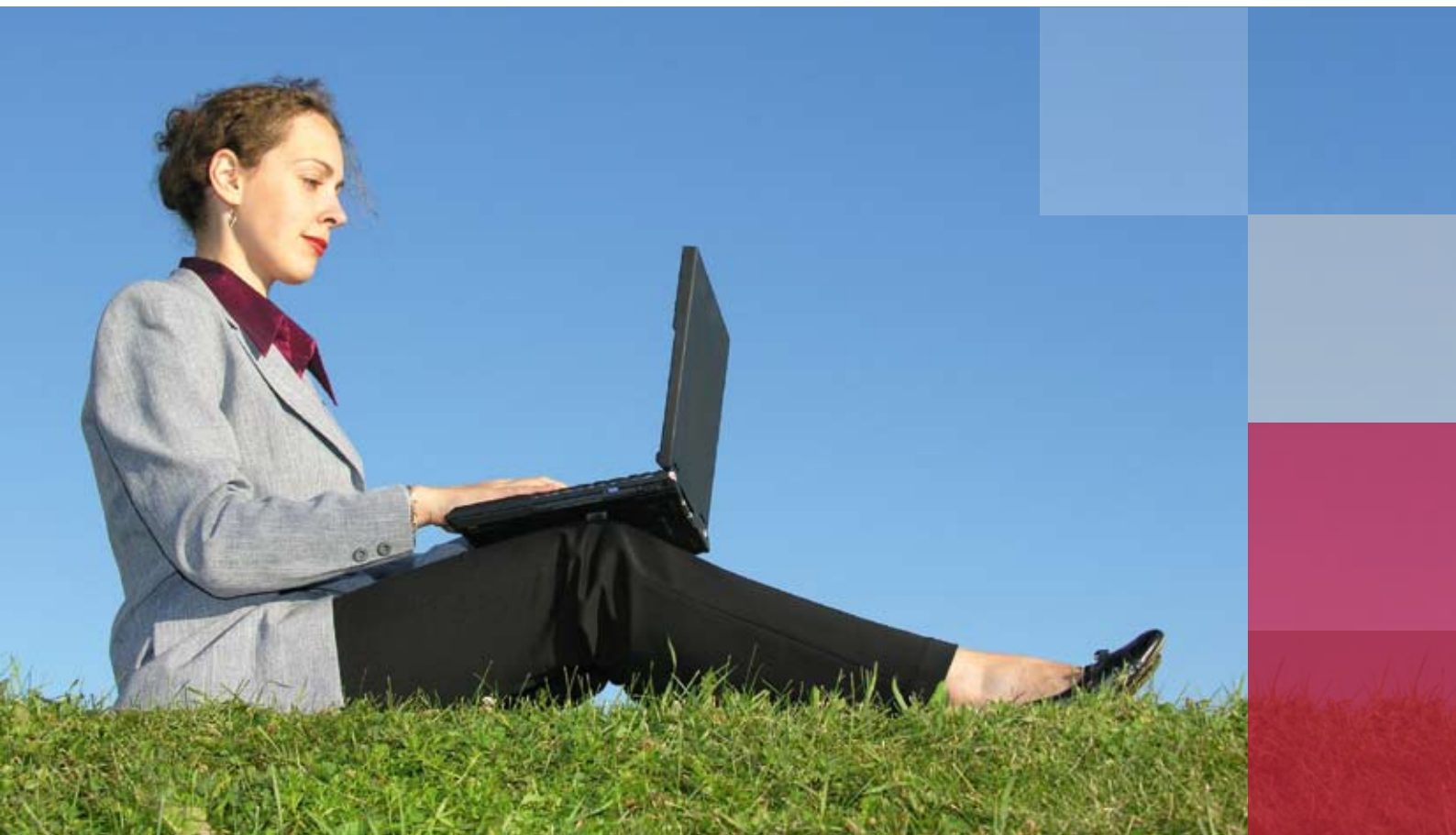


Management
& Technology
Consultants

Studie | Green-IT Clients

Thin Clients versus Desktop-Computer – wer spart mehr Strom?

Vergleich energieeffizienter Arbeitsplatzsysteme
für den Einsatz in Behörden



1. Einleitung und Zielsetzung

Die Finanzkrise, die damit verbundene Konjunkturabschwächung und die strukturelle Veränderung des Arbeitsmarkts sowie zunehmende internationale Verflechtungen – all diese Entwicklungen konfrontieren die Verwaltung mit grundlegenden Änderungen im Ablauf und in der Ausrichtung von Prozessen und Strukturen. Die Erwartungshaltung von Bürgern und Politik an die Wirtschaftlichkeit und den Service öffentlicher Institutionen steigt. Informationstechnik bietet die Chance, die Effizienz und Effektivität der Verwaltungsarbeit von Bund, Ländern und Kommunen zu stärken und besser zu organisieren. Zudem kann der Einsatz moderner Technologien einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der CO₂-Bilanz von Unternehmen und der Verwaltung leisten, z. B. durch Vermeidung von Dienstreisen oder eine verbesserte Streckenführung von Transporten durch den Einsatz von IT. Dieser Nutzen wird auch als „Grün durch IT“ bezeichnet. Allerdings steigt mit der Verbreitung der IT auch ihr Anteil am Energieverbrauch. Vor dem Hintergrund anhaltender Preissteigerungen für Energie sowie der Zunahme umweltpolitischer Regulierungen verstärkt diese Entwicklung den Druck auf Organisationen, sich mit ökologischen Aspekten im IT-Betrieb selbst, d. h. mit dem Energieverbrauch von Servern und Arbeitsplatzcomputern („Grün in der IT“) zu beschäftigen. In diesem Zusammenhang beschloss der Rat der IT-Beauftragten am 13. November 2008 für die Bundesverwaltung das Ziel, den durch den IT-Betrieb verursachten Energieverbrauch bis 2013 um 40 Prozent zu reduzieren.

Der Fokus der Aktivitäten zur Reduktion des Energieverbrauchs in der IT konzentriert sich derzeit im Regelfall auf die IT in Rechenzentren. Mit Anwendungskonsolidierungen und dem Einsatz von Server-Virtualisierung konnten viele Behörden bereits erhebliche Energieeinsparungen in diesem Bereich erzielen. Andererseits sind beispielsweise in der Bundesverwaltung ca. 550.000 Desktop-Computer im Einsatz¹. Nach Schätzung BearingPoints verursachen diese mehr als die Hälfte des Gesamtenergieverbrauchs der IT der Bundesverwaltung. Für diesen Arbeitsplatzbereich gibt es derzeit noch sehr wenig standardisierte Lösungen zur Unterstützung der Behörden bei der Erreichung des Einsparziels.

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, Energieeinsparpotenziale für Desktop-Computer zu identifizieren und ausgewählte Lösungskonzepte hinsichtlich deren Energieeffizienz zu evaluieren. Die Lösungen sollen nachweislich zeigen, dass durch geeignete Wahl von Computer-Hardware und durch optimale Einstellungen unter Microsoft Windows-Betriebssystemen ein signifikanter Teil des Energieverbrauchs im Vergleich zur Ist-Situation reduziert und somit ein wichtiger Beitrag zur Erreichung des Energie-Einsparziels der Bundesregierung geleistet werden kann.

Die Studie gliedert sich in folgende Abschnitte: Rahmenbedingungen und Abgrenzung für die Durchführung der Studie werden in Abschnitt 2 beschrieben. Abschnitt 3 behandelt die möglichen Arbeitsplatz-PC-Architekturen in der Verwaltung. Die Energiesparpotenziale der unterschiedlichen Lösungsarchitekturen werden in Abschnitt 4 vorgestellt. Abschnitt 5 erläutert den Aufbau der Energieverbrauchsmessungen und die Konfiguration der Testsysteme. Die Messergebnisse werden im Abschnitt 6 dokumentiert und im Abschnitt 7 hinsichtlich der Zielsetzung der Studie bewertet.

