

PROSA

Stationäre Arbeitsplatzcomputer

Entwicklung der Vergabekriterien für ein
klimaschutzbezogenes Umweltzeichen

Studie im Rahmen des Projekts
„Top 100 – Umweltzeichen für
klimarelevante Produkte“

Freiburg, im Februar 2011

Autor/innen:

Siddharth Prakash
Eva Brommer

Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg, Deutschland

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg, Deutschland
Tel. +49 (0) 761 – 4 52 95-0
Fax +49 (0) 761 – 4 52 95-88

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt, Deutschland
Tel. +49 (0) 6151 – 81 91-0
Fax +49 (0) 6151 – 81 91-33

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin, Deutschland
Tel. +49 (0) 30 – 40 50 85-0
Fax +49 (0) 30 – 40 50 85-388



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



**DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE**

Zur Entlastung der Umwelt ist dieses Dokument für den
beidseitigen Druck ausgelegt.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
Methodisches Vorgehen	1
1 Definition	2
2 Markttrends	5
2.1 Verkaufszahlen	5
2.2 Umsatz	7
2.3 Preise	8
2.4 Hersteller	9
2.5 Bestand in deutschen Haushalten	10
3 Technologietrends	11
3.1 Prozessor	11
3.2 Grafikkarte	12
3.3 Anschlüsse für Grafikkarten	13
3.4 Festplatten	14
3.5 Schnittstellen	14
3.6 All-in-One-PCs (Integrierte Desktop-PCs)	15
3.7 Ersatz durch tragbare Computer	16
3.8 Auf- und Nachrüstung	16
3.9 Netzteile	17
3.10 Thin Clients	17
3.11 HDMI-Audioausgabe	19
3.12 Media Centre PCs	19
3.13 Tastatur	20
4 Umweltaspekte	23
4.1 Energieverbrauch	23
4.2 Bedeutung von Schadstoffen	27
4.3 Lärm	30
4.4 Lebensdauer und Bedeutung der Langlebigkeit	31
5 Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung	32
5.1 Lebenszyklusanalyse	32
5.1.1 Funktionelle Einheit	33
5.1.2 Systemgrenzen	33
Herstellung und Distribution	33

	Nutzung	34
	Entsorgung	36
5.1.3	Betrachtete Wirkungskategorien	36
5.2	Analyse der Lebenszykluskosten	41
5.2.1	Investitionskosten	41
5.2.2	Stromkosten	41
5.2.3	Reparaturkosten	42
5.2.4	Entsorgungskosten	42
5.2.5	Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse	43
5.3	Konsumtrends	44
5.4	Nutzenanalyse	44
5.4.1	Gebrauchsnutzen	45
5.4.2	Symbolischer Nutzen	46
5.4.3	Gesellschaftlicher Nutzen	46
5.4.4	Zusammenfassung der Nutzenanalyse	47
6	Gesamtbewertung und Ableitung der Vergabekriterien	48
6.1	ENERGY STAR	48
6.2	80PLUS-Label für Netzteile	52
6.3	Ökodesign-Richtlinie 2005/32/EG	53
6.4	Blauer Engel	54
6.5	EU-Umweltzeichen	55
6.6	Nordic Swan	55
6.7	EPEAT	56
6.8	TCO Development	57
6.9	Ableitung eines Umweltzeichens für Arbeitsplatzcomputer	57
7	Literatur	58
8	Anhang	63
8.1	Anhang I: Wirkungskategorien der Life Cycle Analysis	63
8.1.1	Kumulierter Primärenergiebedarf	63
8.1.2	Treibhauspotenzial	63
8.1.3	Versauerungspotenzial	63
8.1.4	Aquatisches und terrestrisches Eutrophierungspotenzial	63
8.2	Anhang II: Vergabegrundlage für das Umweltzeichen Blauer Engel	64

Einleitung

Die vorliegende Untersuchung zu Arbeitsplatzcomputern ist Teil eines mehrjährigen Forschungsvorhabens, bei der die aus Klimasicht wichtigsten hundert Haushaltsprodukte im Hinblick auf ökologische Optimierungen und Kosteneinsparungen bei Verbrauchern analysiert werden.

Auf Basis dieser Analysen können Empfehlungen für verschiedene Umsetzungsbereiche erteilt werden:

- für Verbraucherinformationen zum Kauf und Gebrauch klimarelevanter Produkte (einsetzbar bei der Verbraucher- und Umweltberatung von Verbraucherzentralen, Umweltorganisationen und Umweltportalen wie www.utopia.de etc.),
- für die freiwillige Umweltkennzeichnung von Produkten (z.B. für das Umweltzeichen Blauer Engel, für das europäische Umweltzeichen, für Marktübersichten wie www.topten.info und www.ecotopten.de oder für Umwelt-Rankings wie etwa die Auto-Umweltliste des VCD),
- für Anforderungen an neue Produktgruppen bei der Ökodesign-Richtlinie und für Best-Produkte bei Förderprogrammen für Produkte,
- für produktbezogene Innovationen bei den Unternehmen.

Auf der Basis der vorliegenden Untersuchung und aufgrund von Diskussionen im Rahmen des Fachgesprächs am 26.08.2010 sowie anlässlich der Expertenanhörung Blauer Engel am 02.11.2010 beim Umweltbundesamt (UBA) in Berlin wurde beschlossen, bei der Revision der Vergabegrundlage RAL-UZ 78 eine eigenständige Vergabegrundlage für Arbeitsplatzcomputer zu entwickeln.

Methodisches Vorgehen

Für die Ableitung von Vergabekriterien für das Umweltzeichen wird gemäß ISO 14024 geprüft, welche Umweltauswirkungen bei der Herstellung, Anwendung und Entsorgung des Produktes relevant sind. Neben Energie-/Treibhauseffekt kommen Umweltauswirkungen wie Ressourcenverbrauch, Eutrophierungspotenzial, Lärm, Toxizität, etc. in Betracht.

Methodisch wird die Analyse mit der Methode PROSA – Product Sustainability Assessment durchgeführt (Abbildung 1). PROSA umfasst mit der Markt- und Umfeldanalyse, der Ökobilanz, der Lebenszykluskostenrechnung und der Benefit-Analyse die zur Ableitung der Vergabekriterien erforderlichen Teilmethoden und ermöglicht eine integrative Bearbeitung und Bewertung.

Eine Sozialbilanz wird nicht durchgeführt, weil soziale Aspekte, z.B. bei der Herstellung der Produkte, beim Umweltzeichen bisher nicht oder nicht gleichrangig einbezogen werden.



Abbildung 1 Die Grundstruktur von PROSA

1 Definition

Das Amtsblatt der Europäischen Union¹ definiert Computer als

„ein Gerät, das Logikoperationen ausführt und Daten verarbeitet. Ein Computer umfasst mindestens die folgenden Bestandteile:

- 1. eine Zentraleinheit (ZE), die die Operationen ausführt,*
- 2. Benutzereingabegeräte wie Tastatur, Maus, Digitalisierer oder Game Controller und*
- 3. ein Anzeigegerät zur Ausgabe von Informationen“.*

Laut dieser Definition umfasst der Begriff Computer sowohl stationäre als auch tragbare Geräte einschließlich Desktop-PCs, integrierte Desktop-PCs, kompakte Desktop-PCs (Net-tops), Notebooks, Netbooks, Small-Scale-Server, Thin Clients und Workstations.

