

Green VoIP: Mythos und Wirklichkeit

IP-Telefonie zwischen Klimakiller und Umweltretter

von

Dr. Michael Wallbaum und Dr. Frank Imhoff

Sucht man bei Google nach dem Begriff „Green VoIP“ so erhält man derzeit 1.300 Treffer. Zum Vergleich: „Green IT“ liefert beachtliche 5,7 Millionen Treffer. Obwohl diese Unterdisziplin des Marketings also noch in den Kinderschuhen steckt, wird auch der Energieverbrauch von Telefonielösungen zunehmend ein Thema. Sowohl die Hersteller von TK-Systemen als auch Fachjournalisten, Analysten und Interessenvertreter versuchen mehr oder minder forscht das Thema zu besetzen. Dabei schießen einige Vertreter weit über das Ziel hinaus. Im Markt kursieren so inzwischen eine Vielzahl von gewagten Behauptungen, Fehlinformationen und Halbwahrheiten, die den jeweils eigenen Standpunkt bzw. die eigenen Produkte stützen sollen. Problematisch ist, dass kaum noch jemand Fakten und Marketing-Aussagen unterscheiden kann – viele Informationen haben inzwischen ein Eigenleben gewonnen, werden ungeprüft weitergegeben, auf Kernaussagen reduziert und bilden am Ende ohne Quellen und Randbedingungen zu kennen die Grundlage für Entscheidungen.

Ein schönes Beispiel für die Verselbständigung von Information bietet der Ende Mai erschienenene VAF-Report „Stromkosten im Blick – TDM, Hybrid, VoIP-Varianten – Analyse zeigt deutliche Unterschiede“¹. Der VAF ist der Bundesverband Telekommunikation e.V. und vertritt die Interessen mittelständischer Systemhäuser für Informations- und Kommunikationslösungen.

Einen Tag nach Erscheinen des VAF-Report machte die NetworkComputing daraus die Schlagzeile „Analyse: Durch VoIP steigt der Stromverbrauch“. Nahezu identische Berichte erschienen in den folgenden Monaten u.a. in der ComputerWoche, CIO, Channel-Partner, Markt und Mittelstand und der ComputerWorld. Aus dem neutral gehaltenen Titel des VAF-Reports wurden am Ende Schlagzeilen wie „Kostenfalle VoIP“ oder gar „VoIP als Klimakiller“. Alle Berichte reproduzieren lediglich Kernaussagen ohne eigene inhaltliche Beiträge zu leisten und ohne die Analyse kritisch zu hinterfragen. Im Folgenden wird jedoch gezeigt, dass dem Report sehr fragwürdige Annahmen zugrunde liegen.

In ähnlicher Weise verbreiten sich auch die mündlichen Aussagen von Vertriebsmitarbeitern. Beispielsweise suggerieren derzeit einige Cisco Account Manager, dass Cisco-Telefone an den eigenen Access Switchen weniger Strom verbrauchen. Elektrotechnisch nicht vorbelastete Kunden nehmen dies leicht für bare Münze – ist doch klar, dass homogene Systeme optimiert sind, wieso nicht auch beim Stromverbrauch. Oder?

Um die Dramatik weiter zu steigern wird schließlich mit Strompreisen kalkuliert von denen RWE und E.ON nur träumen können. Alcatel-Lucent treibt es in einer uns vorliegenden Präsentation mit satten 0,22 €/kWh auf die Spitze. Wer diesen Preis bezahlt, sollte dringend seinen Stromanbieter wechseln bevor er den Verbrauch seiner TK-Anlage optimiert (möglicherweise liegt hier ein Grund für die schlechten Bilanzzahlen von Alcatel-Lucent verborgen). Tarife für Gewerbekunden liegen momentan bei rund 0,12 €/kWh.

¹ http://www.vaf-ev.de/global/dbbin/300608_161134_vaf_stromverbrauch_tk_mai_2008.pdf

Bei den Unternehmenskunden sorgt diese Diskussion inzwischen für eine starke Verunsicherung. Das Ziel dieses Artikels ist zu einer Versachlichung der Debatte beizutragen und einige Grundfragen auf Basis des aktuellen Stands der Technik zu klären. Dabei werden die sieben wichtigsten derzeit kursierenden „Mythen“ aufgegriffen.

Mythos 1: IP-Telefonie ist weniger energieeffizient als konventionelle/hybride Lösungen

Die Kernaussage des vielzitierten VAF-Reports ist in der Tat, dass eine VoIP-Lösung immer mehr Strom verbraucht als eine konventionelle Telefonanlage. Dies erscheint plausibel, allein aufgrund der Tatsache, dass mit dem Session Initiation Protocol (SIP) die „Intelligenz“ weg von zentralen Komponenten hin zu den Endgeräten wandert und damit auch vielfach repliziert werden muss. IP-Telefone verfügen zudem häufig über größere Farbbildschirme und die Möglichkeit Applikationen zu installieren. Die Frage ist eigentlich nicht ob sondern wie viel mehr Strom eine IP-Lösung im Vergleich zu einer klassischen TDM-Lösung verbraucht.

Der VAF-Report beantwortet diese Frage eindeutig zugunsten der TDM-Technologie. Im Wesentlichen sagen die in Tabelle 1 zusammengefassten Ergebnisse aus, dass VoIP mit Hardphones die Stromkosten der IT-Abteilungen um mindestens ein Drittel erhöht.

	Unternehmen mit 100 Mitarbeitern	Unternehmen mit 500 Mitarbeitern	Unternehmen mit 1000 Mitarbeitern
Konventionelle TK-Anlage	6.110 €	23.715 €	51.256 €
Hybride TK-Anlage	8.948 €	35.320 €	64.880 €
VoIP-Anlage mit Hardphones	9.337 €	35.583 €	66.246 €
VoIP-Anlage mit Softphones	6.499 €	23.978 €	51.361 €

Tabelle 1: Stromkosten pro Jahr für unterschiedliche Unternehmensgrößen laut VAF-Report

Wenn man die Studie etwas genauer liest, fallen folgende Merkwürdigkeiten auf:

- Es wird von einem separaten physikalischen IP-Netz für VoIP ausgegangen.
- Es werden unmotiviert „Server“ und Laptops in die Berechnung eingebracht deren Aufgaben im TK-Kontext unklar sind.
- Der Verbrauch der zentralen VoIP-Server ist für die betrachteten Szenarien ungewöhnlich hoch.
- Für alle Switches wurde beim Verbrauch die maximale Leistungsaufnahme der Netzteile zugrunde gelegt.
- Die konventionellen und hybriden TK-Anlagen verbrauchen auffallend wenig Strom.
- Die Stromversorgung konventioneller Endgeräte wird nicht berücksichtigt.

Diese Ungereimtheiten sind durchgehend dazu geeignet, die Stromkosten für IP-Lösungen in die Höhe zu treiben und die Kosten für TDM-Lösungen klein zu rechnen. Legt man nämlich realistische Werte für die Leistungsaufnahmen der Endgeräte und PBXen zugrunde, so ergibt sich ein deutlich anderes Bild.

Orientierungswerte für den Verbrauch von TDM- und Hybrid-Anlagen

Der VAF-Report sieht bei den TDM- und Hybrid-Berechnungen die Verwendung einer Siemens HiPath 3500 für das kleine Szenario und eine HiPath 4000 für die beiden größeren Szenarien vor. Als Verbrauchswerte werden 180 Watt bzw. 300 Watt und 450 Watt angegeben.

Nach Angaben von Siemens benötigt ein HiPath 3500 Basissystem ohne Endgeräte rund 40 Watt. Da es sich um ein modulares System handelt, kann der Verbrauch durch zusätzliche optionale Komponenten in der Steuerung auch leicht darüber liegen. Für eine HiPath 4000 ohne Endgeräte gibt Siemens einen Verbrauch von etwa 250 Watt an. Auch hier gilt, dass die Steuerung modular ist, d.h. es kommt entscheidend darauf an, welche zusätzlichen optionalen Komponenten in der Steuerung verbaut werden. Die Speisung der Endgeräte erfolgt bei beiden Anlagen über sogenannte SLMO Teilnehmer-Baugruppen. Je nach verwendetem TDM-Gerät muss hier zusätzlich mit 1 bis 1,5 Watt pro Teilnehmer gerechnet werden.

Wird 1 Watt pro Endgerät angesetzt, so ergeben sich für die TDM-/Hybridszenarien folgende Werte:

- Kleines Szenario (100 MA): 40 Watt + 100 Watt = 140 Watt
- Mittleres Szenario (500 MA): 250 Watt + 500 Watt = 750 Watt
- Großes Szenario (1000 MA): 250 Watt + 1.000 Watt = 1.250 Watt

Während die Differenz zwischen diesen Berechnungen und dem VAF-Report für das kleine Szenario vernachlässigbar ist, sind die Unterschiede in den anderen beiden Fällen deutlich.