¹ BearingPoint, qualifizierte Schätzung, 2009

2. Rahmenbedingungen und Abgrenzung

Betrachtungsgegenstand dieser Studie ist der Energieverbrauch des Betriebs von Desktop-Computern in einer typischen Umgebung der Verwaltung. Die Desktop-Lösung soll den Nutzeranforderungen bezüglich der Bedienung der Applikationen genügen und darf keinen Nachteil bezüglich Benutzerfreundlichkeit, Performance, Sicherheit und Verfügbarkeit aufweisen. Der finanzielle Aufwand soll sich in einem vertretbaren Rahmen bewegen und die Lösung soll in die technische Infrastruktur der Verwaltung integrierbar sein. Spezielle Anwendungsbereiche wie Audio- und Video-Bearbeitungsarbeitsplätze oder Arbeitsplätze, die eine besonders hohe Prozessorleistung benötigen (z. B. für komplexe Simulationen), werden hier nicht berücksichtigt.

Die Studie konzentriert sich damit auf die Nutzungsphase im Lebenszyklus der Geräte. Bezüglich Aussagen zur Produktion und Entsorgung wird auf bestehende Untersuchungen verwiesen. Mit einem gemeinsamen Leitfaden des Beschaffungsamts im Bundesministerium des Innern und des Bundesverbandes Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (BITKOM) werden die öffentlichen Auftraggeber bei Ausschreibungen zur Beschaffung von Desktop-Computern unterstützt². In Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und dem Umweltbundesamt (UBA) wurde dieser durch einen weiteren Leitfaden ergänzt, der die Umweltaspekte bei der Beschaffung von Desktop-Computern berücksichtigt³. Zusätzlich können Umweltzeichen (Blauer Engel, TCO) und Energieverbrauchszeichen (Energy Star, Climate Savers) weitere Hinweise für eine „grüne Beschaffung“ geben. Die aus diesen Dokumenten resultierenden Entscheidungshilfen wurden auch zur Auswahl der hier untersuchten Computer berücksichtigt.

Für eine breite Akzeptanz zur Anwendung einer Desktop-Lösung ist es unabdingbar, dass die Kosten für die zu konfigurierenden Systeme in vergleichbarem Rahmen zu den derzeit verwendeten PC-Architekturen und im Verhältnis zum Nutzen gehalten werden. In diesem Zusammenhang wird der flächendeckende Einsatz von energiesparenden Notebooks in der Verwaltung aus Kostengründen für unrealistisch gehalten und auf eine entsprechende Untersuchung verzichtet. Thin Clients können jedoch eine Alternative zu klassischen Desktop-Computern darstellen und werden bei der Studie berücksichtigt. Diese Systeme können selbst keine Programme ausführen und sind daher im Vergleich

² BITKOM und Beschaffungamt des Bundesministeriums des Innern, Produktneutrale Leistungsbeschreibung Desktop-PCs, Leitfaden Version 2.0, 2009

³ BITKOM, Umweltbundesamt und Beschaffungamt des Bundesministeriums des Innern, Empfehlung für die umweltfreundliche Beschaffung von Desktop-PCs, Leitfaden Version 1.1, 2009

mit einem Desktop-Computer mit einfacherer Hardware ausgestattet. Die Nutzereingaben am Thin Client werden an einen Server im Netzwerk weitergeleitet, der die notwendigen Anwendungen dafür bereitstellt. Die Datenverarbeitung sowie die Erzeugung der grafischen Ausgabe erfolgt auf dem Server. Diese grafische Ausgabe wird als Antwort auf Nutzereingaben an den Thin Client weitergeleitet und dort dargestellt. Der Thin Client bietet i. d. R. auch keine Möglichkeit zur lokalen Ablage von Daten.

Neben Thin Clients und klassischen Desktop-Computern könnten in Zukunft auch neue Systemklassen wie beispielsweise kostengünstige, energiesparende Netbooks beziehungsweise Nettops eine weitere Alternative für den Verwaltungsarbeitsplatz darstellen. Es handelt sich hierbei um tragbare Desktop-Computer, die im Vergleich mit Notebooks eine geringere Leistungsfähigkeit besitzen und i. d. R. mit kleineren Displays ausgestattet sind. In ihrer heutigen Ausführung sind sie eher für die Nutzung von Anwendungen wie Internet-Browser, E-Mail-Client oder Texteditoren geeignet, die nicht viel Speicher oder Rechenleistung benötigen. Diese Technologien werden derzeit nicht in nennenswertem Maß als Ersatz für Desktop-Computer eingesetzt. Daher wird in dieser Studie diese Geräteklasse nur am Rande untersucht und nicht ausführlich mit den übrigen Systemen verglichen. Drucker und andere Hardware am Arbeitsplatz sind nicht Gegenstand der Betrachtung.

3. Mögliche Arbeitsplatz-PC-Architekturen in der Verwaltung

In Auswahlverfahren von Desktop-Computern standen traditionell Beschaffungskosten und technische Funktionalität im Vordergrund. In den letzten Jahren verschiebt sich dieser Ansatz langsam zugunsten einer Betrachtung der Kosten für die beschaffende Organisation über den gesamten Lebenszyklus. Ein bedeutender Kostentreiber für die Lebenszykluskosten von Desktop-Computern ist der Energieverbrauch.

Der Energieverbrauch von Desktop-Computern steht daher im Zentrum der vorliegenden Untersuchung. Die zu empfehlende Lösung soll deutlich weniger Energie verbrauchen als die typischerweise in der Verwaltung eingesetzten Desktop-Computer. Ein in der Anschaffung entsprechend preisgünstiger Desktop-Computer eines Markenherstellers, so konfiguriert, wie er vor zwei bis drei Jahren über einen Rahmenvertrag angeboten wurde, wird daher als Ausgangslage identifiziert.

Eine alternative IT-Architektur sind möglicherweise Thin Clients. Die Endgeräte verbrauchen typischerweise sehr wenig Energie, jedoch erzeugt diese Architektur einen höheren Energieverbrauch in den Rechenzentren, die zum Betrieb der Lösung notwendig sind. Das Verhältnis von Thin Client-Arbeitsplätzen zu notwendigen Terminalservern ist daher wichtiger Bestandteil der Gesamtenergiebetrachtung. In der Untersuchung wird von einem Verhältnis von 50 Arbeitsplätzen je Terminalserver ausgegangen. Dieses Verhältnis kann in verschiedenen Organisationen durchaus sehr unterschiedlich ausfallen, Einflussfaktoren sind u. a. Art und Anzahl der betriebenen Applikationen, die benötigte Leistung sowie die verwendete Hard- und Softwarelösung.

Als Betriebssystem der Desktop-Computer und -Server wird Microsoft Windows verwendet. Windows wird von der überwiegenden Zahl der Behörden eingesetzt und ist damit de facto Standard. Entsprechend wird der Verwaltungsarbeitsplatz für die Durchführung der Untersuchung in drei unterschiedlichen Varianten aufgebaut:

- Der Referenz-Client präsentiert einen typischen 2 – 3 Jahre alten Desktop-Computer in der Verwaltung mit Microsoft Windows XP als Betriebssystem. Der Referenz-Client wird ohne besondere Parameteroptimierung in den Standardeinstellungen betrieben. Die Messwerte an diesem Computer werden als Referenzwerte und als durchschnittliche Verbrauchswerte eines Arbeitsplatzrechners in der Verwaltung angenommen.

- Für den Smart Client kommt moderne, energieeffiziente Hardware sowie die energieoptimierte Softwarekonfiguration unter Microsoft Windows 7 zum Einsatz. Es wird erwartet, dass die Messwerte an diesem Computer eine signifikante Einsparung gegenüber dem Referenz-Client aufweisen.
- Mit dem Thin Client wird eine Alternativarchitektur des Desktop-Computers untersucht. Hierfür kommt ein handelsüblicher Thin Client eines Markenherstellers zum Einsatz, der für den Betrieb mit einem Windows 2008 Server geeignet ist. Im Vergleich mit dem Referenz-Client wird von einem erheblich niedrigeren Energieverbrauch dieser Konfiguration ausgegangen. Die Messwerte am Thin Client und am zugehörigen Server werden dem Energieverbrauch am Referenz-Client gegenübergestellt.