Dieser Bericht umfasst stationäre Computer, wie z.B. Desktop-PCs, integrierte Desktop-PCs und Workstations. Diese werden im folgenden Bericht unter dem allgemeinen Begriff Arbeitsplatzcomputer zusammengefasst. Obwohl Thin Clients auch als typische Arbeitsplatzcom-

¹ BESCHLUSS DER KOMMISSION, vom 16. Juni 2009 zur Festlegung des Standpunkts der Gemeinschaft für einen Beschluss der nach dem Abkommen zwischen der Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika und der Europäischen Gemeinschaft über die Koordinierung von Kennzeichnungsprogrammen für Strom sparende Bürogeräte eingesetzten Verwaltungsorgane über die Änderung der Spezifikationen für Computer in Anhang C Teil VIII des Abkommens (Text von Bedeutung für den EWR) (2009/489/EG)

puter gelten, werden sie in einer separaten Studie von Manhart et al. (2010)² behandelt und sind deswegen hier nicht berücksichtigt. Desgleichen haben Prakash et al. (2010b)³ tragbare Computer wie Notebooks und Netbooks anderweitig behandelt. Small-Scale-Server werden in diesem Bericht ebenfalls nicht berücksichtigt.

Das Amtsblatt der Europäischen Union (24.06.2009) definiert Desktop-PCs, integrierte Desktop-PCs und Workstations wie folgt:

„Desktop-PC: Ein Computer, dessen Haupteinheit an einem festen Standort – in der Regel auf einem Schreibtisch oder am Fußboden – aufgestellt wird. Desktop-PCs sind nicht als tragbare Geräte konzipiert und nutzen Anzeigegerät, Tastatur und Maus als externe Komponenten. Desktop-PCs dienen einer breiten Palette von Heim- und Büroanwendungen“.

„Integrierte Desktop-PCs: Ein Desktop-PC-System, bei dem der Computer und das Anzeigegerät als Einheit funktionieren, deren Wechselstromversorgung über ein einziges Kabel erfolgt. Es gibt zwei Arten von integrierten Desktop-PCs:

- 1. ein System, bei dem der Computer und das Anzeigegerät konstruktiv zu einer Einheit verbunden sind, oder*
- 2. ein als Einzelsystem montiertes System, bei dem das Anzeigegerät zwar eine separate Einheit ist, aber über ein Gleichstromkabel mit dem Hauptgerät verbunden ist und sowohl Computer als auch Anzeigegerät durch ein einziges Netzteil gespeist werden.*

Integrierte Desktop-PCs bilden eine Unterart der Desktop-PCs und sind in der Regel für ähnliche Funktionalitäten wie Desktop-PC-Systeme ausgelegt“.

„Workstation: Ein Hochleistungs-Einzelplatzcomputer, der neben anderen rechenintensiven Aufgaben typischerweise für Grafikanwendungen, CAD, Softwareentwicklung sowie finanzwirtschaftliche und wissenschaftliche Anwendungen genutzt wird. Ein Computer muss den folgenden Anforderungen genügen, um als Workstation zu gelten:

- 1. Er wird als Workstation in Verkehr gebracht.*
- 2. Er verfügt über eine mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (Mean Time Between Failures – MTBF) von mindestens 15.000 Stunden auf der Grundlage von entweder Bellcore TR-NWT-000332, Ausgabe 6 von 12/97, oder von in der Praxis erhobenen Daten.*

² Manhart, A., Brommer, E., Prakash, S. (2010): PROSA Thin Clients – Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen, Studie im Rahmen des Projekts „Top 100 – Umweltzeichen für klimarelevante Produkte“, Öko-Institut e.V. 2010

³ Prakash, S., Brommer, E., Manhart, A. (2010b): PROSA Tragbare Computer – Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen, Studie im Rahmen des Projektes "Top 100 – Umweltzeichen für klimarelevante Produkte", Öko-Institut e.V. 2010

3. *Er unterstützt Fehlerkorrekturcode (ECC) und/oder Pufferspeicher.*

Außerdem muss eine Workstation drei der folgenden sechs fakultativen Eigenschaften besitzen:

1. *eine zusätzliche Stromversorgung für Hochleistungs-Grafikkarten (d.h. zusätzlicher Stromanschluss PCI-E 6-polig 12V);*
2. *zusätzlich zu Grafiksteckplätzen und/oder PCI-X-Unterstützung mehr als 4 PCI-E-Steckplätze auf der Hauptplatine;*
3. *Uniform Memory Access-Grafik (UMA) wird nicht unterstützt;*
4. *mindestens fünf PCI-, PCIe- oder PCI-X-Steckplätze;*
5. *Multiprozessorfähigkeit für zwei oder mehr Prozessoren (der Rechner muss konstruktiv getrennte Prozessorgruppen/-sockel unterstützen, d.h. nicht nur einen einzelnen Mehrkernprozessor) und/oder*
6. *Zulassung im Rahmen der Produktzertifizierungen von mindestens zwei unabhängigen Softwareherstellern; diese Zertifizierungen können im Gange sein, müssen jedoch innerhalb von drei Monaten nach der Zulassung abgeschlossen sein.“*

Vom Gesichtspunkt der Energieeffizienz weisen die Arbeitsplatzcomputer oft einen großen Mangel auf: Die Komponenten sind selten auf den individuellen Bedarf der Konsumenten zugeschnitten. Sie sind in der Regel überdimensioniert und verbrauchen unnötig Strom. Denn es gilt: Je leistungsstärker ein Computer ist, umso höher ist in der Regel auch sein Energieverbrauch. Aus diesem Grund empfiehlt das Verbraucherportal EcoTopTen (www.ecotopten.de) des Öko-Instituts, die Ausstattung des Computers auf die individuellen Nutzungsanforderungen zuzuschneiden. In EcoTopTen werden dafür drei Nutzergruppen unterschieden: (1) Einsteiger, (2) Multimedia-Nutzer und (3) Gamer.

Auf der Basis dieser Aufteilung können die Arbeitsplatzcomputer hinsichtlich ihrer notwendigen Leistungsfähigkeit unterschieden werden. Tabelle 1 zeigt am Beispiel eines Desktop-PCs, welche Ausstattung für die jeweilige Nutzergruppe sinnvoll wäre:

Tabelle 1 Ausstattung für unterschiedliche Nutzertypen

	Einsteiger	Multimedia-Nutzer	Gamer
Prozessor	Aktueller Doppelkern (z.B. 2.0 GHz)	Aktueller Doppelkern (z.B. 2,6 GHz)	Aktueller Doppel- oder Vierkern (z.B. 2,6 GHz)
Grafikchip (Speicher)	Onboard Grafik	Onboard Grafik (Für CAD-Anwendungen: Grafikkarte PCI Express mit 256 MB eigenem Speicher)	Karte PCI Express mit eigenem 512 MB Speicher
Hauptspeicher	2 GByte	4 GByte	4 GByte
Festplatte	250 GB SATA 7.200 U/min	320 GB SATA 7.200 U/min	500 GB SATA 7.200 U/min
Preis	300–500 Euro	500–750 Euro	750–1.000 Euro

Für den Einsatz von Desktop-PCs in Schulen eignet sich besonders die Klasse der kompakten „Billig-PCs“, die allgemein auch Nettops genannt werden. Nettops sind geeignet für einfache Aufgaben, insbesondere für den Internetzugang und Office-Anwendungen. Außerdem ermöglichen die Geräte weitere unkomplizierte Anwendungen, wie die Wiedergabe von Videos in Standardauflösung sowie die Darstellung und Bearbeitung von Bildern. In der Regel sind Nettops mit Intels Atom-Prozessor ausgestattet, haben 1 GByte Arbeitsspeicher, 160 GByte rotierende Festplatte oder 16 GByte Solid State Disk, Onboard-Grafik ohne eigenen Speicher und kein integriertes optisches Laufwerk (Prakash et al. 2010a)⁴.

Die Abgrenzung zwischen Nettops und anderen Desktop-PCs erfolgt sich am besten über das Gewicht und das Gehäusevolumen. Prakash et al. (2010a) schlagen folgende Abgrenzungsmerkmale für Nettops (ohne Bildschirm und Tastatur) vor:

- Gewicht (inklusive ggf. vorhandenem externen Netzteil < 5,0 kg,
- Gehäusevolumen < 5,0 l.