VOIP meets VoIP

In Gegensatz hierzu fallen die angegebenen Verbrauchswerte der VoIP-Szenarien sowohl für die zentralen Komponenten als auch für die Endgeräte unrealistisch hoch aus. Für den zentralen VoIP-Server wurde bei allen Szenarien mit 550 Watt gerechnet. Dies ist bei den betrachteten Teilnehmerzahlen deutlich zuviel. Alle Szenarien könnten z.B. ohne weiteres durch innovaphone-Anlagen bedient werden, die per Power over Ethernet (PoE) gespeist werden können. Das Flaggschiff, die IP6000, kann bis zu 2.000 Endgeräte verwalten und benötigt gerade einmal 12 Watt.

IP-Telefone werden in der Analyse von Cisco 3560G-24PS und 3560G-48PS Switchen per PoE versorgt. Für diese Switches wurde vermutlich die maximale Leistungsaufnahme der Netzteile als Verbrauch zugrunde gelegt². Dies wäre gleichbedeutend mit einer permanenten Aufnahme von 15 Watt pro Endgerät. Selbst aktuell verfügbare Premium-Endgeräte schöpfen diesen Rahmen nicht aus und es gibt wenige Unternehmen in Deutschland, die jedem

² Über die Grundlage der angenommenen Verbrauchswerte kann nur spekuliert werden. Die VAF-Werte (540 Watt bzw. 590 Watt) liegen jedoch über den von Cisco angegebenen Maximalwerten: http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps5528/prod_models_comparison.html

Angestellten ein „Chef-Telefon“ auf den Schreibtisch stellen. Im Gegenteil: um eine Vergleichbarkeit zwischen den konventionellen und den VoIP-Szenarien bezüglich der Leistungsfähigkeit der Endgeräte herzustellen muss von entsprechend einfachen Hardphones ausgegangen werden. Ein Verbrauch von rund 3 Watt für Low-End-Hardphones mit zweizeiligem Display ist hier großzügig bemessen.



Abbildung 1: Bis zu 2.000 Teilnehmer für 12 Watt mit der IP6000

Legt man die genannten Zahlen zugrunde ergibt sich bereits ein anderes Bild – vom „Klimakiller VoIP“ keine Spur mehr. Bevor jedoch die Berechnungen des VAF-Reports mit den korrigierten Parametern durchgeführt und mit den ursprünglichen Ergebnissen verglichen werden, soll noch ein weiterer Mythos des VAF-Reports ausgeräumt werden.

Mythos 2: IP-Telefonie erfordert ein separates Netz

In der Analyse des VAF werden dedizierte Switches für die VoIP-Telefone verbaut, die mit einer vermeintlichen Erhöhung der Redundanz motiviert werden. Eine Redundanz bei der Anbindung der Endgeräte wäre aber tatsächlich nur gegeben, wenn jedes IP-Telefon über zwei unterschiedliche Access Switches an das Unternehmensnetz angebunden wäre. Dies ist allein aus Kostengründen illusorisch.

Auch über den Aspekt der Redundanz hinausgehend, existiert kein zwingender Grund, um ein separates physikalisches Netz für IP-Telefonie zu fordern. Zusätzliche Ports im Access-Bereich sind grundsätzlich nicht notwendig, wenn die Arbeitsplatz-PCs über die Miniswitches der Telefone angebunden werden. Auch erhöht sich die Verfügbarkeit eines Switches nicht allein dadurch, dass er für IP-Telefone reserviert ist. Es kann vielmehr davon ausgegangen werden, dass PC- und Telefon-Switches im selben Verteiler installiert werden. Brände, Stromausfälle, Fehlpatchungen etc. betreffen also beide Bereiche gleichermaßen.

Es gibt eine Reihe von Fällen in denen eine Netztrennung zur Erhöhung der Ausfallsicherheit sinnvoll erscheint. Beispiele hierfür sind Broadcast-Stürme, die Flutung von Paketen, die fehlerhafte Vergabe von IP-Adressen durch DHCP-Server sowie Spanning-Tree-Probleme. Sicherheit wird auch häufig als Grund für Netztrennung im LAN vorgebracht. In der Praxis werden diese Probleme jedoch durch die Einrichtung von virtuellen LANs (VLAN) auf einem physikalischem Netz adressiert. Ob die genannten Probleme damit zufriedenstellend gelöst werden können, sei dahingestellt. Für eine ausführliche Diskussion der VLAN-Thematik wird

auf den Artikel „Virtuelle LANs am Arbeitsplatz bringen keine Sicherheit – Kommunikationssicherheit auf dem Irrweg“ von Dr. Behrooz Moayeri im Netzwerk-Insider März 2008 verwiesen. Festzuhalten bleibt, dass IP-Telefonie kein separates physikalisches Netz erfordert.

Für eine Neuberechnung des Vergleichs auf Grundlage des VAF-Modells werden dementsprechend folgende Eckwerte/Parameter festgelegt:

- Kein separates Netz für IP-Telefone
- Grundsystem HiPath 3500: 40 Watt
- Grundsystem HiPath 4000: 250 Watt
- TDM-Telefon: 1 Watt
- VoIP-Server: 15 Watt
- VoIP-Telefon: 3 Watt

Die Ergebnisse der Berechnungen (unter Verwendung der Excel-Datei des VAF) sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

	Unternehmen mit 100 Mitarbeitern	Unternehmen mit 500 Mitarbeitern	Unternehmen mit 1000 Mitarbeitern
Konventionelle TK-Anlage	6.068 €	24.188 €	52.097 €
Hybride TK-Anlage	6.173 €	24.714 €	53.148 €
VoIP-Anlage mit Hardphones	6.252 €	24.992 €	53.953 €
VoIP-Anlage mit Softphones	5.937 €	23.415 €	50.799 €

Tabelle 2: Stromkosten für TK-Lösungen pro Jahr für unterschiedliche Unternehmensgrößen und mit realistischen Parametern

Es ist auf den ersten Blick ersichtlich, dass die Kostenunterschiede zwischen TDM-, Hybrid- und VoIP-Systemen nicht so gravierend sind, wie im VAF-Report dargestellt. Man könnte VoIP sogar als Stromspartechnologie und Klimaretter darstellen, wenn man die Kostensparnisse bei der Verwendung von Softphones aufbauscht.

Abbildung 2 zeigt einen direkten Vergleich der berechneten Stromverbräuche für die unterschiedlichen Technologien für das Szenario mit 1.000 Teilnehmern.

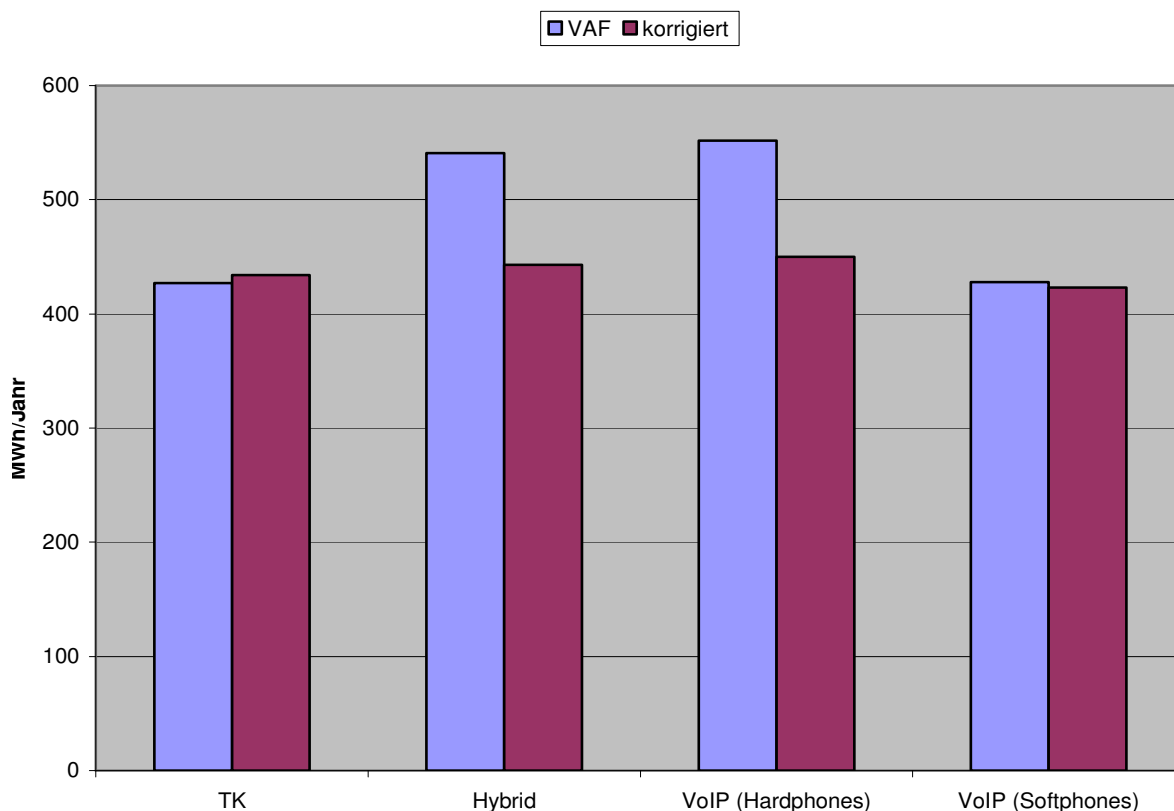


Abbildung 2: Vergleich des jährlichen Strombedarfs für 1.000 Teilnehmer gemäß VAF-Modell mit ursprünglichen und korrigierten Parametern

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass VoIP weder ein Klimakiller noch ein Kostenfresser ist. Die Stromkosten können sich bei der heute üblichen Verwendung von Hardphones zwar moderat erhöhen, jedoch können diese Mehrausgaben leicht durch VoIP-typische Einspareffekte (Konsolidierung, Homogenisierung, vereinfachtes Management etc.) kompensiert werden. Würde man den Kühlbedarf in die Kalkulation einbeziehen, dann wären VoIP-Lösungen aufgrund der dezentralen Wärmeabgabe sogar sparsamer – hierzu sei auf Mythos 5 verwiesen.