Der jeweilige Energieverbrauch wird unter definierten Bedingungen und unterschiedlichen Betriebsmodi gemessen. Anschließend werden die Messergebnisse zusammengefasst und bewertet.

4. Energiesparpotenziale der Lösungsarchitekturen

Desktop-Computer

Microsoft Windows-Betriebssysteme verfügen seit Windows XP über Konfigurationsparameter zum Energiesparen. Im Laufe der Jahre kamen durch Updates und neue Betriebssystemversionen weitere Parameter hinzu. Heute finden sich in Windows 7 über 50 Einstellmöglichkeiten. Für alle Windows-Versionen mit derzeit verfügbarer Produktsupport sind jedoch die wichtigsten Parameter immer konfigurierbar:

- Abschalten des Bildschirms nach einer definierten Zeitspanne
- Abschalten der eingebauten Festplatten nach einer definierten Zeitspanne
- Automatische Frequenztaktung und damit verbundene dynamisch schwankende Leistungsaufnahme des Hauptprozessors je nach Prozessorlast des Gesamtsystems

Neue Konfigurationsparameter zum Energiesparen unter Windows 7 sind insbesondere das Abschalten von nicht verwendeten Netzwerkkarten, USB-Ports, PCIe-Karten und weiteren Komponenten sowie das stufenweise Dimmen von Laptop-Bildschirmen durch Reduzierung der Hintergrundbeleuchtung.

Konfiguriert werden Betriebssystemparameter entweder über Gruppenrichtlinien (Administrationsparameter eines zentralen Berechtigungssystems) im Active Directory oder über lokale Einstellungen am einzelnen System. Letzteres ist jedoch für eine große Organisation aufwendig und kann zentral nicht kontrolliert oder vorgegeben werden, so dass dringend der Weg über Gruppenrichtlinien empfohlen wird. Unter Windows Vista und Windows 7 können über Gruppenrichtlinien folgende Werte vorgegeben werden:

- Auswahl des Energieschemas (Standard: Ausbalanciert/Ausgeglichen). Das Energieschema legt fest, ob die dynamische Frequenzanpassung des Hauptprozessors aktiviert oder abgeschaltet ist. Es gibt in der Regel keinen Grund, vom vorgegebenen Standard („Ausbalanciert“) abzuweichen.
- Vorgabe der Abschaltzeit für den Bildschirm (z. B. 15 Minuten). Hier ist eine Zeitspanne zu wählen, die auch das Lesen längerer Texte ohne Maus- und Tastaturbewegung erlauben sollte. 10 bis 15 Minuten scheinen in der Praxis ein guter Kompromiss aus Einsparung und Benutzerakzeptanz.

- Versetzen des Computers in Standby-Modus (z. B. nach 30 Minuten). Nach dieser Zeitspanne wird ein Computer in einen verbrauchsärmeren Systemzustand versetzt. Anwendungen laufen in diesem Zustand nicht weiter; Netzverbindungen werden dementsprechend unterbrochen. Unter Vista und Windows 7 werden die Anwendungen im Speicher des Systems gehalten. Dies erlaubt ein schnelles Starten des Rechners bei Maus- oder Tastaturaktivität des Anwenders im Sekundenbereich. Um Datenverlust bei Stromunterbrechung zu vermeiden, wird zusätzlich der Speicherinhalt auf die Festplatte geschrieben. Bei Stromausfall/Unterbrechung kann das System so von der Festplatte neu gestartet werden.
Da Anwendungen im Standby-Modus gestoppt und Netzwerkverbindungen unterbrochen werden, müssen die Systeme auf Verträglichkeit mit diesem Modus getestet werden. Um die Umstellung einfach zu gestalten, setzen einige IT-Abteilungen eine sehr lange Zeitspanne für den Standby-Modus (ca. 60 Minuten) an. Dies verhindert einen ungewollten Übergang in den Standby-Modus, versetzt jedoch ungewollt laufende Systeme abends in den Energiesparmodus. Mögliche Einsparpotenziale werden so nur zum Teil genutzt.
- Abschalten der Festplatte bei Nichtverwendung (z. B. 5 Minuten). Nach dieser Zeitspanne werden Festplatten bei Nichtverwendung abgeschaltet und nehmen weniger Leistung auf. Moderne Festplatten können heutzutage ohne Verringerung der Lebenszeit beliebig häufig neu gestartet werden, so dass hier eine kurze Zeitspanne ausgewählt werden kann. Anwendungen wie Virens Scanner, Disk-Optimierer oder Indexdienste können jedoch immer wieder Festplattenaktivitäten verursachen und abgeschaltete Festplatten aktivieren. Solche Anwendungen gilt es zu identifizieren und gegebenenfalls durch Alternativen zu ersetzen.

Windows XP-Systeme können typischerweise nicht über Gruppenrichtlinien verwaltet werden. Microsoft bietet hierfür kostenlose Ergänzungen zum Active Directory, sogenannte Gruppenrichtlinien-Präferenzen (Group Policy Preferences) an. Diese Präferenzen erlauben die zentrale Konfiguration von zusätzlichen Einstellungen, für die es vor 8 Jahren beim Erscheinen von Windows XP noch keine echten Gruppenrichtlinien gab. Die entsprechenden Erweiterungen müssen dabei auf allen Windows XP-Systemen sowie den Active Directory-Servern installiert werden und sind z. B. im Service Pack 3 enthalten. Auf diesem Wege kann auch für Windows XP ein Energieschema und ebenso die Zeitspanne für die Abschaltung von Bildschirm und Festplatte konfiguriert werden. Weitere Einstellungen sind hingegen nicht möglich. Auch kann ein lokaler Administrator diese Einstellungen im Gegensatz zu den Gruppenrichtlinien unter Windows Vista und Windows 7 überschreiben und somit außer Kraft setzen. Als Einstieg in die energieeffiziente Konfiguration von Desktop-Computern können diese Gruppenrichtlinien-Präferenzen unter Windows XP jedoch eine erste Sofortmaßnahme darstellen.

Weitere Konfigurationsmöglichkeiten sind durch Systemmanagementumgebungen möglich (beispielsweise Microsoft System-Center). Da diese Umgebungen jedoch in vielen Organisationen nicht im Einsatz sind, werden sie an dieser Stelle nicht gesondert beschrieben.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die richtige Kombination von Hard- und Software eine größtmögliche Energieeinsparung erlaubt:

- Hardware sollte aus sparsamen Komponenten aufgebaut sein, welche zusätzlich entsprechende Abschaltmöglichkeiten bieten.
- Im Betriebssystem sollten die umfangreichen Windows-Energiesparfunktionen genutzt werden und diese idealerweise zentral über das Active Directory konfiguriert werden.
- Zusätzliche Anwendungen sollten Energiesparfunktionen wie den Übergang in den Standby-Modus unterstützen.
- Mit Hilfe von Systemmanagementumgebungen können noch weitere Energiemanagementfunktionen auch in großen und verteilten Umgebungen zentral verwaltet werden.

Thin Clients und Terminalserver

Auch bei Thin Client-Systemen gibt es große Unterschiede bei der elektrischen Leistungsaufnahme, wenn auch auf deutlich geringerem Niveau als bei den Desktop-Systemen. Je nach Funktionsumfang können dabei Unterschiede von bis zu 50 Prozent gemessen werden. Thin Clients sollten wie Desktop-Systeme zentral administrierbar sein. Dies umfasst ebenfalls Vorgaben zum Abschalten des angeschlossenen Bildschirms oder der Thin Clients sowie die Möglichkeit, neuere Versionen der Systemsoftware (embedded OS, BIOS, Firmware) zu verteilen. Letztere Software stellt den Funktionsumfang zur direkten Energieeinsparung zur Verfügung und wird regelmäßig von den Herstellern aktualisiert. Da Thin Clients alleine keine Anwendungen ausführen können, müssen sie über ein Netzwerk an (Terminal-)Serversysteme angeschlossen werden. Der zusätzliche Energieverbrauch für die Benutzung des Netzwerks zu diesem Zweck wird in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt.