Außerdem empfehlen Prakash et al. (2010a) Abgrenzungsmerkmale für die integrierten Desktop-PCs, auch All-in-One-Nettops genannt:

- Gewicht (inklusive ggf. vorhandenem externen Netzteil) < 7,5 kg für Geräte bis einschließlich 20 Zoll Bildschirmdiagonale.
- Gewicht (inklusive ggf. vorhandenem externen Netzteil) < 10,0 kg für Geräte mit mehr als 20 Zoll Bildschirmdiagonale.

2 Markttrends

2.1 Verkaufszahlen

Trotz der weltweiten Wirtschaftskrise wurden 2009 weltweit rund 300 Millionen PCs verkauft (c't 4/2010), ein durchschnittliches Wachstum von ca. 4,0 % gegenüber dem Jahr 2008. Im ersten Quartal 2010 wurden weltweit 84,3 Millionen PCs verkauft. Im Vergleich zum Vorjahresquartal betrug die Wachstumsrate somit 27,4%⁵. Im zweiten Quartal 2010 wurden weltweit 82 Millionen PCs verkauft, ca. 14 Millionen mehr als im zweiten Quartal des vorigen Jahres⁶. Laut den Prognosen des Marktforschungsinstituts IDC sollen bis Ende 2010 weltweit 384,8 Millionen PCs abgesetzt werden. 2011 rechnen die Marktforscher weltweit mit

⁴ Prakash, S., Brommer, E., Gröger, J. (2010a): PROSA Kompakte Desktop Rechner (Nettops) – Entwicklung der Vergabekriterien für ein Klimaschutzbezogenes Umweltzeichen, Studie im Rahmen des Projektes "Top 100 – Umweltzeichen für klimarelevante Produkte", Öko-Institut e.V., Freiburg, 2010

⁵ Quelle: <http://www.pcgameshardware.de/aid,745316/PC-Markt-weltweit-im-Aufschwung/Komplett-PC/News/>

⁶ Quelle:
<http://www.pcgames.de/Markt-Misc-Hardware-133583/News/PC-Markt-waechst-um-ein-Fuenftel-764339/>

PC-Verkaufszahlen (in Stück) in Höhe von rund 405,9 Millionen, bis 2014 könnte der Markt auf 569,6 Millionen Stück steigen.⁷

Was den Anteil der stationären Arbeitsplatzcomputer am Gesamtcomputermarkt angeht, so wurden im ersten Quartal 2010 weltweit 34,9 Millionen stationäre Arbeitsplatzcomputer verkauft – immer noch 14,5 Millionen weniger als tragbare Computer im gleichen Zeitraum.⁸

In Deutschland stieg die Zahl der verkauften PCs im Jahr 2009 um 900.000 Stück auf 13,1 Millionen. Das entspricht einem Zuwachs von 8% im Vergleich zum Vorjahr 2008 (BITKOM 2009). Nach den Statistiken des Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) wurden im ersten Quartal 2010 in Deutschland ca. 2,23 Millionen PCs verkauft, was einen Zuwachs von knapp 17% im Vergleich zum selben Zeitraum im Jahr 2009 bedeutet (gfu, BVT, GfK 2010a). Der Anteil der Desktop-PCs am Gesamtverkauf aller PCs betrug nur ca. 20% im ersten Quartal 2010. In Absolutzahlen standen 440.000 Stück knapp 1,8 Millionen tragbaren Computern gegenüber (gfu, BVT, GfK 2010a). Verglichen mit den Stückzahlen der stationären Arbeitsplatzcomputer in Deutschland im ersten Quartal 2009 war ein Anstieg um 40 Millionen Stück im ersten Quartal 2010 festzustellen. Laut BITKOM hatten die stationären Arbeitsplatzcomputer im Jahr 2009 einen Anteil von ca. 34% am Gesamtverkauf der PCs in Deutschland (Abbildung 2).

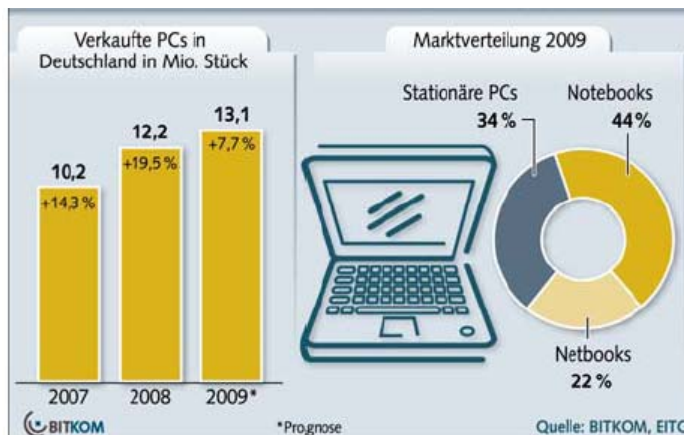


Abbildung 2 Verkaufte PCs in Deutschland (in Mio. Stück) (Quelle: BITKOM 2009)

Laut BITKOM wird der deutsche Markt durch den steigenden Absatz tragbarer Computer angetrieben, der im Jahr 2009 um 12,5% auf 8,7 Millionen Stück zulegte. Davon entfallen ein Drittel auf Netbooks (BITKOM 2009). Obwohl tragbare Computer die stationären Arbeitsplatzcomputer im Hinblick auf die Verkaufszahlen längst überholt haben, findet besonders

⁷ Quelle: <http://www.it-business.de/news/marktforschung/trends/studien/articles/269208>

⁸ Quelle: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Marktforscher-Rekordwachstum-auf-globalem-Notebook-Markt-1007390.html>

seit Mitte 2010 eine Renaissance der stationären Arbeitsplatzcomputer statt. Im ersten Quartal 2010 stieg im B2B-Segment die Nachfrage nach stationären Arbeitsplatzcomputern. Im B2C-Segment bestimmt die steigende Popularität der integrierten Desktop-PCs den wieder wachsenden Erfolg der stationären Arbeitsplatzcomputer.⁹ Der Markt für All-in-one-Computer soll 2010 um rund 63% wachsen – das sind 11 Millionen Geräte weltweit.¹⁰

Was die Verkaufszahlen von Workstations angeht, so liegen die Verkaufszahlen vom zweiten Quartal 2009 vor. Im zweiten Quartal 2009 erlebte der Workstation-Markt im Vergleich zum ersten Quartal 2009 ein Wachstum von 4,4%, in absoluten Zahlen von 576.700 auf 602.100 Stück. Die Umsätze stiegen dadurch leicht – um knapp 5% auf 1,16 Milliarden US-Dollar. Obwohl sich der Markt damit zu erholen schien, bedeuteten die Verkaufszahlen dennoch einen Einbruch um 31% im Vergleich zum Vorjahresquartal.¹¹

2.2 Umsatz

Der private Markt für Informationstechnologie zeigte im Jahr 2009 in Deutschland ein Umsatzwachstum von knapp 20% (gfu und GfK 2009).