Mythos 3: IP-Telefone verbrauchen an Switchen desselben Herstellers weniger Strom

In den eingangs erwähnten Aussagen einiger Vertriebsmitarbeiter, dass sich durch die Verwendung von Cisco-Switchen zur Anbindung von Cisco-Telefonen, Strom sparen lässt, steckt ein kleines Fünkchen Wahrheit. Sofern diese Aussagen jedoch auf den Verbrauch der Endgeräte bezogen sind, sind sie schlicht falsch. Kein Kühlschrank ist sparsamer, wenn er an einer bestimmten Steckdose angeschlossen wird. Zur Erläuterung der Hintergründe dieses Missverständnisses ist zunächst eine kurze Einführung in die Stromversorgung über Ethernet-Kabel (Power over Ethernet – PoE) und in aktuelle Weiterentwicklungen erforderlich.

Heutzutage ist mit PoE in der Regel der Standard 802.3af-2003 gemeint (802.3af-2003 wurde offiziell abgelöst durch 802.3-2005 Abschnitt 33). Vorher gab es bereits proprietäre Lösungen, insbesondere Cisco mit der Variante Cisco Inline Power (ILP).

802.3af unterscheidet bei den beteiligten Komponenten allgemein zwischen

- Stromverbrauchern (Powered Device, PD), Beispiel: IP-Telefon
- und Stromversorgern (Power Sourcing Equipment, PSE), Beispiel: PoE-Switch

Die Hauptfunktionen des PSE sind:

- die Erkennung eines kompatiblen PD, um 802.3af-inkompatible Endgeräte nicht zu beschädigen, sowie
- die Stromversorgung und Überwachung des PD.

Alternativen der Stromversorgung

Die Stromversorgung durch das PSE kann physikalisch an zwei Punkten erfolgen. Entweder werden Daten- und Stromversorgung in einem Gerät kombiniert, z.B. in einem 802.3af-kompatiblen Switch; hierbei spricht man von einem „Endpoint PSE“. Alternativ wird zwischen Switch und Endgerät eine weitere Komponente geschaltet, welche auf der einen Seite Ethernet-Schnittstellen bereitstellt, Strom hinzugefügt und beides zusammen dem Endgerät zur Verfügung stellt. Diese Komponente nennt sich „Midspan PSE“. PoE-Switche sind somit „Endspan PSE“, während zwischengeschaltete Stromeinsparungsgeräte – wie Power Patch Panel und Power Injectors – die Klasse der „Midspan PSE“ darstellen.

Die bei der Stromversorgung der Telefonendgeräte via PoE denkbaren Varianten gehen aus Abbildung 3 hervor. Nicht dargestellt ist die klassische Stromversorgung über ein separates Netzteil.

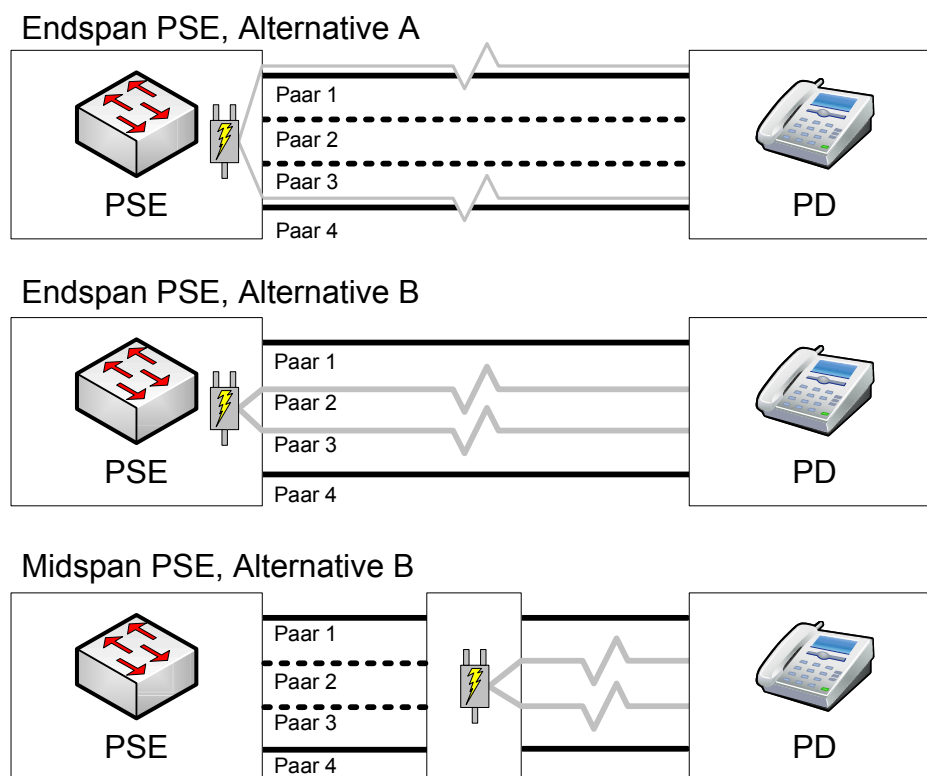


Abbildung 3: Stromversorgung von IP-Telefonen nach 802.3af-2003 / 802.3-2005

Die Stromversorgung über das LAN-Kabel kann nach einem der folgenden Schemata erfolgen (wobei jedes standardkonforme Endgerät beide Verfahren unterstützen muss):

- Alternative A: Eine Phantomspannung wird der Signalspannung auf dem LAN-Kabel überlagert (Abbildung 3, Schema 1). Bei Fast Ethernet reicht in diesem Fall also eine Zweidrahtverkabelung aus.
- Alternative B: In einem vierpaarigen Kabel können die von der Schnittstelle 10/100BaseT ungenutzten zwei Paare („Spare Pairs“) für die Stromversorgung genutzt werden (Abbildung 3, Schema 2). Im Gegensatz zu Alternative A erfordert dies entsprechend eine vierpaarige Verkabelung. Diese Alternative sieht ebenfalls vor, dass vorhandene Netzkomponenten mit zusätzlichen dezentralen Stromeinspeisegeräten kombiniert werden können, die ausschließlich der Einspeisung des Versorgungsstroms dienen (Abbildung 3, Schema 3).

PoE und Gigabit-Ethernet

Dies zeigt bereits, dass eine Stromeinspeisung über zwei dedizierte Paare (Abbildung 3, Schema 2 und 3) nur für 10BaseT und 100Base-TX möglich ist, da Gigabit-Ethernet nach 1000Base-T alle vier Paare für die Datenübertragung nutzt.

Aussagen, beispielsweise die des VAF, wonach „es offiziell keine PoE-tauglichen 1000Base-T-fähige Endgeräte“³ gibt, weil dies im Standard (802.3af-2003) nicht aufgenommen wurde, sind falsch. So ist eine Stromversorgung via Phantomspeisung, wie in Abbildung 3, Schema 1 dargestellt, im Standard explizit vorgesehen. Hingegen sind zwischengeschaltete Stromeinspeisungen („Midspan PSE“) mit 802.3af für Gigabit-Ethernet nicht definiert.

Klasse	Verwendung	Max. Speiseleistung (PSE)	Max. Entnahmeleistung (PD)
0	Standard	15,4 W	0,44 W - 12,95 W
1	Optional	4,0 W	0,44 Watt - 3,84 W
2	Optional	7,0 W	3,84 Watt - 6,49 W
3	Optional	15,4 W	6,49 Watt - 12,95 W
4	Reserviert (PSE) / Nicht erlaubt (PD)	15,4 W	Reserviert

Tabelle 3: Leistungsklassen von PSE und PD

Unabhängig von der jeweiligen Variante stehen dem Endgerät von den eingespeisten 15,4 Watt nach Abzug von Sicherheitsmargen maximal 12,95 Watt zur Verfügung (vgl. Tabelle 3). In welche Klasse ein angeschlossenes PD fällt, wird über die Messung eines sog. Signatur-Widerstandes gemessen, der im Bereich von 15-33 kΩ liegt. Die Messung erfolgt bei einer sehr niedrigen Spannung um zu vermeiden, dass Nicht-PoE-Geräte beschädigt werden. Erst

³ http://www.vaf-ev.de/global/dbbin/120808_151348_vaf-technikinfo_poe_v1.0_netz.pdf

nach einer erfolgreichen Detektion wird die für den normalen Betrieb definierte Spannung von 48 V angelegt.