Zusätzlich zu Thin Clients sollte man auch bei Terminalservern auf Energiesparfunktionen achten, die zum Beispiel vom Terminalserver-Betriebssystem wie dem Windows-Server 2008 R2 zur Verfügung gestellt werden. Diese Einstellungen können wie bei Windows Vista oder Windows 7 über das Active Directory zentral konfiguriert werden. Wichtige Funktionen umfassen:

- Das Energieprofil zum Aktivieren und Nutzen der dynamischen Hauptprozessorfrequenzanpassung je nach Systemlast
- Das zusätzliche Aktivieren und Deaktivieren von Prozessorkernen (bzw. Cores) je nach Systemauslastung
- Das An- und Abschalten von Zusatzkarten wie Netzwerk, PCIe-Karten und weiteren Komponenten
- Da Festplatten im Serverbetrieb fast ununterbrochen genutzt werden, ist ein Abschalten kaum möglich. Weiterhin kann bei einigen Serveranwendungen die hierdurch verursachte erhöhte Latenz zu Fehlermeldungen führen, daher ist dieser Ansatz für Terminalserver häufig nicht empfehlenswert. Alternativ können energetisch günstigere Festplatten verwendet werden; auch sogenannte Solid State Disks (SSD)

könnten eine Alternative für die Zukunft sein, deren Energieeinsparmöglichkeiten jedoch mit den deutlich höheren Anschaffungskosten sowie anderen Faktoren wie beispielsweise einer derzeit begrenzten Anzahl der Schreibvorgänge abzuwägen sind.

Virtualisierte Desktops (VDI)

In letzter Zeit wurden neben den klassischen Terminalservern auch sogenannte Virtual Desktop Infrastructure-Lösungen (VDI) als weitere Alternative zu Desktop-Computern beworben. Anstelle zentraler Anwendungen auf Terminalservern wird hier für jeden Anwender eine virtuelle Instanz eines Desktop-Betriebssystems auf einem Virtualisierungshost gestartet. Am Ende teilen sich so mehrere Anwender eine Hardware, können jedoch wie gewohnt nahezu alle Funktionen des klassischen Desktop-Betriebssystems verwenden. Da diese Technologie noch nicht flächendeckend verbreitet ist, fehlen bisher fundierte Erfahrungen, die eine Bewertung hinsichtlich der grundsätzlichen Eignung dieser Technologie für den Einsatz in Behörden ermöglichen. Aus diesem Grund wird diese Technologie nicht eingehender betrachtet. Grundsätzlich können jedoch auch für diese Architektur folgende generelle Punkte zur Reduktion des Server-Energieverbrauchs umgesetzt werden:

- Energiesparende Hardwarekomponenten sollten zum Einsatz kommen.
- Die verwendete Virtualisierungssoftware sollte Energiesparfunktionen der Hardware wie dynamische Hauptprozessorfrequenzanpassung und Core-An-/Abschaltung unterstützen. Dies ist z. B. beim Microsoft Hyper-V R2 gewährleistet, der zusammen mit dem Windows Server 2008 R2 eine VDI-Komplettlösung zur Verfügung stellt.
- Die verwendete Virtualisierungssoftware sollte die Energiesparfunktionen zentral konfigurierbar zur Verfügung stellen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass auch bei Thin Clients auf energiesparende Hardware zu achten ist und durch zusätzliche Konfiguration sowohl bei Thin Clients als auch im Serverumfeld weitere Energie gespart werden kann:

- Thin Clients selbst verbrauchen in der Regel weniger Energie als klassische Desktop-Computer. Mit modernen Intel Atom-Architekturen oder -Laptops sinkt diese Differenz jedoch auf bis unter ein Watt pro Betriebsstunde.
- Bei Thin Clients muss der dazugehörige Serverbetrieb berücksichtigt werden. Server können in der Regel hierbei nicht wie Thin Clients oder Desktop-Computer komplett abgeschaltet werden, so dass ihr Energiebedarf über das Jahr gemittelt einen hohen Beitrag zum Gesamtenergieverbrauch ausmachen kann. Server werden typischerweise in klimatisierten Rechenzentren betrieben. Die benötigte Gebäudetechnik und deren Energieverbrauch sind im Regelfall erheblich.
- Die Anzahl der Anwender pro Terminalserver liegt in der Regel deutlich über der Anzahl der Anwender pro VDI-Virtualisierungshost, da im Terminalserver-Fall nur ein Betriebssystem alle angeschlossenen Anwender bedient. Somit sind klassische Terminalserver-Lösungen in der Regel wesentlich energieeffizienter als VDI-Lösungen.

5. Aufbau der Messung

Die Leitfäden zur Beschaffung des Bitkom klassifizieren die Desktop-Computer mittels exemplarischer Benutzerprofile in „Büro-Sachbearbeiter“ (A), „Führungskräfte“ (B) und „Sonderarbeitsplätze“ (C), die in Verbindung mit ihrer Arbeit täglich folgende Anwendungen einsetzen:

- Klasse A: E-Mail-Client, Web-Browser, Textverarbeitung, PDF-Reader, Viren-Scanner, isolierte Fachanwendungen, Browser-basierte Fachanwendungen
- Klasse B: Anwendungen der Gruppe A und Desktop-Publishing-Software, Tabellenkalkulation, Präsentationssoftware, Visualisierungssoftware, Desktop-Datenbank, Client-/Server-basierte Fachanwendungen
- Klasse C: Anwendungen der Gruppe B und Projektplanungssoftware, komplexe Client-/Server-basierte Fachanwendungen, Grafiksoftware

Nach Erfahrungswerten der BearingPoint werden in der Verwaltung sehr oft Client-/Server-basierte Fachanwendungen eingesetzt, die jedoch keine besonders hohen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Desktopsysteme stellen. In der Studie wird daher von einer Konfiguration entsprechend der Klasse B ausgegangen. Weiterhin wurde bei der Auswahl der Systemkonfiguration die Einhaltung der Empfehlungen zur umweltfreundlichen Beschaffung berücksichtigt. Für die Auswahl einer geeigneten Hardware wurden im Leitfaden Benchmark-Werte unter Windows XP und Windows Vista sowie Hardwarekonfigurationen für die Mindestanforderungen empfohlen.

Auswahl der verwendeten Hardware

Zielsetzung bei der Auswahl der verwendeten Test-Hardware war es, eine üblicherweise in Behörden der Bundesverwaltung anzutreffende Konfiguration realistisch abzubilden. Der Austauschzyklus beträgt entsprechend der Vorgaben der Bundesverwaltung für Desktop-Computer fünf Jahre. Viele der gegenwärtig eingesetzten Modelle werden aus Rahmenverträgen bezogen, z. B. über diejenigen des Beschaffungsamts (BeschA) des Bundesministeriums des Innern. Die Hälfte des Investitionszyklus beträgt also etwa 2,5 Jahre; daher wurde für den Referenz-Client eine Konfiguration gewählt, die vor zwei bis drei Jahren für ein Modell aus Rahmenverträgen des Bundes üblich war.