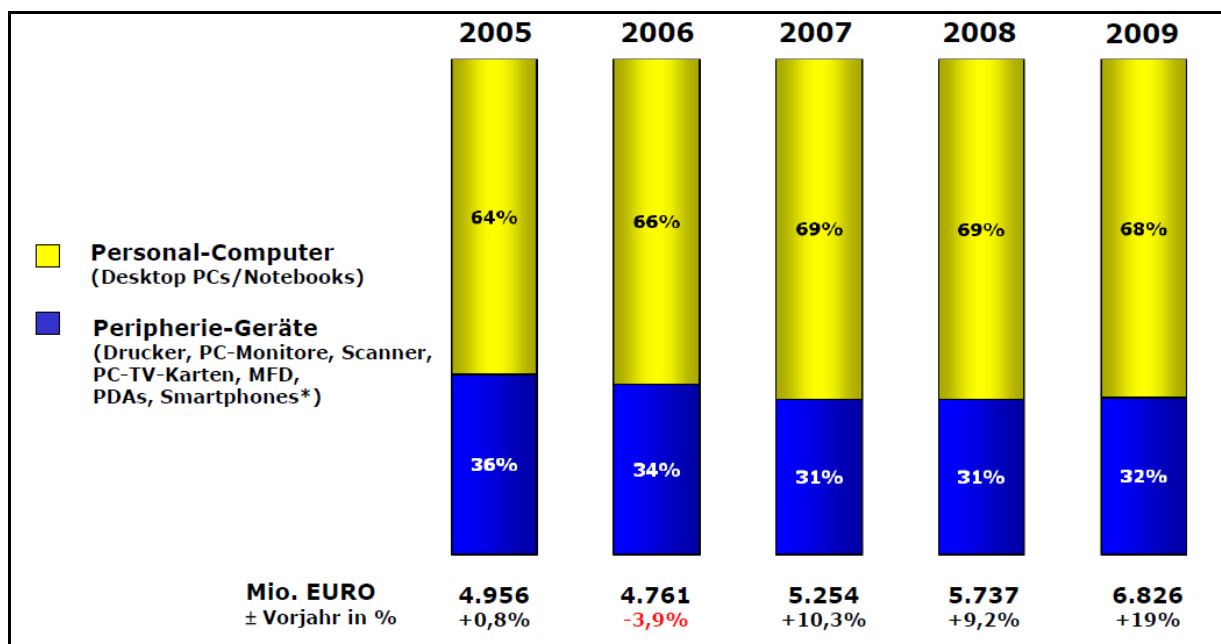


Abbildung 3 Umsatz Informationstechnologie (Privatkäufe in Deutschland) (Quelle: gfu und GfK 2009)

⁹ Quelle: <http://www.it-business.de/news/marktforschung/trends/studien/articles/269208>

¹⁰ Quelle: <http://www.macnews.de/news/27960/all-in-one-computer-apple-verliert-marktanteile/>

¹¹ Quelle: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Leichte-Erholung-im-Workstation-Markt-754769.html>

Wie Abbildung 3 zeigt, ist dieses Wachstum ausschließlich durch das Kerngeschäft mit Desktop-PCs und Notebooks geprägt. Die aktuellsten Umsatzzahlen des ersten Quartals 2010 weisen für stationäre Arbeitsplatzcomputer einen höheren prozentualen Anstieg der Umsätze als für tragbare Computer aus. Der Umsatz der Arbeitsplatzcomputer stieg im ersten Quartal 2010 um 18,1% im Vergleich zum ersten Quartal 2009, wobei der Umsatz der tragbaren Computer im selben Zeitraum nur um 5,3% zunahm (Tabelle 2).

Tabelle 2 Umsatz (Mio. Euro) Arbeitsplatzcomputer und tragbare Computer in Deutschland, Quartal 1/2009 und 1/2010 (Quelle: gfu, BVT und GfK 2010a)

	Umsatz [Mio. Euro]		
	Quartal 1/2009	Quartal 1/2010	+/- [%]
Arbeitsplatzcomputer	238	281	18,1%
Tragbare Computer	958	1.009	5,3%

Die Umsätze der Arbeitsplatzcomputer nahmen in Deutschland nach Ablauf des zweiten Quartals 2010 im Vergleich zum selben Zeitraum im Jahr 2009 um 14,6% zu. Der prozentuale Anstieg bei den Umsätzen der tragbaren Computer lag zum Ende des zweiten Quartals 2010 bei 6,4% im Vergleich zum selben Zeitraum im Jahr 2009 (Tabelle 3).

Tabelle 3 Umsatz (Mio. Euro) Arbeitsplatzcomputer und tragbare Computer in Deutschland, Quartal 1 und 2 / 2009 und 2010 (Quelle: gfu, BVT und GfK 2010b)

	Umsatz [Mio. Euro]		
	Quartal 1 und 2 / 2009	Quartal 1 und 2 / 2010	+/- (%)
Arbeitsplatzcomputer	437	501	14,6%
Tragbare Computer	1.731	1.842	6,4%

In absoluten Zahlen trugen die tragbaren Computer im ersten Quartal 2010 mit ca. 1 Milliarde Euro wesentlich zum Gesamtumsatz bei, wobei der Umsatz der Arbeitsplatzcomputer im selben Zeitraum nur 281 Millionen Euro betrug. Nach Ablauf des zweiten Quartals 2010 trugen die tragbaren Computer mit ca. 1,8 Milliarden Euro zum Gesamtumsatz bei, wobei der Umsatz der Arbeitsplatzcomputer im selben Zeitraum 501 Millionen Euro betrug.

2.3 Preise

Im Vergleich zum ersten Quartal 2009 stieg der Durchschnittspreis für Arbeitsplatzcomputer im ersten Quartal 2010 in Deutschland um 7,3%, von 595 Euro auf 639 Euro (gfu, BVT und GfK 2010a). Zum Ende des zweiten Quartals 2010 war der Preisanstieg im Vergleich zum selben Zeitraum im Jahr 2009 noch mehr zu spüren. So stieg der Durchschnittspreis nach

dem Ende des zweiten Quartals 2010 um 9,5% von 597 Euro auf 654 Euro (gfu, BVT und GfK 2010b).

Der Anstieg im Durchschnittspreis der Arbeitsplatzcomputer könnte einerseits auf die zunehmenden Verkaufszahlen von teureren integrierten Desktop-PCs zurückgeführt werden. Andererseits könnte auch die steigende Beliebtheit von Desktop-PCs aufgrund ihrer höheren Leistungsfähigkeit und größeren Arbeits- und Festplattenspeicherkapazitäten im Vergleich zu tragbaren Computern eine bedeutende Rolle spielen. Im Onlineportal www.ideal.de (Zugriff 02.12.2010) kostete ein bedeutender Anteil der integrierten Desktop-PCs mehr als 1.000 Euro. Neue Geräte mit berührungsempfindlichen Displays kosteten sogar über 2.000 Euro (c't 20/2009).

Im Gegensatz zum mobilen Bereich, wo der Preisrückgang zum größten Teil auf den Erfolg der billigen Netbooks zurückzuführen ist, haben sich im stationären Bereich die Billigvarianten „Nettops“, die in der Regel unter 300 Euro kosten, nicht durchsetzen können.

Der Preis eines Arbeitsplatzcomputers hängt stark von seiner Ausstattung ab. Leistungsstarke Desktop-PCs, z.B. mit einem Intel Core-i-Doppelkernprozessor, können über 1.000 Euro kosten. Beispielweise kostete ein von der Computerzeitschrift c't getesteter Desktop-PC für komplexe Spielanwendungen mit dem schnellsten Core-i-Doppelkern (Intel Core i7-860, 2,8 GHz), dem Grafikspeicher GeForce GTX 260 (1792 MByte), 8 GByte Arbeitsspeicher (erweiterbar bis 16 GByte) und einer 1 TByte Festplatte (SATA, 5400 U/min, 32 MByte) knapp 1.300 Euro (c't 25/2009). Ein typischer Desktop-PC mit einem Quad-Core-Prozessor, 1,5 TByte Festplattenkapazität, 4 GByte RAM sowie DirectX-11-Grafikkern ist bereits ab 500 Euro erhältlich (c't 19/2010).

2.4 Hersteller

Im dritten Quartal 2009 lag Acer mit einem Marktanteil von 27% (nach Stückzahlen) in Deutschland an der Spitze der PC-Hersteller. Es folgten Hewlett-Packard mit 15% und Fujitsu mit 8,1%. Auf Platz vier und fünf befanden sich Asus (7,7%) und Dell (6,9%) (c't 4/2010).