Die maximale Entnahmeleistung von 12,95 Watt bei Klasse 3 ist zwar für derzeitige IP-Telefone ausreichend, stößt jedoch beispielsweise bei Videophones, 802.11n-kompatiblen WLAN-APs und Videokameras mit PTZ-Funktionen (engl. Pan, Tilt, Zoom: schwenken, neigen, zoomen) an seine Grenzen. Abhilfe ist jedoch - in Form des IEEE-Standards 802.3at - bereits in Sicht.

Was bringt IEEE 802.3at alias PoE+?

802.3at ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht verabschiedet und liegt als Draft in Version 3.0 vor; mit einer Verabschiedung wird 2009 gerechnet. Grundsätzlich gilt, dass 802.3at (auch unter den Bezeichnungen PoEPlus bzw. PoE+ zu finden) abwärtskompatibel ist zu 802.3af - somit können bestehende Endgeräte (PD) ohne Einschränkungen weiter betrieben werden. Daher gilt obige Beschreibung zu 802.3af weitestgehend auch für 802.3at.

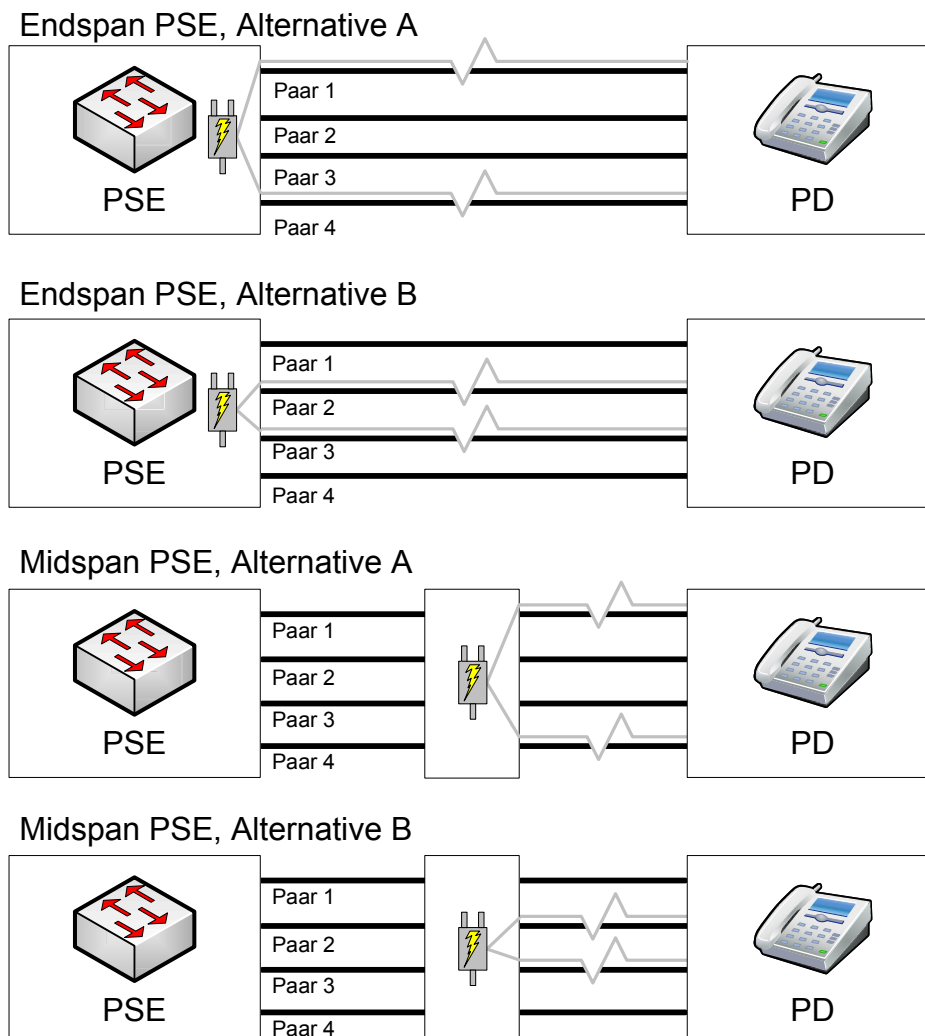


Abbildung 4: PoE und Gigabit-Ethernet nach IEEE Draft 802.3at / D3.0

Folgende Punkte haben sich gegenüber 802.3af geändert⁴:

- Endgeräten stehen nun max. 29,5 Watt zur Verfügung. Damit wird der Nachfrage nach höherer Leistung Rechnung getragen. Dies ermöglicht auch eine Versorgung von 802.11n-APs (ohne Workarounds, wie eine Stromversorgung über zwei PoE-Ports), Wi-MAX-Stationen, Videophones und IP-Telefonen mit erweiterter Funktionalität wie z.B. Video.
- Für Gigabit-Ethernet nach 1000BaseT sind mit 802.3at auch zwischengeschaltete Stromeinspeisungsgeräte definiert („Midspan PSE“). Beispiel: 1000BaseT Power Injector
- Neben der bisherigen groben und statischen Klasseneinteilung (vgl. Tabelle 3) via Layer 1 kommt eine feingranulare dynamische Layer-2-Lösung hinzu. Der tatsächliche Stromverbrauch wird hierbei via LLDP (Link Layer Discovery Protocol) mitgeteilt, so dass das PSE detaillierte Infos bzgl. der Auslastung erhält.
- Für 802.3at-kompatible Endgeräte (Typ2) sollte die Verkabelung mind. Cat5e entsprechen (ANSI/TIA/EIA-568-B.2). Für bisherige 802.3af-Komponenten (Typ1) ist auch weiterhin Cat3 erlaubt.

Für 802.3at-kompatible Endgeräte besteht die Möglichkeit, in einem Stromsparmmodus auch an 802.3af PSE betrieben zu werden. Sollte dies nicht möglich sein, erfolgt eine entsprechende Rückmeldung.

Da der Markt nicht auf die finale Entscheidung des IEEE wartet, existieren bereits proprietäre Erweiterungen zu 802.3af, welche dem Endgerät mehr als die knapp 13 Watt zur Verfügung stellen. Evaluert wird weiterhin die Möglichkeit alle vier Paare zur Stromeinspeisung via Phantomspeisung zu nutzen und somit ca. 60 Watt zur Verfügung zu stellen. In diesem Bereich wäre auch eine Stromversorgung von genügsamen Rechnern und Notebooks denkbar, womit PoE(+) für weitere Anwendungsfelder Bedeutung gewinnen würde.

Cisco Discovery Protocol

Was haben diese Hintergründe nun mit dem Mythos zu tun, hersteller-homogene Lösungen seien verbrauchsärmer? Eine Ursache des Problems ist die grobe Klasseneinteilung bei PoE. Unabhängig davon, welche Leistung ein Klasse-3-Gerät tatsächlich beansprucht – es könnten ja z.B. nur 7 Watt sein – muss der PoE-Switch die maximal mögliche Leistung von 15,4 Watt reservieren. Wird ein PoE-Gerät angeschlossen, dessen Leistungsbedarf das Restbudget überschreitet, so wird es nicht mit Strom versorgt.

Die Reservierung bzw. Budgetierung wäre unnötig, wenn ein Switch alle Ports mit der Maximalleistung versorgen könnte, aber die Größe der Netzteile ist leider ein Kostenfaktor. So hat zum Beispiel das optionale Netzteil C3K-PWR-1150WAC, mit dem ein Cisco 3560E-48PD volle Leistung auf allen 48 Ports liefern kann, einen Straßenpreis von rund 800€. Die Stromversorgung von PoE-Switchen ist daher meist nicht für den Worst Case ausgelegt (ein Gegenbeispiel ist der 48-Port-Switch EX 3200 von Juniper, der alle Ports mit der Maximalleistung versorgen und daher auf ein Leistungsmanagement verzichten kann). Ohne eine Reservierung könnte es jedoch im laufenden Betrieb zu einer Situation kommen, wo die benötigte Leistung die Kapazität des Netzteils übersteigt. Die Folge wäre, dass ein oder mehrere Geräte plötzlich von der Stromversorgung getrennt werden müssten. Dumm, wenn es das Telefon des Geschäftsführers trifft.