Für sogenannte Smart Clients wurden Computer konfiguriert, die besonders energiesparend sein sollten, jedoch die Anforderungen eines typischen Behördenarbeitsplatzes grundsätzlich erfüllen. Wesentliche Hardware-seitige Kriterien für Desktop-Computer sind insbesondere:

- Prozessoren⁴
 - Die Anpassung der Geschwindigkeit und des Taktes erfolgt anhand der aktuellen Prozessorauslastung.
 - Es werden Multi Core-Prozessoren mit der Möglichkeit zur Abschaltung der Cores verwendet

⁴ Green Grid, chapter 2, Energy-efficient server technologies, the green data center, energy-efficient computing in the 21st century by Matt Stansberry

- Netzteile mit hoher Energieeffizienz⁵
 - Netzteile erreichen erst bei einer hohen Auslastung um 90 Prozent ihren maximalen Wirkungsgrad. In der Regel liegt die Auslastung der Netzteile deutlich unter dem energetischen Optimum, um Reserven für Erweiterungen der Komponenten zu schaffen bzw. Energieverbrauchsschwankungen der eingebauten Komponenten im Desktop-Computer auszubalancieren. Die sogenannten 80-Plus-Netzteile erreichen auch bei niedrigerer Auslastung einen hohen Wirkungsgrad, typischerweise von über 80 Prozent zwischen 20 und 50 Prozent ihrer Nennleistung.
- Effiziente Festplatten⁶
 - Die in Festplatten eingebauten Platten drehen sich ständig mit hoher Geschwindigkeit, was den meisten Energieverbrauch bei Festplatten verursacht. Die moderne Technik erlaubt eine höhere Dichte auf Platten, so dass vergleichsweise weniger Plattenfläche für die gleiche Kapazität erforderlich wird. Die Reduzierung der Plattenanzahl je Festplatte trägt zur Energieeinsparung bei. Aber auch Techniken wie Native Command Queuing (NCQ) optimieren die Bewegung der Schreib-/Leseköpfe der Festplatten und machen sie energieeffizienter.

Da für den Aufbau einer Thin Client-Architektur in der Regel auch neue Serverhardware erforderlich ist, wurden für deren Auswahl ähnliche Gesichtspunkte wie für die Auswahl von Smart Clients angewandt.

Systemkonfiguration

Auf Grundlage der vorangegangenen Ausführungen werden Konfigurationen für den Referenz-Client, Smart Client, Thin Client und für den Server bestimmt, deren exemplarischer Aufbau handelsüblicher Komponenten in folgender Tabelle detailliert dargestellt ist.

Tabelle 1: Systemkonfiguration

Komponente	Referenz-Client	Smart Client	Thin Client	Server
Modell	HP Compaq dc7100	HP Compaq dc7900	HP t5630w	HP ProLiant DL 380G6
Prozessor	Intel® Pentium® 4 CPU 3,2 GHz	Intel® Core™ Duo CPU E8400 @ 3,00 GHz	VIA Eden	2 × Intel® Xeon® E5540 Quadcore-Prozessoren 2,53 GHz
Speicher	512 MB	2 GB	1024 MB	32 GB
Grafikkarte	onboard	onboard	VIA Chrome 9HC3 IGP	onboard

⁵ Green Grid, chapter 2, Energy-efficient server technologies, the green data center, energy-efficient computing in the 21st century by Matt Stansberry

⁶ Green Grid, chapter 4, energy-efficient data storage, the green data center, energy-efficient computing in the 21st century by Alan Radding

Komponente	Referenz-Client	Smart Client	Thin Client	Server
Festplatte	40 GB	250 GB	2 GB ATA Flash Disk	RAID 5 410 GB
Netzwerk- karte	onboard	onboard	VIA Networ- king Velocity- Family	4 × Netzwerk- anschluss- möglichkeiten
Soundkarte	onboard	onboard	Realtek High Definition Audio	
Netzteil	intern	intern	extern	intern, redundant
Optische Laufwerke	DVD ROM	DVD RW	keine	DVD ROM
Betriebs- system	Windows XP Professional, SP 1	Windows 7 Professional	Windows XP Embedded SP 2	Windows 2008 R2
Display	HP L1906i, 19" LCD	HP LA1905wg	HP LA1905wg	nicht relevant

Alle Konfigurationen besitzen eine Standardtastatur und -maus und verfügen über die üblichen Schnittstellen, wie z. B. USB.

Der Smart Client war in der Standardauslieferung mit einer eingebauten Grafikkarte und Netzwerkkarte ausgestattet. Diese wurden für die Untersuchung entfernt, da die auf dem Mainboard vorhandenen Komponenten den gestellten Anforderungen vollständig genügten.

Betriebsmodi der Systemkonfiguration

In Anlehnung an verwendete Betriebsmodi von Energy Star⁷ wird der Energieverbrauch der dargestellten Systemkonfigurationen unter folgenden Betriebszuständen untersucht:

- Off-Mode: In diesem Zustand sind die Geräte ausgeschaltet und an der Netzsteckdose angeschlossen. Der Energieverbrauch ist in diesem Zustand minimal und kann vom Nutzer nicht beeinflusst werden. Der Off-Mode entspricht dem ACPI⁸ System Level 5.
- Sleep-Mode: Hierfür wird das System nach einer vorkonfigurierten Zeit in Standby versetzt, in dem es weniger Energie verbraucht als im Betrieb. Hierzu werden voreingestellte Energiesparoptionen des Betriebssystems aktiviert. Nutzerinteraktionen finden in dieser Zeit nicht statt. Durch Nutzeraktivität kann das System innerhalb weniger Sekunden wieder aktiviert werden. Der Sleep-Mode entspricht dem ACPI System Level 3.
- Idle-State: Betriebssystem und für den Betrieb notwendige Software wurde geladen und das System ist vollständig betriebsbereit. Der Nutzer ist eingeloggt und das

⁷ Energy Star, Energy Star Program Requirements for Computers, Version 5.0

⁸ Advanced Configuration and Power Interface, Advanced Configuration and Power Interface Specification, Revision 3.0b, 2006

System befindet sich nicht im Sleep-Mode. Nutzerspezifische Programme sind nicht geladen und Nutzerinteraktionen finden nicht statt.

- Active-State: Das System führt Programme aus und bearbeitet Nutzerinteraktionen. Hierfür wird eine bestimmte Auslastung auf dem System erzeugt, indem bestimmte Programme laufen, die die verschiedenen Komponenten des Systems, wie Ein- und Ausgabegeräte, Prozessor, Hauptspeicher, Grafikkarte, Netzwerkkarte und Festplatte, belasten.

Für Displays werden die drei Betriebszustände Off-Mode, Sleep-Mode und Active-State berücksichtigt. Die beschriebenen Formulierungen für Off-Mode und Sleep-Mode gelten auch hierfür. Im Active-State ist das Display eingeschaltet und zeigt die Ausgaben des Desktop-Computers. Der Zustand Idle-State ist bei Displays nicht relevant.

Messmethode

Der Sleep-Mode wird in der jeweiligen Systemkonfiguration mit folgender Einstellung des Betriebssystems erreicht:

- Referenz-Client: Unter Energieoptionen von Windows XP wird der Standby-Modus ausgewählt,
- Smart Client: Unter Energieoptionen von Windows 7 wird das standardmäßig aktivierte Energieschema „Ausbalanciert“ gewählt. Das System kann durch die Funktion „Energie sparen“ in den Sleep-Mode versetzt werden. Dieser Zustand wird auch nach einer voreingestellten Zeit erreicht, wenn das System keine Aktivität des Nutzers registriert.
- Thin Client: Eine entsprechende Einstellung wird vom Hersteller nur für das Display unterstützt.

Um den Modus „aktiv“ zwischen den untersuchten Systemen vergleichbar zu machen, werden die Systeme mit dem Systembenchmark SYSmark 2007 bzw. der Referenz-Client mit SYSmark 2004 belastet. Dies erzeugt die Auslastung auf den Komponenten des Systems und simuliert beispielsweise das Starten von Programmen oder das Öffnen von Dateien. Der Server wird durch mehrere Instanzen vom Programm StressMyPC⁹ bei eingeschalteten Optionen für Paint, CPU und HD belastet. Der Server zeigt in diesem Zustand eine Prozessorauslastung von 70 Prozent.

Die Zustände „Idle-State“ und „Off-Mode“ benötigen keine besondere Einstellung.