Weltweit lag Hewlett-Packard im zweiten Quartal 2010 an der Spitze des PC-Marktes, gefolgt von Dell und Acer auf Platz zwei und drei (Tabelle 4).

Tabelle 4 Marktanteil PC-Hersteller im zweiten Quartal 2010¹²

PC-Verkäufe weltweit, 2. Quartal 2010					
Hersteller	Stückzahl Q2/10	Marktanteil Q2/10	Stückzahl Q2/09	Marktanteil Q2/09	Veränderung
HP	14,765	18,1%	13,154	19,7%	12,2%
Dell	10,616	13,0%	8,910	13,4%	19,1%
Acer	10,238	12,6%	8,475	12,7%	20,8%
Lenovo	8,344	10,2%	5,665	8,5%	47,3%
Toshiba	4,343	5,3%	3,441	5,2%	26,2%
Asus	4,318	5,3%	2,352	3,5%	83,6%
Andere	28,880	35,4%	24,611	36,9%	17,3%
Gesamt	81,505	100%	66,608	100%	22,4%
Quelle: IDC, Angaben in Millionen Stück					

Im Bereich der Billig-PCs (Nettops) hat sich eine Reihe weiterer Hersteller etabliert: Neben Asus, Acer, Dell und Fujitsu gewinnen hier auch weniger bekannte Hersteller wie MSI, Shuttle, Christmann, Medion und Wortmann an Bedeutung (Prakash et al. 2010a).

Einige Hersteller, wie TriGem (Serie Averatec), aber auch Asus (Serie Eee Top) und MSI (Serie NetOn, WindTop), haben auf den Spuren von Apple iMacs die ersten All-in-One-PCs nach Deutschland gebracht (Prakash 2010a). Gefolgt sind Acer (Serie Aspire), Lenovo (Serie Idea Centre) und Medion (Serie The Touch), die den Markt der All-in-One-PCs ankurbeln.

2.5 Bestand in deutschen Haushalten

Die Zahlen des Statistischen Bundesamtes Deutschland belegen, dass im Jahr 2009 in Deutschland 62,9% aller privaten Haushalte über mindestens einen stationären Arbeitsplatzcomputer verfügen.¹³ Dieser *Ausstattungsgrad* hat sich in den letzten drei bis vier Jahren nur marginal verändert. Was den *Ausstattungsbestand* der privaten Haushalte in Deutschland angeht, also die Anzahl der in den Haushalten vorhandenen Arbeitsplatzcomputer, so sind pro 100 Haushalte etwa 81,2 stationäre Arbeitsplatzcomputer vorhanden (www.destatis.de). In den ca. 40 Millionen Haushalten in Deutschland (www.destatis.de) gab es 2009/2010 knapp 32,5 Millionen stationäre Arbeitsplatzcomputer.

¹² Quelle: <http://www.heise.de/resale/meldung/PC-Markt-waechst-im-zweiten-Quartal-deutlich-1038479.html>

¹³ Anzahl der Haushalte, in denen entsprechende Gebrauchsgüter vorhanden sind, bezogen auf hochgerechnete Haushalte der jeweiligen Spalte (Ausstattungsgrad je 100 Haushalte).

3 Technologietrends

3.1 Prozessor

Im allgemeinen Sprachgebrauch ist mit „Prozessor“ meist der Zentralprozessor (CPU = Central Processing Unit) eines Computers gemeint, also das funktionale Kernstück eines elektronischen Rechners, das heute normalerweise auf einem Mikrochip integriert ist. Zu den zentralen Aufgaben des Prozessors gehören arithmetische und logische Operationen, das Lesen und Schreiben von Daten im Arbeitsspeicher sowie die Steuerung und Verwaltung der Peripheriegeräte. Damit ist der Prozessor das rechnende Herzstück des Computers und maßgeblich für die Leistung (Stiftung Warentest 08/2010).

Obwohl tragbare Computer mittlerweile eine vergleichbare Prozessorleistung wie stationäre Arbeitsplatzcomputer bieten und ihre Verkaufszahlen und der Umsatz mit ihnen aufgrund vieler Vorteile wie Mobilität, Design usw. deutlich höher ist als bei stationären Arbeitsplatzcomputern, bevorzugen manche Zielgruppen immer noch stationäre Arbeitsplatzcomputer. Eine Umfrage der Computerzeitschrift c't belegte, dass die Leser von c't bei einem Neukauf im vierten Quartal 2009 auf Desktop-PCs mit leistungsfähigen Vierkernprozessoren zurückgriffen (04/2010).

Andererseits werden immer noch viele Doppelkernprozessoren, die für die meisten Anwendungen eine ausreichende Rechenleistung anbieten, in stationären Arbeitsplatzcomputern eingesetzt. In manchen Fällen werden sie mittels Hyper-Threading¹⁴ zu Mehrkernprozessoren erweitert. Beispielweise haben die neuen Core i5 Prozessoren zwei Kerne plus Hyper-Threading, das heißt zusätzlich zwei virtuelle Kerne, damit vier Threads¹⁵ parallel ausgeführt werden (c't 25/2009a). Der Vorteil dieser Prozessoren ist, dass Hintergrunddienste, wie z.B. Virens Scanner, die im Vordergrund laufenden, rechenintensiven Programme viel seltener bremsen als die Vorgängergeneration der Core 2 Duo Prozessoren. Bei Core i5 Prozessoren gibt es ein so genanntes Turbo Boost, das die Taktfrequenz eines Kernels in mehreren Stufen erhöhen kann, solange der zweite Kern und die Grafikeinheit weniger belastet sind (c't 25/2009a). Beispielweise taktet ein Core i5 im Standardbetrieb alle vier Kerne mit 2,66 GHz. Wenn aber der Kühler ausreichend dimensioniert ist, sind mit Turbo Boost sogar 2,8 GHz möglich. Bei abgeschalteten Kernen kann die Taktfrequenz der laufenden Kerne auf bis zu

¹⁴ Das Hyper-Threading (HT) dient der Beschleunigung von Rechnerprozessen. Bei dieser von Intel entwickelten Technologie wird ein Prozessor in zwei virtuelle Prozessoren geteilt, die unabhängig voneinander gleichzeitig unterschiedliche Rechenoperationen durchführen können. Sie arbeiten parallel wie ein Doppelkernprozessor, müssen sich aber das Ein-/Ausgabesystem teilen.

¹⁵ Threads sind eigenständige Aktivitäten in einem Prozess, die unabhängig von anderen Prozessteilen abgewickelt werden. Jeder Thread ist ein Verarbeitungsstrang und besitzt einen eigenen Prozesskontext, wie jeder andere Betriebssystemprozess auch. Es gibt Threads mit höherer und niedriger Priorität, wobei Threads mit höherer Priorität solche mit niedriger Priorität auslösen können. Ebenso können untergeordnete Threads weitere Threads starten. Werden mehrere Threads parallel ausgeführt, spricht man vom Multithreading.

3,2 GHz steigen (c't 25/2009a; c't 25/2009b). Die Core i7 Vierkernprozessoren können mittels Hyper-Threading sogar bis zu acht echte Rechenkerne auf bis zu 3,46 GHz takten (c't 25/2009b). Ein weiterer Vorteil der Turbo-Boost-Technologie ist die Reduzierung der Abwärme (Thermal Design Power), da die abgeschalteten Kerne keine Wärme produzieren. Aus diesem Grund kann es sogar besser sein, sich für einen hoch getakteten Doppelkernprozessor zu entscheiden als für einen Vierkernprozessor, bei dem nicht alle Kerne Anwendung finden.

Neue Entwicklungen im Prozessorenbereich gehen aber noch einige Schritte weiter: über zwei Vierkernprozessoren mit 2,4 GHz bis hin zu zwei Sechskernprozessoren mit 2,66 GHz bzw. 2,93 GHz. Kombinationen aus einem Vierkern- und einem Sechskernprozessor ermöglichen sogar noch höhere Taktraten (c't 17/2010).