⁴ Als Basis diene IEEE 802.3at/D3.0 March 2008

Die Leistungsbudgetierung dient der Versorgungssicherheit, führt aber durch die grobe Klasseneinteilung von 802.3af auch dazu, dass die Netzteilkapazitäten nicht voll ausgeschöpft werden. Beispiel: Ein 48-Port Switch, der 370 Watt per PoE anbietet, kann höchstens 24 Klasse-3-Telefone betreiben (24 x 15,4 Watt ≈ 370 Watt). Wenn diese Geräte jedoch nur maximal 7 Watt benötigen, dann bleibt aufgrund der Budgetierung mehr als die Hälfte der verfügbaren Leistung ungenutzt (24 x 15,4 Watt – 24 x 7 Watt ≈ 202 Watt). Könnten die Endgeräte dem PoE-Switch ihren tatsächlichen maximalen Bedarf mitteilen, dann wäre es in diesem Beispiel möglich alle 48 Ports für die Versorgung der Telefone zu nutzen (48 x 7 Watt < 370 Watt). Der kommende Standard 802.3at wird dieses Problem mithilfe von LLDP lösen.

Cisco bietet mit dem Cisco Discovery Protocol (CDP) bereits jetzt eine proprietäre Lösung. Ciscos IP-Telefone können Ciscos Access Switchen ihren tatsächlichen Bedarf per CDP mitteilen. Abbildung 5 zeigt die Budgetierung eines Cisco PoE-Switches mit einem standardkonformen Klasse-3-PD und einem Cisco 7960, das seinen Bedarf (6,3 Watt) per CDP angegeben hat.

```
4507#show power inline (note:this is selected output)
Available:1333(w) Used:813(w) Remaining:520(w)
Interface Admin Oper Power(Watts) Device Class
          From PS To Device
-----
Fa4/3     auto  on      17.3    15.4    Ieee PD      3
Fa4/10    auto  on       7.1     6.3     Cisco IP Phone 7960 n/a
Totals                24.4    21.7
```

Abbildung 5: Leistungsbudgetierung auf einem Cisco Catalyst 4500

Das Missverständnis besteht darin, dass nicht der tatsächliche Verbrauch der Endgeräte gesenkt wird, sondern nur die vorzuhaltende Leistung. Die Stromrechnung wird allein dadurch nicht geringer. Das kleine Fünkchen Wahrheit: Die Verwendung von CDP senkt tatsächlich Kosten, wenn ein Switch nicht durch zusätzliche Netzteile aufgerüstet werden kann. Müssen aus diesem Grund mehr Switches angeschafft werden als von der Portanzahl her erforderlich, dann spart CDP den Eigenbedarf der zusätzlichen Switches.

Mythos 4: Leitungsverluste und Lichtbögen

Zu einem der interessantesten Mythen ist wohl die Ansicht zu zählen, dass es aufgrund von PoE zu erheblichen Leitungsverlusten kommt. Noch weiter gehen aber Theorien über eine vorzeitige Alterung von RJ45-Steckern aufgrund einer erheblichen Erwärmung und Lichtbögen beim Ein- und Ausstecken.

Zunächst zu den Lichtbögen bzw. zur Funkenbildung: Dabei handelt es sich definitionsgemäß um eine Gasentladung zwischen zwei Kontakten, die eine ausreichend hohe elektrische Spannungsdifferenz aufweisen, um durch Stoßionisation den Stromfluss auch beim Auseinanderreißen der Kontakte aufrechtzuerhalten. Die Gasentladung bildet dabei zwischen den Kontakten ein elektrisch leitfähiges Plasma. Die Temperatur des Lichtbogens und des unmittelbar umgebenden Plasmas kann bis zu 15.000 Grad Celsius erreichen. Das macht man sich in Gasentladungslampen oder beim elektrischen Schweißen zunutze. Die thermische

und ionisierende Wirkung führt ansonsten aber an den beteiligten Kontakten und in der Umgebung zu erhebliche Beschädigungen. Daher müssen solche Lichtbögen nach Möglichkeit vermieden oder auf ein Minimum begrenzt werden. In Hochspannungsschaltanlagen wird das z.T. durch aufwändige Löschmaßnahmen wie Öl- oder Luftdrucklöschung oder einer Schwefelhexafluorid-Füllung (SF₆) erreicht. Das Schutzgas SF₆ bewirkt dabei eine Kühlung des Lichtbogens und zusätzlich einen hohen Spannungsabfall zur Löschung des hohen Kurzschlussstroms. In der Regel verlöscht dann der Lichtbogen beim Nullspannungsdurchgang der Phase. Bei Gleichstrom ist die Löschung demnach noch schwieriger, da es keinen Nullspannungsdurchgang wie bei Wechselstrom gibt, der den Lichtbogen von selbst löschen kann. Klar ist aber, dass derartige Maßnahmen mit einem einfachen RJ45-Stecker nicht zu machen sind.

Je höher die Stromstärke und/oder die Spannung sind, desto energiereicher wird der dabei entstehende Lichtbogen. Vor allem ist für die Überbrückung eines großen Isolationsweges zwischen den beteiligten Kontakten eine entsprechend hohe Spannung erforderlich. Das lässt zunächst die Vermutung zu, bei der mit PoE verbundenen Nennspannung von 48 V wird erst gar kein Lichtbogen beim Trennen einer RJ-45-Steckverbindung entstehen. Jedoch benötigen elektrische Schweißgeräte auch nur Spannungen zwischen 15 und 50 Volt und können damit schon ganz ansehnliche Lichtbögen und Temperaturen erzeugen. Allerdings kommen hier Ströme von 1000 A und mehr zum Einsatz und davon ist PoE mit maximal 400 mA weit entfernt. Aber selbst bei Relais oder Schalter mit einer maximalen Kontaktbelastung von 10 A und 48 V ist vor allem bei stark induktiven Lasten (hohe Blind- und Abschaltströme z.B. bei Elektromotoren, Transformatoren etc.) mit einer sehr starken Abnutzung der Kontakte zu rechnen. Bei PoE scheidet aber auch diese Möglichkeit aus: Nicht nur aufgrund des immer noch deutlich geringen Stroms im Milliamperebereich, sondern auch, weil sich ausschließlich um Gleichspannung handelt, also weder mit Blind- noch mit großen Abschaltströmen zu rechnen ist. Zudem müssen Relais ggf. tausende Trennungsvorgänge zuverlässig überstehen, was auch ohne Lichtbögen von einer RJ45-Steckverbindung nicht zu erwarten ist.

Lichtbögen bzw. Funkenbildung beim Ein- oder Ausstecken von RJ-45-Steckverbindungen bleiben also – das zeigt auch die inzwischen langjährige Erfahrung damit – ein vernachlässigbares Problem.

Leitungsverluste

Die durch die PoE entstehenden Leitungsverluste sind ebenfalls nicht ernst zu nehmen. Grund dafür ist die vergleichsweise hohe Nennspannung von 48 Volt. Hier ist bei der Standardisierung ein Kompromiss zwischen der maximal zu übertragenden Leistung und der Sicherheit eingegangen worden. Denn 48 Volt wird als sogenannte Kleinspannung angesehen, die für Menschen ungefährlich ist und daher keine besonderen Schutz- oder Isolationsmaßnahmen erforderlich macht. Gleichzeitig ist mit der maximal zulässigen Kleinspannung sichergestellt, dass die zu übertragende Leistung ($P=U \cdot I$) ein Maximum erreicht. Der limitierende Faktor ist hier der Kupfer-Querschnitt von Ethernet-Kabeln, die ja ursprünglich nicht für die Übertragung von nennenswerter elektrischer Leistung vorgesehen waren.

Gerade in den USA sind noch heute häufig so genannte AWG-28-Kabel im Einsatz (AWG = American Wire Gauge, Amerikanisches Maß für die Drahtgröße, abgeleitet von der Anzahl Ziehsteine, die benötigt werden, um einen bestimmten Querschnitt herzustellen, also gilt: Je größer der AWG-Wert, desto kleiner der Drahtdurchmesser). Solche Kabel besitzen lediglich einen Leiterquerschnitt von 0,0809 mm². Hinzu kommt, dass mehrere Leiter dicht gepackt in einem Kabel geführt sind, also kaum kühlende Umgebung zur Verfügung steht. Damit ist die maximale Belastbarkeit auf ca. 300 mA beschränkt. Ansonsten würden die Kabel eine Au-

Bentemperatur von mehr als 45 Grad Celsius erreichen, was zu Schäden der Isolation führen würde. Da bei PoE je nach Variante auch nur ein Adernpaar für die Leistungsübertragung zur Verfügung steht, ergibt sich daraus eine maximal zu übertragende Leistung von $300 \text{ mA} * 48\text{V}$, also knapp 15 Watt.

Was hat das aber nun mit den Leitungsverlusten zu tun? Die Leitungsverluste P_v ergeben sich aus dem Quadrat des beaufschlagten Stroms multipliziert mit dem elektrischen Widerstand der Leitung ($P_v = I^2 * R$). Der Widerstand hängt vom Leitermaterial des Leiters (in der Regel Kupfer), von der Länge des Kabels und von Querschnitt des Leiters ab. Bei sehr kleinen Leiterquerschnitten und großen Leitungslängen ist also mit einem hohen Widerstand und folglich mit hohen Leitungsverlusten zu rechnen.