Displays werden bei den werkseitig eingestellten Parametern für Helligkeit, Farbsättigung etc. gemessen.

Zum Vergleich der Systemkonfigurationen mit dem Referenz-Client wird der Energieverbrauch über eine Nutzungsperiode, z. B. über ein Jahr hochgerechnet. Hierfür wird zunächst anhand eines Nutzungsprofils geschätzt, wie viele Stunden über das Jahr verteilt für jeden Zustand angerechnet werden können. Die Verteilung der Betriebszustände in Stunden wird für Betriebstage und Nicht-Betriebstage wie folgt geschätzt:

⁹ Freeware der Nenad Hrg, <http://www.SoftwareOK.de>

Tabelle 2: Nutzungsprofil

Gerät	Off-Mode	Sleep-Mode	Idle-State	Active-State
Referenz-Client am Betriebstag	15	0	7	2
Referenz-Client am Nicht-Betriebstag	24	0	0	0
Smart Client am Betriebstag	15	3	4	2
Smart Client am Nicht-Betriebstag	24	0	0	0
Thin Client am Betriebstag	16	0	6	2
Thin Client am Nicht-Betriebstag	24	0	0	0
Display am Betriebstag	15	3	0	6
Display am Nicht-Betriebstag	24	0	0	0
Server am Betriebstag	0	0	14	10
Server am Nicht-Betriebstag	0	0	23	1

Es wird von einem Arbeitstag von 8:00 – 17:00 Uhr einschließlich einer Stunde Pause ausgegangen. In diese Zeit fallen auch längere Zeitabschnitte der Nicht-Nutzung des Computers (z. B. für Besprechungen, längere Telefonate etc.), in denen der Computer automatisch in Sleep-Mode versetzt wird. Es wird daher von insgesamt drei Stunden Sleep-Modus ausgegangen. Die verbleibenden sechs Stunden des Arbeitstages teilen sich auf in sehr intensive Auslastung des Desktop-Computers, z. B. während des Startens von Programmen (Active-State) und Phasen mit niedriger Prozessorauslastung (Idle-State), z. B. für das Lesen von E-Mails, Dateneingaben oder das Schreiben von Texten. Zwei Stunden im Active-State und vier Stunden im Idle-State sind realistischer Durchschnitt für viele Büroarbeitsplätze. An Nicht-Betriebstagen ist der Desktop-Computer ausgeschaltet, aber nicht vom Stromnetz getrennt. Weitere Annahmen:

- Für den Referenz-Client ist kein Sleep-Mode vorgesehen, da Windows XP diese Option nicht standardmäßig über die Einstellung in Gruppenrichtlinien unterstützt. Diese Zeit wird als Idle-State angerechnet.
- Der Sleep-Mode beim Thin Client wird vom Hersteller nicht angeboten. Es wird angenommen, dass der Thin Client für eine Stunde vom Nutzer ausgeschaltet wird, z. B. bei längeren Pausen. Für weitere zwei Stunden wird er, laut Annahme, im Idle-State betrieben. Da der Boot-Vorgang beim Thin Client sehr schnell ist, kann diese Möglichkeit als realistisch betrachtet werden.
- Displays können bei allen Clients und Betriebssystemen unproblematisch in den Sleep-Mode versetzt werden.
- Server werden nicht ausgeschaltet und auch nicht in den Sleep-Mode versetzt. An Nicht-Betriebstagen wird eine Stunde im Active-State für Backup etc. berücksichtigt.
- Der Zustand Idle-State ist nur für die Clients aufgeführt, da er für Displays nicht relevant ist. Das Display ist im Active-State, wenn sich der Desktop-Computer im Idle-State befindet.

Die Anzahl der Betriebstage wird mit 220 und die der Nicht-Betriebstage mit 145 im Jahr angenommen. Entsprechend der aufgestellten Verteilung lässt sich für jeden Zustand eine Jahresstundenangabe je Zustand entsprechend folgender Tabelle berechnen.

Tabelle 3: Nutzungsprofil je Zustand und Gerät

Gerät	Off-Mode	Sleep-Mode	Idle-State	Active-State
Referenz-Client	6.780	0	1.540	440
Smart Client	6.780	660	880	440
Thin Client	7.000	0	1.320	440
Display	6.780	660	0	1.320
Server	0	0	6.415	2.345

Für die Berechnung des Verbrauchs von Thin Clients muss zusätzlich der Verbrauchsanteil des Servers berücksichtigt werden. Server werden i. d. R. in einem Rechenzentrum betrieben, wo nicht nur die IT selbst, sondern auch die zum Betrieb der IT notwendige Haustechnik (insbesondere Klimaanlage, unterbrechungsfreie Stromversorgung, usw.) einen großen Anteil der Energie verbrauchen. Für einen Vergleich sollen die Nicht-IT-Anteile mit in die Berechnung einbezogen werden. Bei der Berechnung des Gesamtenergieverbrauchs für den Server wird für das Rechenzentrum eine Power Usage Efficiency¹⁰ (PUE) von 2 angenommen. Das bedeutet, dass der Energieverbrauch von Servern mit dem PUE-Wert gewichtet werden muss, um alle damit verbundenen Energieverbraucher zu berücksichtigen bzw. um den Gesamtenergieverbrauch für den Server zu erhalten. Der PUE-Wert ist der Kehrwert des Wirkungsgrades der Anlagentechnik eines Rechenzentrums und entspricht bei einem Wert von 2 einem realistischen Wirkungsgrad von 50 Prozent. Der Gesamtverbrauch des Servers verteilt sich wiederum anteilig auf alle Thin Clients, die mit dem Server verbunden sein könnten. Da der Server für 50 Thin Clients dimensioniert ist, werden alle Ergebnisse für 50 Arbeitsplätze berechnet. Die Wahl des Verhältnisses der Anzahl von Thin Clients je Server ist pauschal nur schwer zu schätzen. In Abhängigkeit der gewählten Server- und Client-Technologie, der Art und Heterogenität der bereitgestellten Anwendungen sowie benötigter Rechenleistung und Leistung der Applikationen sind hier sehr unterschiedliche Verhältnisse denkbar.

Für die Messungen in den Zuständen Off-Mode und Sleep-Mode ist es wichtig, ein hochgenaues Messgerät einzusetzen, da in diesen Betriebsmodi sehr kleine Ströme wirken, die bei einfachen Messgeräten zu extremen Messfehlern führen können. Abweichungen von bis zu 50 Prozent wären so durchaus möglich. Für die Messung der Leistung wurde daher das 1-Phasen-Präzisions-Leistungsmessgerät LMG95 der Firma ZES Zimmer eingesetzt. Die Messunsicherheit für die Wirkleistung im Bereich 45 – 65Hz beträgt 0,015 % vom Messwert und 0,01 % vom Messbereich. Es wurden immer Messperioden von jeweils fünf Minuten betrachtet. Für den Active-State wurden mehrere Perioden berücksichtigt und die zugehörigen Messwerte gemittelt.

¹⁰ PUE ist das Verhältnis von „Gesamtstromverbrauch des Rechenzentrums“ zu „von IT-Geräten verbrauchter Energie“.

6. Messergebnisse

Folgende Tabellen zeigen die Messwerte für Desktop-Computer und Displays. Dabei beziffern sie den errechneten Mittelwert aus mehreren Messreihen in Watt. Jeder Messwert repräsentiert die durchschnittliche Wirkleistung des Gerätes in einem bestimmten Modus.