Im Bereich der Billig-PCs (Nettops) kommen häufig Atomprozessoren wie Intel Atom 230, Intel Atom N270 (Mobilprozessor) und Intel Atom 330 (Doppelkern) zum Einsatz. Diese laufen mit jeweils mit einer Taktfrequenz von 1,6 GHz und brauchen eine sehr geringe Thermal Design Power von lediglich 2,4–8 W (Prakash et al. 2010a). Was die Rechenleistung angeht, so bietet ein Atomprozessor ausreichende Rechenleistung für Büroanwendungen, Internet-surfen, einfache Bildbearbeitung und die Wiedergabe von Videos in Standardauflösung (Prakash et al. 2010a; c't 25/2009c). Für komplexere Anwendungen wie 3-D Spiele oder HD-Videos sind PCs mit Atomprozessoren dagegen nicht geeignet.

Die Weiterentwicklung des Atomprozessors, auch als Pine Trail Plattform bekannt, kombiniert den Prozessor PineView und den Chipsatz Tiger Point und bringt Speicher-Controller und Grafikkern im Prozessor unter, sodass eine Northbridge entfällt und der Chipsatz nur noch aus der Southbridge besteht. Diese Integration hat außerdem den Vorteil, dass die Leistungsaufnahme der Komponenten sinkt, weil sie im gleichen 45-nm-Prozess wie der Kern gefertigt sind. Die maximale Leistungsaufnahme der Plattform soll von bisher 8 auf 7 W sinken und die Wärme soll sich einfacher ohne Lüfter abführen lassen (c't 04/2009).

In der Umfrage der Computerzeitschrift c't bilden die Intel-Atom-Prozessoren einen sehr geringen Anteil (< 3%) aller Prozessoren, die in den von den Befragten neu gekauften Desktop-PCs eingesetzt werden (c't 04/2010).

3.2 Grafikkarte

Die Grafikkarte gehört mit dem Prozessor zu den größten Stromfressern in einem PC. Die Grafikkarte ist eine Erweiterungssteckkarte, die auf das Motherboard eines Rechners gesteckt wird und die Informationen in sichtbare und verständliche Zeichen, Grafiken und Bilder umsetzt, die auf einem Monitor dargestellt werden können. Über den Steckplatz empfängt die Grafikkarte, die im Wesentlichen aus dem Grafikprozessor und dem Grafikspeicher besteht, die bereitgestellten Informationen, die sie verarbeitet und an den angeschlossenen

Monitor überträgt. Die Grafikkarte arbeitet dabei in der Regel unabhängig von der Zentraleinheit (CPU) auf der Hauptplatine.¹⁶

Entscheidend für die beabsichtigte Nutzung der Grafikkarte ist die so genannte Frame-Rate. Spiele, bei denen schnelle Bewegungen der Augen und der Kameras vorkommen, sollten mit einer Grafikkarte mit über 30 Frames pro Sekunde (fps) durchgeführt werden, um einen Bildaufbau ohne Störungen zu ermöglichen (c't 05/2010). Für einfache Spiele wie Strategie- und Rollenspiele sowie Solitäre reichen auch geringere Frame-Rates. Wichtig ist außerdem die Bildwiederholrate der Bildschirme. Frame-Rates über 60 fps werden von den wenigsten Bildschirmen angezeigt, da die Berechnung der Bilder pro Sekunde durch die Grafikkarte stark von der Zahl der darzustellenden Pixel abhängt. In vielen Spielen wird daher die Frame-Rate auf die Bildwiederholrate des Bildschirms limitiert, um Darstellungsfehler¹⁷ zu vermeiden (c't 05/2010).

Für reine 2D-Anwendungen sowie allgemeine Büroapplikationen oder Videobearbeitung reicht in der Regel Onboard-Grafik völlig aus. Bei neuen Entwicklungen der Onboard-Grafik, werden in so genannten Kombiprozessoren CPU- und GPU-Kerne auf demselben Siliziumchip integriert. Das führt nicht nur zu geringeren Kosten bei der Herstellung von CPU und GPU, sondern ermöglicht auch neue Stromsparfunktionen (c't 18/2010).

Obwohl fast alle aktuellen Doppelkernprozessoren genügend Rechenleistung liefern, um hoch aufgelöste Videos (auch Blu-ray-Disks) wiederzugeben, bieten Grafikkarten mit Beschleunigungsfunktion oft eine bessere Qualität und haben zudem eine niedrigere Leistungsaufnahme (c't 25/2009b). Für grafisch aufwendige 3D-Spiele ist eine externe leistungsfähige Grafikkarte unerlässlich.

Was den Grafikspeicher angeht, reichen 512 MByte GDDR5-RAM für Spiele völlig aus. Die 1 GByte DDR3-SDRAMs sind überflüssig und für die allermeisten Spiele unnötig.

3.3 Anschlüsse für Grafikkarten

Mit DisplayPorts, eine Nachfolgeentwicklung des DVI-Anschlusses¹⁸, lassen sich nicht nur Monitore mit mehr als 1.920×1.200 Pixel anschließen, sondern gleichzeitig auch Monitore mit höheren Bildwiederholraten oder professionelle Displays mit einer Auflösung von 10 statt 8 Bit pro RGB-Farbkanal (c't 18/2010). Dadurch sollen komplexe Spielanwendungen, bei

¹⁶ Definition: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Grafikkarte-graphics-card.html>

¹⁷ Ein typischer Darstellungsfehler ist „Tearing“. Er entsteht, wenn, noch während die Frame-Buffer-Einheit ein Bild – von oben nach unten – aus dem Speicher an den Bildschirm überträgt, die Recheneinheiten denselben Speicher mit dem nächsten Bild überschreiben. Unter Umständen passt der obere Bildteil nicht zum unteren (c't 05/2010).

¹⁸ Digital Visual Interface (DVI) ist eine elektronische Schnittstelle zur Übertragung von Videodaten. Im Computerbereich hat sich DVI zu einem Standard für den Anschluss von TFT-Monitoren an die Grafikkarte eines Computers entwickelt.

denen schnelle Bewegungen der Augen und der Kameras vorkommen, in hoher Qualität und ohne Darstellungsfehler ermöglicht werden.

3.4 Festplatten

Magnetfestplatten mit 2 TByte sind mittlerweile keine Seltenheit mehr. In naher Zukunft sollen die ersten Festplatten mit 3 TByte auf den Markt kommen (c't 18/2010). Festplatten mit 1,5 oder 2,0 TByte rotieren 5.400 oder 5.900 Mal pro Minute, wobei die üblichen SATA-Festplatten im 3,5-Zoll-Format bis zu 7.200 Mal pro Minute rotieren können. Letztere erreichen höhere Datentransferraten von 120 MByte/s und kürzere Zugriffszeiten. Höhere Datentransferraten zwischen Mainboard und Festplatte lassen sich mit SATA-6G-Interface realisieren. Theoretisch sind damit 600 MByte/s an Nutzdaten übertragbar (c't 18/2010).

Die 3-TByte-Festplatten erreichen Datentransferraten von ca. 153 MByte/s (c't 21/2010). Da aber in diesen Festplatten fünf Magnetscheiben rotieren, haben sie eine vergleichsweise höhere Leistungsaufnahme, die bei Lese- und Schreibzugriffen mehr als 11 W betragen kann (c't 21/2010).