In der Realität würde das zu folgender Rechnung führen: Ein übliches Cat. 6 Kabel (AWG 24) hat einen Querschnitt von $0,2051 \text{ mm}^2$, bei einem spezifischen Widerstand von Kupfer von $\rho = 0,0178 \Omega * \text{mm}^2$ pro Meter ergibt sich ein Widerstand von $0,00365 \Omega$ pro Meter. Es stehen für den Hin- und den Rückweg je zwei Leiter zur Verfügung, also halbiert sich dieser Wert noch. Bei einer Kabellänge von 100 Metern, also einer Leiterlänge von 200 Metern (Hin- und Rückweg sind zu berücksichtigen) ergäbe sich also ein Gesamtwiderstand von $0,365 \Omega$. Bei einer am Endgerät maximal zulässigen Leistung von 12,95 Watt, also einem Strom von weniger als 300 mA würde das dann zu einem Leitungsverlust von $P_v = 0,03$ Watt führen. Und das immer unter der Voraussetzung, dass ein Klasse-3-PoE-Endgerät die maximal zulässige Leistung nutzt, was bei VoIP in der Realität kaum vorkommt.

Die Leistungsbilanz verschlechtert sich natürlich noch ein wenig aufgrund von Übergangswiderständen an Steckverbindungen und schlechteren Widerstandswerten für Patchkabel. Auf der anderen Seite haben moderne Cat. 7 und Cat. 8 Kabel aber auch größere Leitungsquerschnitte und erreichen nur selten die für Ethernet maximal zulässige Länge von 100 Metern. Messungen im ComConsult Labor haben aber selbst unter widrigsten Bedingungen (schlechte Kabel, über 100 Meter Gesamtlänge) eine Verlustleistung von nicht mehr als 0,11 Watt ergeben. Die lt. IEEE 802.2af-Standard zulässigen 2,45 Watt Leitungsverlust, die sich aus den maximal 15,4 Watt Abgabe-Leistung abzgl. der maximal 12,95 Watt Leistungsaufnahme der Endgeräte ergeben, sind auf sehr alte Verkabelungsvarianten und viele schlechte Steckverbindungen zurückzuführen, die in Europa praktisch nie zum Einsatz gekommen sind (z.B. AWG 28 oder 30 mit einem Widerstand von $0,232$ bzw. $0,35 \Omega$ pro Meter).

Eine realistische Daumenregel für die Verlustleistung ergibt sich aus der Annahme, dass sich über die gesamte Leitungslängelänge inkl. Steckverbindungen und Patchkabeln ein Widerstand von ca. $0,01 \Omega$ pro Meter ergibt. Bei einem Endgerät aus der Oberklasse ist zudem mit einer mittleren Leistungsaufnahme von 7 Watt zu rechnen. Bei einer Leitungslänge von insgesamt 50 Metern ergäbe sich damit ein mittlerer Leitungsverlust von $0,01$ Watt pro Endgerät.

Mythos 5: PoE schafft zusätzlichen Klimatisierungsbedarf

Häufig ist das Argument zu hören, dass eine zentralisierte Stromversorgung per PoE zu einer erheblich größeren Wärmebelastung in den einzelnen Netzwerkverteiler-Räumen führt und damit Klimatisierung erforderlich machen. Hintergrund ist, dass Access-Switches mit PoE eine deutlich höhere Leistungsaufnahme aufweisen als vergleichbare Switches ohne PoE. Beispielsweise benötigt ein Cisco Catalyst 3560E-48TD mit 48 Gigabit-Ports eine elektrische Leistung von 265 Watt, während ein Cisco 3560E-48PD/1150W ein Netzteil mit einer maximalen Leistungsaufnahme von 1150 Watt aufweist, um alle 48 Ports mit der vollen PoE-Leistung von 15,4 Watt versorgen zu können. Die Differenz von 885 Watt ergibt sich dem-

nach vor allem aus der für PoE zusätzlich erforderlichen Leistungsabgabe von insgesamt rund 740 Watt (48 Ports * 15,4 Watt = 740 Watt).

Die Berechnung der Abwärmeverluste stützt sich in der Regel auf die am Typenschild des Geräts wiedergegebenen Leistungsaufnahmewerte, weil sie bei den meisten elektrischen Komponenten näherungsweise auch der maximal abgegebenen Wärmeleistung entspricht. Der Grund ist relativ simpel: Von Motoren abgesehen, setzen fast alle elektrischen Geräte nur Bruchteile der aufgenommenen Leistung nicht in Wärme um. Die Dimensionierung der Klimaanlage eines Netzwerkverteilerraums kann daher zunächst überschlägig auf Grundlage der Leistungsaufnahme durchgeführt werden. Anders verhält sich das jedoch bei PoE. Hier wird zwar auch nahezu die gesamte Leistungsaufnahme letztendlich in Wärme umgewandelt, jedoch fällt diese Wärme vor allem an dem mit PoE versorgten Endgerät und damit in der Regel nicht im Verteilerraum oder im Rechenzentrum an. Der Switch muss also lediglich über ein leistungsfähigeres Netzteil verfügen, um die elektrische Leistung bereitzustellen, nicht aber in der dem Typenschild entsprechenden Weise gekühlt werden.

Anders als zu Zeiten schwerer Transformatoren sind solche Netzteile heutzutage aber nicht mehr selbst die großen Leistungsfresser. Vielmehr lassen sich heute, in Zeiten moderner Leistungselektronik, Netzteile konstruieren, die einen nahezu linearen Leistungsquotienten haben. Das Verhältnis zwischen Eingangs- und Ausgangsleistung ist also nahezu linear. Transformatoren verfügen nicht über diese Eigenschaft, da sie auch im Leerlaufbetrieb, abhängig von ihrer Leistung, Eisenverluste aufweisen: Das einhundert Mal in der Sekunde erforderliche Ummagnetisieren des Eisenkerns führt zu einer Erwärmung des Transformators (Hystereseverluste). Zudem treten noch Wirbelstromverluste auf, die von den im Eisenkern durch die wechselnde Magnetisierung induzierten Umlaufspannungen erzeugt werden. Zwar lassen sich die Eisenverluste durch die Verwendung von modernen, geblechten Eisenkernen und Silizium-Legierungen verringern, bleiben aber generell von der Belastung des Transformators unabhängig. Die Kupferverluste sind im Gegensatz dazu belastungsabhängig.

Bei einem modernen Schaltnetzteil übernehmen elektronische Komponenten (MOSFET, Bipolartransistoren, IGBT sowie Schottky-Dioden), die Umformung und Stabilisierung der Eingangsspannung. Damit lassen sich vor allem gegenüber Spannungsreglern erheblich höhere Wirkungsgrade (>90%) erzielen. Anders als bei konventionellen Netzteilen mit Transformator wird bei Schaltnetzteilen die Netzspannung zunächst gleichgerichtet, zur Transformation in eine Wechselspannung wesentlich höherer Frequenz umgewandelt und nach der Transformation schließlich wieder gleichgerichtet. Damit lassen sich auch bei kleiner Nennleistung und wechselnden Lasten höchste Wirkungsgrade, ein sehr großer Toleranzbereich für Eingangsspannung und Netzfrequenz und neben einem erheblich reduzierten Gewicht auch geringere Volumina aufgrund kleinerer Transformatoren und kleinerer sekundärseitiger Siebkondensatoren erzielen. Auch im Standby verbrauchen solche Netzteile nur noch extrem wenig.

Der deutlich geringere Platzbedarf hat nicht zuletzt auch dazu beigetragen, dass moderne 48-Port-Switches mit einer Höheneinheit inzwischen auch an allen 48 Ports die volle PoE-Leistung von jeweils 15,4 Watt zur Verfügung stellen können.

Je nach Bauart verzeichnen aber auch Schaltnetzteile nicht grundsätzlich einen linearen Leistungsbedarf. So kann es sein, dass Switches eines Herstellers Bauart-bedingt im Leerlauf, also ohne zusätzliche Belastung durch PoE-Endgeräte, einen etwas höheren Leistungsbedarf haben als die anderer Hersteller. Dieser Leistungsbedarf steigt dann aber möglicherweise mit zunehmender Belastung durch PoE-Endgeräte etwas weniger stark an. Zudem bleiben natürlich minimale Unterschiede beim Leistungsbedarf der Switches selbst, die sich aus Hersteller-spezifischen Bauarten ergeben.

Insgesamt bleibt aber festzustellen, dass aufgrund der Verwendung moderner, in ihrem Leistungsbedarf äußerst linearer Schaltnetzteile mit Wirkungsgraden von mehr als 90 % keine nennenswerte Verlustleistung mehr am Switch anfällt. Als Faustregel wäre es schon sehr hoch gegriffen, hier 10 % der insgesamt für PoE abgegebenen Leistung als zusätzliche Wärme im Verteilerraum einzukalkulieren. Aber selbst namhafte Hersteller weisen bei der Kalkulation der Abwärme nicht auf diesen Umstand hin, sondern berechnen die Abwärme indem sowohl die PoE-Leistung als auch die Switching-Leistung addiert werden.