Tabelle 4: Die durchschnittliche Wirkleistung von Client und Server

Gerät/Wirkleistung im Zustand	Off-Mode (Watt)	Sleep-Mode (Watt)	Idle-State (Watt)	Active-State (Watt)
Referenz-Client	2,52	3,52	83,32	123,55
Smart Client	1,22	1,80	35,35	41,29
Thin Client	1,50	x	12,05	16,10
Server (Standard)	10,87	x	128,42	225,14
Server (Windows-Energiesparfunktionen deaktiviert)	10,87	x	148,57	250,48

Tabelle 5: Die durchschnittliche Wirkleistung von Displays

Gerät/Wirkleistung im Zustand	Off-Mode (Watt)	Sleep-Mode (Watt)	Active-State (Watt)
Display-Referenz-Client	0,44	0,50	30,74
Display-Smart Client/Thin Client	0,40	0,70	20,90

Die Jahresverbrauchswerte ergeben sich aus der Multiplikation der Verbrauchswerte in den Tabellen für Wirkleistungswerte mit den entsprechenden Jahresstundenangaben für die zugehörigen Zustände aus Tabelle 5. Auf diese Weise lassen sich die Jahresverbrauchswerte wie in folgender Tabelle dargestellt berechnen.

Tabelle 6: Jahresverbrauchswerte

Gerät/Verbrauch	Jahresverbrauch (kWh)
Referenz-Client	199,77
Smart Client	58,74
Thin Client	33,48
Server (Standard)	1.351,75
Display-Referenz-Client	43,88
Display-Smart Client/Thin Client	30,75

Für die Ermittlung der Gesamtverbrauchswerte der Systemkonfigurationen werden die gemessenen Werte für Displays und Clients zusammengeführt. Somit ergeben sich für ein Szenario mit 50 Clients die in der folgenden Tabelle angegebenen Jahresverbrauchswerte der Systemkonfigurationen:

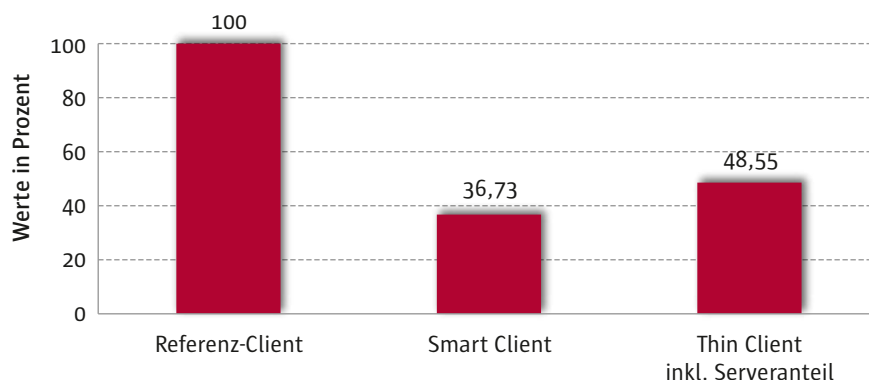
Tabelle 7: Vergleich des Jahresverbrauchs der Clients

Konfiguration	Verbrauch in kWh	Einsparung gegenüber Referenz-Client
50 Referenz-Clients	12.182,37	0
50 Smart Clients	4.474,10	63,27 %
50 Thin Clients inkl. Server	5.915,04	51,45 %

7. Bewertung

Die Messergebnisse zeigen deutlich, dass moderne IT-Umgebungen gegenüber gerade einmal drei Jahre alten Referenzumgebungen wesentlich energieeffizienter sein können. Die Einsparung sowohl bei der betrachteten Thin Client-Umgebung als auch der Smart Client-Umgebung beträgt bereits mehr als 50 Prozent der Energie, die die Referenzsysteme verbrauchten, und übertrifft damit im Desktop-Computer-Bereich bereits die Zielvorgabe der 40-prozentigen Energieeinsparung, die der Rat der IT-Beauftragten für die Bundesverwaltungen im November 2008 beschlossen hat.

Abbildung 1: Relativer Jahresverbrauch der Clients in Prozent (Referenz-Client = 100)



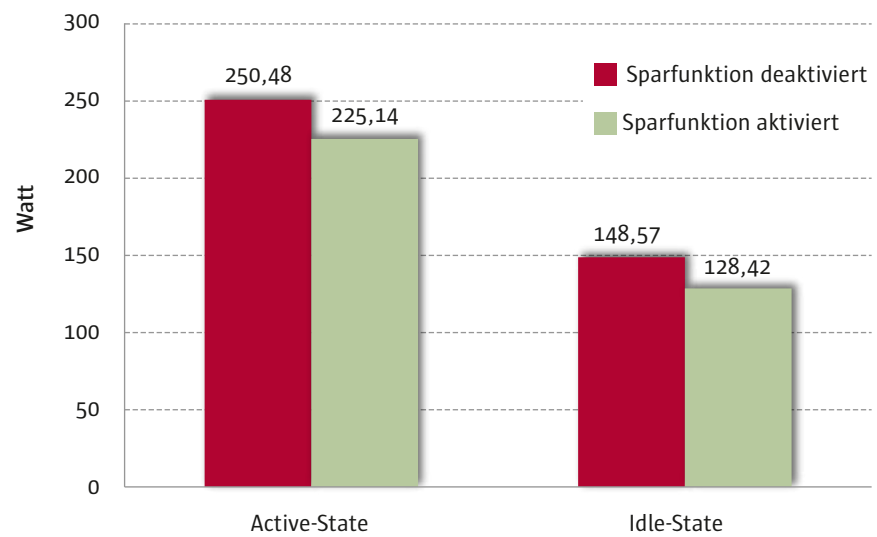
Signifikante Reduzierung des Energieverbrauchs beim Einsatz einer modernen IT-Umgebung

Thin Clients galten lange als energieeffizienter als herkömmliche Desktop-Computer. In der Vergangenheit war diese Aussage korrekt, wie auch die Messungen zeigen: die Thin Client-Umgebung spart über das Jahr betrachtet 51 Prozent der Energie im Vergleich zur Referenz-Client-Umgebung. Dies ist nicht verwunderlich, da ein Thin Client im Betrieb nur 12 bis 16 Watt pro Stunde gegenüber den 83 bis 123 Watt der Referenz-Clients benötigt. Die Messungen zeigten zusätzlich, wie die Nutzung von Energiesparfunktionen zur Reduzierung des Serververbrauchs führt. Moderne Serversysteme erzielen heute eine deutlich höhere Rechenleistung bei gleichzeitig reduzierter Energieaufnahme im Idle-State. Durch die Nutzung der Energiesparfunktionen im BIOS und im aktuellen Windows Server-Betriebssystem kann zusätzlich die Leistungsaufnahme im Active-State um rund

10 Prozent und im Idle-State um rund 13,5 Prozent reduziert werden. Daher ist auch bei Thin Client-Serverumgebungen ein Wechsel auf moderne Hard- und Software zum Energiesparen zu empfehlen.

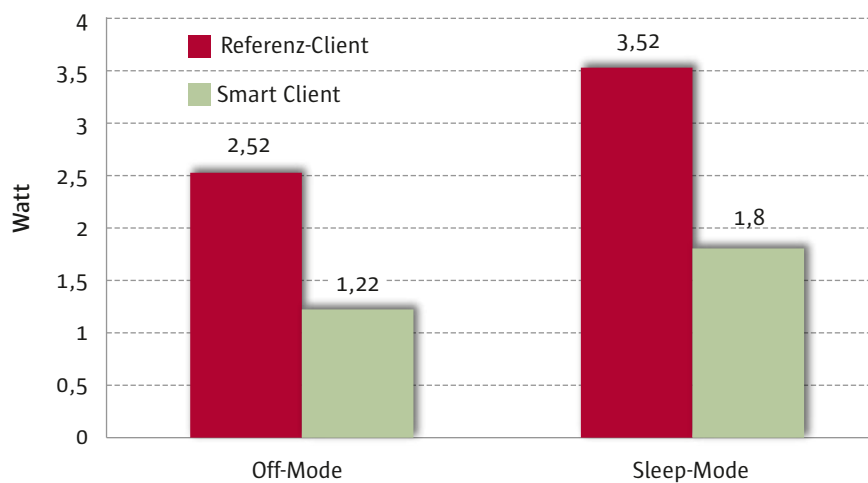
Aktivierung der Energiesparfunktion reduziert den Serverenergieverbrauch um 10 %