Solid-State-Disks, kurz SSD, auch Festkörperlaufwerke genannt, die im Gegensatz zu konventionellen Festplatten keine rotierende Scheibe oder andere bewegliche Teile enthalten, lesen mit rund 200 MByte/s und schreiben mit über 100 MByte/s (c't 25/2009d). Die aktuellsten SSDs erreichen sogar Transferraten von mehr als 300 MByte/s bei Rechnern mit 6-GBit/s Serial-ATA-Anschlüssen (c't 12/2010). Ein großer Vorteil der SSDs liegt in ihren kurzen Latenzzeiten (um bis zu Faktor 500 kürzer als bei Magnetfestplatten), d.h. SSDs können unter Umständen 30.000 zufällige Zugriffe pro Sekunde beantworten, während normale Desktop-PC-Festplatten nur 150 zufällige Zugriffe pro Sekunde schaffen (c't 18/2010).

Ein großer Nachteil von SSDs liegt in ihrem teuren Anschaffungspreis. In der Regel kostet eine SSD mit 256 GByte rund 600 Euro, eine 128-GByte-SSD rund 300 Euro (Prakash et al. 2010b). Eine SSD mit 512 GByte kostet sogar 1.200 Euro (c't 18/2010). Eine konventionelle Festplatte mit 500 GByte kostet dagegen weniger als 80 Euro. Aufgrund ihres hohen Preises werden SSDs derzeit entweder nur in sehr kleinen Ausführungen angeboten oder nur im Premiumsegment eingesetzt.

3.5 Schnittstellen

Zurzeit sind USB-2.0-Schnittstellen, die eine flexible Anschlussmöglichkeit für diverse Peripheriegeräte bieten, am weitesten verbreitet. In naher Zukunft sollen jedoch die ersten Mainboard-Chipsätze mit integrierter USB-3.0-Schnittstelle auf den Markt kommen. USB 3.0 erreichen Bruttodatentransferraten von bis zu 5 GByte/s, etwa 10-mal mehr als USB 2.0.

Dadurch wäre man nicht mehr auf PCI-Express-Steckkarten (PCIe-Steckkarten)¹⁹ oder Zusatzchips angewiesen, um Super-Speed-Modi zu nutzen (c't 18/2010). Außerdem könnten die hohen Datentransferraten der USB 3.0 den Speichervorgang auf größere 2- bis 3-TByte-Festplatten beschleunigen.

Spätestens Ende 2011 könnten außerdem erste Grafikchips mit PCI Express 3.0 auf den Markt kommen, die im Vergleich zu PCIe 2.0 höhere Datentransferraten aufweisen. Beispielsweise könnte ein PEG-Steckplatz²⁰ mit 16 PCIe-Lanes Daten mit 16 GByte pro Transferrichtung übertragen (c't 18/2010).

3.6 All-in-One-PCs (Integrierte Desktop-PCs)

Die Nachfrage nach All-in-One-PCs, bei denen Display und Computertechnik eine Einheit bilden, erfährt zurzeit rapides Wachstum. Während fast alle in Deutschland verkauften All-in-One-PCs mit Intel-Prozessoren bestückt sind, gibt es in Asien und den USA auch Geräte mit Prozessoren der Firma AMD (c't 08/2009).

Bei All-in-One-PCs sitzt die PC-Technik entweder hinter dem Display oder in einem Notebook-förmigen Gerätefuß. Aus dem Gerätefuß ragt ein Haltearm mit zwei Gelenken heraus, der das Display trägt (c't 25/2008). Damit kann man das Display flach über den Gerätefuß klappen. All-in-One-PCs gibt es mit oder ohne Touchscreen-Bedienung.

All-in-One-PCs sind deutlich teurer als normale PCs, wobei natürlich berücksichtigt werden muss, dass bei diesen Modellen der Bildschirm schon im Preis enthalten ist. Während Modelle wie der Apple iMac und die HP's Touchsmart-Serie zwischen 1.000 und 1.500 Euro kosten, liegen die einfacher ausgestatteten All-in-One-PCs unter 1.000 Euro.

Was die Größe des integrierten Displays angeht, variieren die Geräte zwischen 15,6 und 18,5 Zoll. Die meisten All-in-One-PCs enthalten LED-hinterleuchtete 16:9-Panels mit vergleichbarer Bildqualität. Beim Asus Eee Top ET1603 liegt die Pixelzahl bei 1.366 × 768, beim Averatec A1 bei 1.680 × 945 (c't 25/2008). Die neueren Generationen weisen allerdings oft größere Displays von 21,5–24 Zoll auf. Auch die Pixelzahl liegt bei den neueren Modellen bei 1.920 × 1080, ist also gut geeignet für HD-Videos.

¹⁹ Der PCI-Express (PCIe) ist eine Weiterentwicklung des parallelen PCI-X-Busses hin zu seriellen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Dabei erfolgt die Datenübertragung über so genannte Lanes.

²⁰ Mit bidirektionalen Datentransferraten von bis zu 4 GB/s gehört die PEG-Schnittstelle (PCI Express for Graphics) zu den leistungsstarken Schnittstellen für Grafikkarten. Es handelt sich dabei um ein PCI-Express x16 Interface mit 16 Lanes.

3.7 Ersatz durch tragbare Computer

Generell kann beobachtet werden, dass stationäre Computer zunehmend durch tragbare Computer mit größeren Displays (16 und 17 Zoll) und leistungsstarker Ausstattung ersetzt werden. Das größere Gehäuse solcher tragbaren Computer bietet Platz für viele Schnittstellen, schnelle Prozessoren, Gaming-taugliche Grafikchips und ergonomische Tastaturen. Außerdem gibt es mittlerweile tragbare Computer mit farbkraftigen Displays im filmfreundlichen 16:9-Format, mit zwei Festplatten, üppigem Arbeitsspeicher, Vierkernprozessor, Blu-ray-Laufwerk und hochwertigen Lautsprechern (c't 21/2009).

Die Spitzengeräte bringen bereits eine Displayauflösung in der Größenordnung von 1.920×1.080 oder sogar 1.920×1.200 Pixel und eine Displayhelligkeit von bis zu 260 cd/m^2 und liefern damit bessere Farben als die meisten externen Monitore (c't 21/2009). Die Tastaturen mit 19×19 -mm-Raster liegen im selben Bereich wie die meisten Desktop-Tastaturen. Außerdem haben viele Geräte eSATA-Buchsen für den schnellen Datenaustausch mit externen Festplatten (c't 21/2009).

Bei der Rechenleistung ist für Normalanwender fast kein Unterschied zwischen stationären und tragbaren Computern zu spüren. So sind viele tragbare Computer mit leistungsstarken Zwei- bis Vierkernprozessoren (Core i-Familie oder auch Core 2 Duo) und spieltauglichen Grafikchips (z.B. Nvidia GeForce GTX 260M) ausgestattet. Allerdings sind solche schnellen 3D-Chips im Vergleich zu denen der stationären Computer immer noch nur Mittelklasse. Die Chipsatzgrafik, wie sie in tragbaren und vielen stationären Computern zu finden ist, reicht für die typischen Büro- und Multimedia-Anwendungen einschließlich der Wiedergabe von HD-Videos sowie Bildbearbeitung und Videoschnitt jedoch völlig aus (c't 25/2009e).

Geräuschemissionen leistungsstarker tragbarer Computer liegen in derselben Größenordnung wie bei durchschnittlichen stationären Computern (in der Regel 2,0 Sone). Die von der Computerzeitschrift c't getesteten sieben tragbaren 16- bis 17-Zoll-Computer wiesen unter Prozessorlast Geräuschwerte zwischen 1,2 und 1,8 Sone auf (c't 21/2009).

Was den Stromverbrauch angeht, gilt generell, dass stationäre Computer in der Regel rund 70% mehr Strom verbrauchen als tragbare Computer vergleichbarer Leistung und Ausstattung (Quack et al. 2010).