Am Beispiel der Cisco Catalyst 3560E-Serie verbleiben bei der maximalen Auslegung mit einem 1150 Watt Netzteil im Vergleich zu einem Switch ohne PoE in der Leistungsaufnahme-/Abwärme-Bilanz lediglich 145 Watt (1150 Watt – 740 Watt für PoE – 265 Watt für Switching), die maximal als Verlustleistung am Switch selbst auftreten könnten. Das entspräche also 12,6 % der gesamten Leistungsaufnahme. In der Realität wird dieser Wert aber bei weitem unterschritten, weil aus diversen Gründen immer mit einer Reserve gerechnet wird, die – wenn überhaupt – nur kurzzeitig genutzt wird.

Im Vergleich dazu kalkuliert Nortel offenbar noch knapper. Dort werden für einen vergleichbaren Nortel Networks 4548GT-PWR Switch insgesamt nur 890 Watt Leistungsaufnahme vorgesehen, inkl. eines externen Netzteils von 470 Watt. Dieses externe Netzteil ist erforderlich, um alle 48 Ports mit 15,4 Watt zu versorgen. Abzüglich der 740 Watt für PoE, bleiben hier nur noch 150 Watt als maximale Verlustleistung im Verteilerraum übrig. Diese 150 Watt entsprechen exakt der maximalen Leistungsaufnahme eines Nortel 4548GT Switches, dem „kleinen Bruder“ des 4548GT-PWR ohne PoE. Hier fällt also im Vergleich zwischen PoE- und Nicht-PoE-Switch nicht ein zusätzliches Watt als zusätzliche Abwärme im Verteilerraum ab.

In Bezug auf die Klimatisierung ist allerdings zu berücksichtigen, dass ggf. noch größere USV-Anlagen eingebaut werden müssen, um auch den Switch und damit die angeschlossenen PoE-Endgeräte bei einem Stromausfall weiter versorgen zu können. Diese größeren USV-Anlagen sind im Netzausfall-Betrieb zumindest kurzzeitig durchaus ernstzunehmende Wärmequellen. Auf der anderen Seite ist mit der Einführung neuer PoE-Switches in der Regel auch ein Austausch alter Switches mit vergleichsweise ineffizienten Netzteilen verbunden, die deutlich mehr Grundlast und damit Wärme verursachen als neue Switches. Somit dürfte sich beim Austausch Alt gegen Neu nur selten etwas am Gesamtwärmeaufkommen in einem Verteilerraum ändern. Größere Klimatisierungsmaßnahmen sind also aufgrund der Einführung von PoE nur höchst selten erforderlich.

Mythos 6: Ein Standby-Modus bei IP-Telefonen ist technisch nicht umsetzbar

Hersteller, deren Endgeräte hinsichtlich ihrer Energieeffizienz noch verbesserungswürdig sind, behaupten gerne ein Standby-Modus sei bei IP-Telefonen schwer machbar. Schließlich muss ein Telefon jederzeit betriebsbereit sein. Ein minutenlanges Booten bei eingehenden Gesprächen oder z.B. beim Absetzen von Notrufen wäre den Nutzern kaum zu vermitteln. Die Frage ist jedoch was unter Standby verstanden werden soll – offensichtlich nicht ein vollständiges Herunterfahren des Telefons mit einem „Wake-on-LAN“.

Die Europäische Kommission hat in jedem Fall sehr konkrete Vorstellungen hinsichtlich des anzustrebenden Verbrauchs von elektronischen Geräten (u.a. auch von IP-Telefonen) – sowohl im aktiven Zustand als auch im Standby. Die Kommission hat mit Hilfe von Herstellern und Experten einen Verhaltenskodex erarbeitet, der Ziele für die Energieeffizienz von exter-

nen Netzteilen⁵ und Netzwerkkomponenten⁶ festlegt. Auch wenn der Schwerpunkt auf dem Bereich der Heim- und SOHO-Produkte liegt, so ist doch zu erwarten, dass die Anforderungen auch Auswirkungen auf Enterprise-Produkte haben werden. Tabelle 4 ist ein Auszug aus dem Verhaltenskodex für Netzwerkkomponenten; die Werte gelten für Messungen vor dem Netzteil, d.h. auf der 230 V-Seite. Die angegebenen Werte für VoIP-Telefone sind in jedem Fall übertragbar, da auch typische Merkmale von High-End-Produkten, wie Farbdisplays, abgedeckt werden. Es ist unklar, ob der Aufschlag von 2 Watt für eingebaute Switches mit bis zu vier Ports auch für die Miniswitches in IP-Telefonen Anwendung finden soll.

	Tier 1: 1.1.07-31.12.08		Tier 2: 1.1.09-31.12.09		
	Off	On	Off	Low power state	On
VoIP-Endgerät (ATA oder Telefon)	0,3 Watt	5,0 Watt	0,3 Watt	2,0 Watt	5,0 Watt
Aufschlag für Farbdisplay (TFT QVGA und VGA)	–	+3,5 Watt	–	+0,7 Watt	+2,5 Watt
Aufschlag pro Zusatzfunktion (u.a. für Switch max. 4 Ports)	–	+2,0 Watt	–	–	+2,0 Watt

Tabelle 4: Auszug aus den Verbrauchszielen des Verhaltenskodex für Netzwerk-Komponenten

Die in der Tabelle angegebenen Werte, werden von einigen Herstellern bzw. Produkten, wenn überhaupt, nur knapp erreicht. Insbesondere Gigabit-Ethernet-Geräte müssen bezüglich ihrer Energieeffizienz optimiert werden, um den Anforderungen gerecht zu werden. Interessant ist zudem, dass die Unterzeichner des Verhaltenskodex sich verpflichten ab Anfang 2009 einen sog. „low power state“, d.h. eine Art Standby-Modus, zu unterstützen. Auch diese Anforderung wird momentan nur von den wenigsten Geräten unterstützt.

Obwohl das ComConsult-Labor über die wichtigsten Telefone aller namhaften Hersteller verfügt, sehen wir im Rahmen dieses Artikels davon ab, die Geräte bezüglich ihres Verbrauchs gegenüberzustellen. Zum einen können Messwerte bereits mit dem nächsten Hardware-Release oder Software-Release eines Gerätetyps bzw. Netzteils obsolet werden. Zum anderen können die Verbrauchswerte stark von der Konfiguration eines Geräts abhängen. Bei einem Siemens OpenStage 60 (siehe Abbildung 6) macht z.B. allein die Differenz in der minimalen und maximalen Stärke der Beleuchtung der Bedienelemente nahezu ein Watt aus.

⁵ „Code of Conduct on Energy Efficiency of External Power Supplies, Version 3“, November 2007

⁶ „Code of Conduct on Energy Consumption of Broadband Equipment, Version 2“, Juli 2007



Abbildung 6: Siemens OpenStage 60

Stichprobenartige Messungen im Labor haben ergeben, dass die Angaben der Hersteller prinzipiell korrekt sind. Bei einem Vergleich muss jedoch zwingend darauf geachtet werden, dass die Umstände der Messungen, also wo und wie gemessen wurde, und die Konfigurationen vergleichbar sind. In der Regel werden die Werte für den PoE-Betrieb (gemessen zwischen Gerät und Switch) angegeben, da dies die „schönsten“ Zahlen liefert. Diese Werte sind jedoch in keinem Fall mit Messungen vor dem Netzteil zu vergleichen, denn sie unterschlagen, dass deren Wirkungsgrad z.T. deutlich unter 100% liegt.

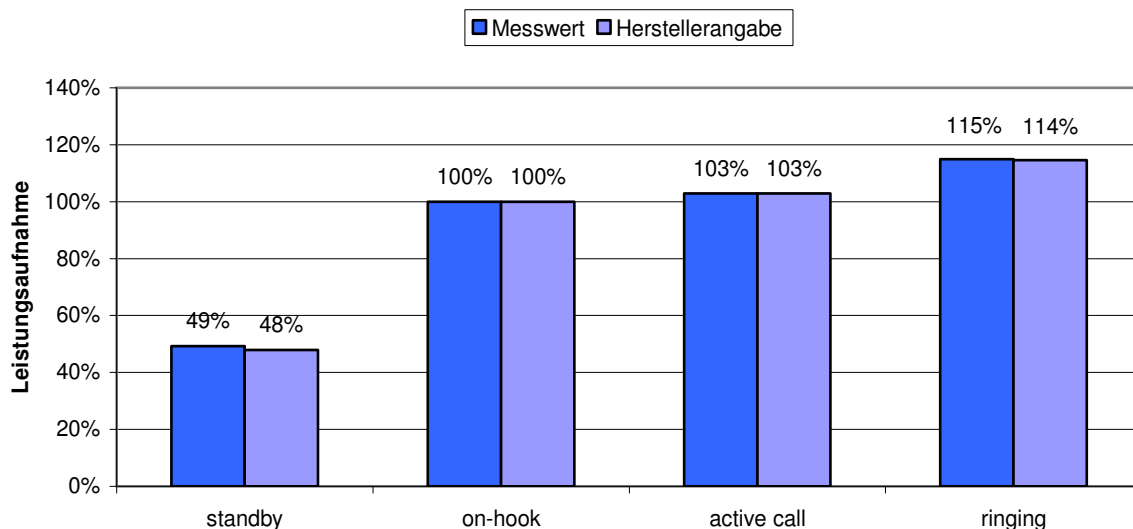


Abbildung 7: Unterschiede in der Leistungsaufnahme eines OpenStage 60 in Abhängigkeit vom Betriebsmodus

Viel bedeutender als der Verbrauch im „on-hook“-Status, d.h. das Telefon ist aktiv aber nicht im Gespräch, ist der Strombedarf im Standby-Modus – sofern er denn vorhanden ist. Ein

typisches Arbeitsplatztelefon wird schließlich nur während der Arbeitszeit benötigt und ist damit zwei Drittel des Tages ohne Funktion. Über das Jahr betrachtet liegt der Anteil sogar bei rund 80% wenn man Wochenenden, Urlaub, Krankheitstage etc. hinzuzählt. Abbildung 7 verdeutlicht das Einsparpotenzial am Beispiel eines Siemens OpenStage 60 und vergleicht nebenbei die Herstellerangaben mit den Labor-Messungen. Während es nahezu gleichgültig ist, ob das Telefon einen Anruf signalisiert, on-hook oder im Gespräch ist, kann durch den Standby-Modus der Strombedarf um mehr als die Hälfte reduziert werden.