Abbildung 2: Wirkleistung des Servers im Active- und Idle-State mit und ohne Nutzung der Energiesparfunktion



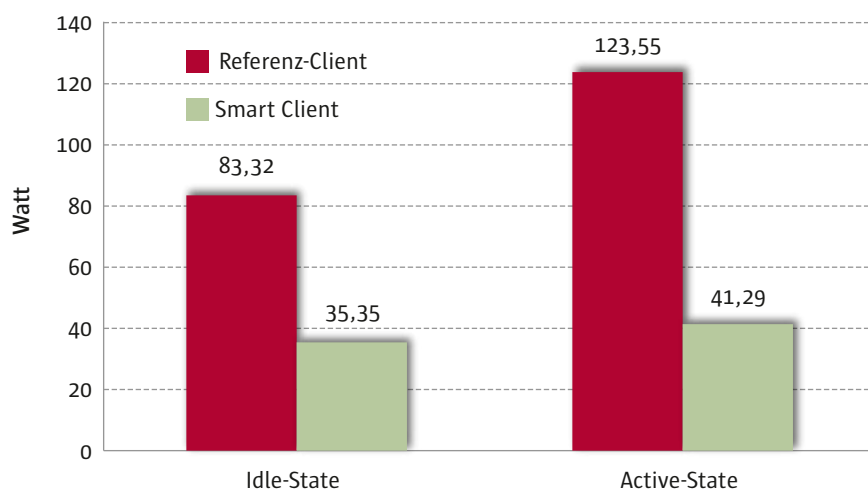
Vergleicht man Referenz-Client und Smart Client, fällt auf, dass die generelle Energieaufnahme der Desktop-Computer in den letzten drei Jahren um fast 60 Prozent reduziert wurde. Dies ist hardwareseitig vor allem der Weiterentwicklung im Chipbereich und im Bereich Netzteile zu verdanken. Gepaart mit der Weiterentwicklung im Betriebssystembereich ergibt sich so eine deutliche Reduzierung der Energieaufnahme im Idle- und Active-State; aber auch im Sleep- und Off-Mode lässt sich Energie sparen. Durch einen Austausch älterer Desktop-Computer mit hohem Energieverbrauch durch moderne, energieeffiziente Systeme kann so auf einfachem Weg viel Energie im IT-Bereich eingespart werden.

Abbildung 3: Wirkleistung von Referenz- und Smart Client im Off- und Sleep-Mode



Moderne Hardware ist in jedem Modus deutlich sparsamer

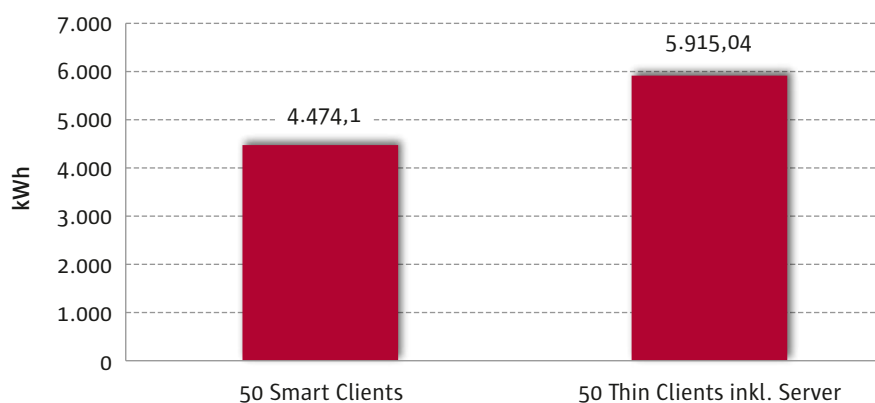
Abbildung 4: Wirkleistung von Referenz- und Smart Client im Idle- und Active-State



In der gewählten Nutzungscharakteristik, die einem typischen Behördenalltag nachempfunden wurde, ist die Smart Client-Umgebung etwas effizienter als die Thin Client-Umgebung: so ergeben sich für 50 Smart Clients als Jahresverbrauch rund 4.474 kWh, für 50 Thin Clients 5.915 kWh. Gegenüber der Referenzumgebung sind dies Ersparnisse von 63 Prozent bzw. 51 Prozent oder 7.700 kWh bzw. 6.260 kWh im Jahr. Die bessere Effizienz der Smart Clients erklärt sich durch einen hohen Anteil des Energieverbrauchs zum Betrieb dieser Lösung für den zugehörigen Server und Anlagentechnik im Rechenzentrum.

Smart Client energieeffizienter als Thin Client im untersuchten Szenario

Abbildung 5: Vergleich des jährlichen Stromverbrauchs der Smart und Thin Client-Konfiguration



Eine pauschale Aussage zugunsten einer Arbeitsplatzarchitektur kann an dieser Stelle jedoch nicht getroffen werden. Je nach Nutzerverhalten, Anforderungen und Ausgestaltung der Lösung können sowohl Thin Client als auch Smart Client den niedrigsten Gesamtenergieverbrauch aufweisen. Durch Anpassung des Nutzungsprofils in Tabelle 3 kann ein gewünschtes Szenario leicht nachgerechnet werden, um die gleiche Auswertung mit abweichendem Nutzungsprofil zu erhalten. Eine Empfehlung, welche der erwähnten Technologien am sparsamsten ist, lässt sich daher pauschal nicht treffen. Für alle Lösungen gilt jedoch, dass durch entsprechende Konfiguration der Software, wie z. B. durch Nutzung der Energiesparfunktionen, Auswahl der Hardwarekomponenten wie z. B. effizienterer Netzteile oder Nutzung einer eventuell vorhandenen integrierten Netz- und Grafikkarte ebenso wie durch einen optimierten Betrieb mit konsequenter Nutzung des Sleep-Mode, ein deutlicher Spareffekt erreichbar ist. Ob Thin oder Smart Client die richtige Wahl ist, sollte daher vor allem aus anderen Gründen wie Know-how im Terminalserverbereich oder aufgrund der Anwendungsanforderungen entschieden werden.

Autoren



Kambiz Fazel
Senior Technology Consultant



Benjamin Hippler
Senior Business Consultant

Kontakt

Stefan Pechardscheck
Partner
Kurfürstendamm 207 – 208
10719 Berlin
+49.30.88004.5450
stefan.pechardscheck@bearingpointconsulting.com

Carsten Lenz
Senior Manager
Kurfürstendamm 207 – 208
10719 Berlin
+49.30.88004.9689
carsten.lenz@bearingpointconsulting.com

Wir helfen unseren Kunden, messbare und nachhaltige Ergebnisse zu erzielen

BearingPoint berät Unternehmen und Organisationen aus den Bereichen Commercial Services, Financial Services und Public Services bei der Lösung ihrer dringendsten und wichtigsten Aufgaben. In enger partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit dem Kunden definieren BearingPoint-Berater anspruchsvolle Ziele und entwickeln Lösungen, Prozesse und Systeme entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dies bildet die Grundlage für einen außerordentlichen Beitrag zum Geschäftserfolg – und eine außergewöhnliche Kundenzufriedenheit. Seit der Übernahme durch seine Partner im Rahmen eines Management Buy-Out ist BearingPoint eine unabhängige Unternehmensberatung, die Unternehmertum sowie Management- und Technologiekompetenz auf einzigartige Weise vereint. Das Unternehmen beschäftigt rund 3.250 Mitarbeiter in 14 europäischen Ländern. Das Unternehmen hat europäische Wurzeln, agiert aber global. In Deutschland belegt BearingPoint laut Lünendonk-Liste derzeit Platz sechs unter den Top 25 Managementberatungen.

Für weitere Informationen: www.bearingpoint.de

BearingPoint. Management & Technology Consultants

BearingPoint GmbH
Speicherstraße 1
60327 Frankfurt am Main – Deutschland

www.bearingpoint.de