Um einfache Aussagen über den „typischen“ Verbrauch eines Endgerätes zu treffen, sollten sich die Hersteller auf eine Art „Drittmix“ wie bei PKW-Tests (Stadt/Landstraße/Autobahn) einigen. Hierzu müsste ein Zyklus definiert werden, der die

- Stunden pro Arbeitstag,
- Anzahl der Feiertage,
- Anzahl der Urlaubstage,
- den Anteil der jeweiligen Modi (im Gespräch etc.) über den Arbeitstag

und einige andere Parameter festlegt. Siemens berechnet auf diese Weise für ein OpenStage 60, das im Gespräch rund 5,6 Watt (PoE-Speisung) verbraucht, einen Durchschnittsverbrauch von 3,1 Watt. Dieser Ansatz ist legitim und richtig und würde – sofern sich die Hersteller auf eine einheitliche Parametrisierung einigen können – für eine größere Transparenz sorgen.

Momentan bedeutet „Standby“ hauptsächlich das Abschalten des Displays und der Beleuchtung der Bedienelemente. Weitere Sparpotenziale liegen z.B. in der Abschaltung des Switch-Ports und in der Drosselung des CPU-Takts verborgen. In jedem Fall gibt es einige Möglichkeiten den Verbrauch im Standby zu senken, ohne die Verfügbarkeit der Telefone einzuschränken. Die zeitgesteuerte Abschaltung von PoE-Ports gehört übrigens nicht dazu. Diese Vorgehensweise wird oft von Herstellern vorgeschlagen, deren Endgeräte nicht über einen Standby-Modus verfügen, und ist schon allein aufgrund der Notrufthematik nicht zu empfehlen.

Mythos 7: Energieeffiziente TK-Systeme leisten einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung von Treibhausgasen

Der Hype, der um Green IT entstanden ist, strahlt auf alle Bereiche der IT aus und so bleibt es nicht aus, dass einige Hersteller versuchen, einen Zusammenhang zwischen schmelzenden Polkappen und den Produkten der Konkurrenz herzustellen. Und vermutlich jeder Vertriebsmitarbeiter hat Präsentationen im Gepäck, die an das schlechte Gewissen appellieren. Tenor: Wer nicht unterschreibt, ist eine Umweltsau.

Dass hier stark übertrieben wird, zeigen allein die Berechnungen des (korrigierten!) VAF-Reports. Der Anteil der TK-Komponenten (Server und Telefone) am Gesamtstrombedarf der Szenarien liegt hier zwischen 1,5% und 2,5%. Bei der ComConsult Beratung und Planung beträgt der Anteil überschlägig 2,5% was nahelegt, dass das VAF-Modell ausnahmsweise mal realistische Werte liefert.

Wie wirkt sich das auf die Kosten aus? Angenommen ein Unternehmen mit 1.000 Mitarbeitern, das eine VoIP-Lösung mit Handphones einsetzt, würde in eine neue Lösung mit der Hälfte des Verbrauchs investieren. Ausgehend von einer Stromrechnung von 53.953 € (lt. Tabelle 2) und einem Anteil der TK von 2,5% ergeben sich Einsparungen von satten 674 € im Jahr. Das entspricht rund 5.600 kWh bei 0,12 €/kWh.

	CO ₂ -Äq. in g/kWh
AKW (Uran-Importmix)	32
Braunkohle	1.153
Windpark (onshore)	24
Wasser-Kraftwerk	40

Tabelle 5: Treibhausgas-Emissionen einiger Stromerzeugungsoptionen
(Quelle: Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestags)

Dies lässt schon erahnen, dass der Klimawandel auf diese Weise nicht zu stoppen ist. Rechnet man die jährliche Einsparung in Euro in den mit der Stromerzeugung verbundenen CO₂-Ausstoß um, so ergeben sich in Abhängigkeit von der Art des Kraftwerks unterschiedliche Werte. Tabelle 5 fasst den CO₂-Ausstoß in Gramm pro Kilowattstunden für einige Stromerzeugungsoptionen zusammen. Für das Beispiel mit 5.600 kWh bedeutet das einen Ausstoß zwischen 134 kg (Windpark) und 6,4 Tonnen (Braunkohle) pro Jahr. Ist das nun viel oder wenig?

Ein Vergleich hilft diese Werte richtig einzuschätzen. Ein VW Golf erzeugt rund 150g/km des Treibhausgases. Eine Fahrt zur Arbeit über 10 km erzeugt also rund 3 kg CO₂, wenn man Hin- und Rückfahrt rechnet. Mit diesem CO₂-Budget kann ein IP-Telefon (4 Watt) knapp drei Jahre mit Atomstrom versorgt werden! Eine einzige Fahrt zur Arbeit entspricht drei Jahren Telefonie.

Das ganze ist unter Umweltgesichtspunkten also eine Scheindiskussion. Wer wirklich etwas für die Umwelt tun will, sollte seine Mitarbeiter mit dem Fahrrad zur Arbeit kommen lassen oder in Job-Tickets investieren. Präsentationen mit Bildern von sattgrünen Wäldern, possierlichen Eichhörnchen und lachenden Kindern sind vollkommen fehl am Platze.

Fazit

Dieser Artikel hat versucht die aktuelle Debatte um die Energieeffizienz von TK-Lösungen zu entschärfen und auf eine sachliche Grundlage zu stellen. Hierzu wurden einige weit verbreitete „Mythen“ aufgegriffen und auf ihren Wahrheitsgehalt bzw. ihre Relevanz untersucht. Unter dem Strich steht, dass die Thematik momentan deutlich überbewertet wird. Schlagzeilen der Art „Klimakiller VoIP“ sind nicht nur reißerisch sondern auch falsch.

Trotz aller berechtigten Kritik am Umgang mit dem Thema, sollte jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass die Bemühungen um eine energieeffiziente Telefonie eingestellt werden sollten. Zur Stromrechnung eines Unternehmens tragen viele Einzelposten bei, wobei der Anteil der TK immerhin im einstelligen Prozentbereich liegt. Vor allem bei Großunternehmen können hier recht große Beträge entstehen. Zudem beeinflusst der Strombedarf einer Lösung bei einer rein wirtschaftlichen Betrachtungsweise auch massiv die Total Cost of Ownership (TCO) und muss bei Investitionsentscheidungen berücksichtigt werden. Mit den zu erwartenden steigenden Strompreisen wird die Bedeutung der Energieeffizienz in Zukunft deutlich wachsen.

Wenn neben der Wirtschaftlichkeit tatsächlich auch Umweltaspekte berücksichtigt werden sollen, dann müssen neben der CO₂-Bilanz einer Lösung auch unkonventionelle Mittel zur Reduktion von Treibhausgasen erwogen werden. Das erwähnte Job-Ticket ist nur ein Beispiel hierfür. Für viele Umweltverbände hat die CO₂-Neutralität einer Lösung fast eine größere Bedeutung als deren Energieeffizienz. Platt gesagt: Solange eine TK-Lösung mit „Ökostrom“ betrieben wird, kann sie verbrauchen was sie will.

Dieser Artikel konnte nicht alle Aspekte dieses Themas umfassend behandeln. So bleiben z.B. Fragen zur Rolle von Gigabit-Ethernet und von Softphones sowie zum Vergleich der Stromversorgung per PoE und per Netzteil offen. Diese und viele weitere „Mythen“ werden in einem ComConsult-Report zu diesem Thema ausführlich behandelt.

Danksagung

Aufgrund der Breite des Themas erforderte dieser Artikel ungewöhnlich viel Unterstützung. Wir danken daher den beteiligten Herstellern für die sehr unbürokratische Bereitstellung von Testgeräten, der Fa. Netzteam für ihre unkonventionelle Hilfe und den Kollegen David Ferrest, Daniel Meinhold, Nick Schirmer und Dominik Zöller für Messungen, Textbeiträge und Diskussionen.