3.8 Auf- und Nachrüstung

Ein großer Vorteil stationärer Computer wie z.B. Desktop-PCs gegenüber tragbaren Computern liegt in den besseren Möglichkeiten der Auf- und Nachrüstung. Bei tragbaren Computern lassen sich in den meisten Fällen höchstens Festplatte und Arbeitsspeicher wechseln. Bei Desktop-PCs können darüber hinaus auch optische Laufwerke, Grafikkarten, Prozessoren und das gesamte Mainboard viel leichter gewechselt bzw. aufgerüstet werden als bei tragbaren Computern.

Allerdings sind die Austausch- und Aufrüstungsmöglichkeiten bei kompakten stationären Computern wie Nettops und bei All-in-One-PCs genauso begrenzt wie bei tragbaren Computern wie Notebooks.

Auf- und Nachrüstung sind geeignete Methoden, die Lebensdauer eines Computers zu verlängern. So lässt sich eine ganze Reihe von Geräten und Modulen über USB-Schnittstellen anschließen: Cardreader, Soundkarte, externe Festplatte, Digitalkamera, TV-Tuner etc. Auch mit Hilfe von den schnelleren eSATA-Schnittstellen können viele Geräte angeschlossen werden. Außerdem haben viele tragbare Computer Mini-Card-Steckplätze, die zum Anschließen von WLAN- und UMTS-Modulen benutzt werden können.

3.9 Netzteile

Netzteile dienen der Stromversorgung von Computern. Diese so genannten Schaltnetzteile wandeln den Wechselstrom aus der Steckdose in Gleichstrom um und verteilen den Strom auf verschiedene Kabel mit unterschiedlicher Spannung.

Damit der Computer einwandfrei funktioniert, muss das Netzteil ausreichend dimensioniert sein. Für Büro-PCs bspw. sind laut Computerbild Netzteile mit einer Nennleistung von 300 W ausreichend, Gamer-PCs benötigen hingegen Netzteile mit mindestens 400 W (Computerbild 2010). Laut der Zeitschrift c't sind die Netzteile in der Praxis jedoch häufig überdimensioniert, was zu einem höheren Stromverbrauch führt (c't 05/2010). Um nicht unnötig Geld für ein überdimensioniertes Netzteil zu investieren, empfiehlt die Zeitschrift c't den Power Supply Calculator von Enermax. Da Netzteile auch Strom verbrauchen, wenn kein Computer angeschlossen ist, sind insbesondere der Wirkungsgrad sowie die Betriebs- oder Standby-Verluste zu beachten. In Ausgabe 03/2010 hat die Zeitschrift c't verschiedene Netzteile daraufhin getestet.

Außer hinsichtlich ihrer Leistung unterscheiden sich Netzteile hinsichtlich ihrer Baugröße, ihres Wirkungsgrades und ihres Geräuschpegels. Je nach Einsatzzweck werden Netzteile in verschiedenen Bauformen angeboten. Passive Netzteile haben keinen Lüfter zur Wärmeabfuhr, sondern sind mit einem Rippenkühler ausgestattet. Semipassiv Netzteile verfügen zwar über einen Lüfter, dieser schaltet sich jedoch erst dann ein, wenn im Netzteil eine sehr hohe Temperatur herrscht. Am gängigsten sind die so genannten aktiven Netzteile, in denen ein Lüfter eingebaut ist. Unterschiede gibt es auch beim Format. Am weitesten verbreitet bei Arbeitsplatzcomputern ist das ATX-Format (Advanced Technology Extended) sowie damit verwandte Formate wie z.B. SFX und TFX.

3.10 Thin Clients

Thin Clients sind Computerendgeräte, deren Hardwareausstattung im Vergleich zum PC bewusst reduziert ist und die im Wesentlichen der Ein- und Ausgabe von Daten dienen. Die

eigentliche Datenverarbeitung erfolgt auf einem zentralen Server, auf welchen der Thin Client zugreift (UBA 2009). Thin Clients sind deutlich kleiner als klassische Desktop-PCs und enthalten in der Regel keine beweglichen Teile wie Festplatte oder Lüfter. Dieses Kriterium wird vielfach zur Abgrenzung von anderen Desktop-PCs benutzt. Aufgrund ihrer kompakten Bauweise enthalten die Gehäuse von Thin Clients oft kein internes Netzteil; die Stromversorgung der Geräte geschieht also mit einem externen Netzteil (Manhart et al. 2010).

Thin Clients bieten in Firmen und Verwaltungen (z.B. Schulen, Universitäten etc.) durch Desktop-Virtualisierung und mit dem Einsatz vom Server-Based-Computing²¹ gute Möglichkeiten, die Materialeffizienz von IKT-Geräten nachhaltig zu verbessern. Außerdem sind Thin-Client-Lösungen (inklusive Serveranteil) bei Berücksichtigung aller Produktlebensphasen (Herstellung, Distribution, Nutzung, Entsorgung / Recycling) im Vergleich zu stationären PC-Lösungen mit rund 50% weniger Treibhausemissionen verbunden (Fraunhofer UMSICHT 2008). Nicht zuletzt liegen die Betriebskosten von Thin Clients und Server-Based-Computing deutlich niedriger als bei vergleichbaren Desktop-PC-Systemen. Prangenberg (2007) errechnet Einsparungen von bis zu 60% bei den Betriebskosten im Gegensatz zu vergleichbaren PC-Systemen. Durch die aktuellen technischen Fortschritte beim Server-Based-Computing, insbesondere durch das Konzept der Desktop-Virtualisierung (VDI – Virtual Desktop Infrastructure) können die Anwender über Thin Clients auf ihre persönlichen virtuellen Einzelrechner im Rechenzentrum zugreifen, ihnen bleibt der individuelle „Personal Computer“ mit seinen Einstellungen und Programmen erhalten (BITKOM 2008; UBA 2009).

Server-Based-Computing bietet außerdem Vorteile hinsichtlich der Materialeffizienz. Mit Hilfe dieses Konzeptes ist es grundsätzlich möglich, neben Thin Clients auch andere Endgeräte einzusetzen, die über deutlich geringere Rechenleistungen als aktuelle PCs verfügen. Somit können Endgeräte wie Netbooks, Kompakt-PCs oder auch ältere PCs und Laptops eingesetzt werden. Bislang wurden PCs in der Regel nicht deshalb ersetzt, weil sie nicht mehr funktionsfähig waren, sondern weil die Anforderungen der Betriebssysteme und Anwendungen an die Hardware so stark gestiegen waren, dass ihre Leistungsfähigkeit nicht mehr ausreichte. Wird die Rechenleistung in das Rechenzentrum verlagert und damit das Endgerät entlastet, kann die Nutzungsdauer leistungsschwächere Endgeräte deutlich verlängert werden. Eine notwendige Leistungssteigerung kann im Rechenzentrum wesentlich effizienter als am Endgerät erreicht werden – bei einer konservativ angenommenen Zahl von nur 20 Clients pro Server kann davon ausgegangen werden, dass der Austausch eines einzelnen Servers sicher materialeffizienter ist (UBA 2009).

²¹ Server-Based-Computing (SBC): Zentrale Bereitstellung von Anwendungen auf leistungsfähigen Servern. SBC erlaubt es, mit Thin Clients oder anderen Endgeräten Anwendungen zu nutzen, die in einem zentralen Application Server ablaufen. Die Thin Clients / PCs werden dabei als Endgeräte (Terminals) verwendet, die im Wesentlichen der Eingabe und Ausgabe von Daten (über Tastatur, Maus und Monitor) dienen (UBA 2009).

3.11 HDMI-Audioausgabe

HDMI (High Definition Multimedia Interface) ist eine Schnittstelle zur digitalen Übertragung von Audio- und Videodaten. Die digitale Übertragung verhindert Qualitätsverluste, die bei der Digital-Analog-Wandlung unvermeidbar waren. Seit 2003 die erste HDMI-Version vorgestellt wurde, erfolgten bereits einige Überarbeitungen des Standards. Die aktuelle HDMI-Version ist 1.4a (März 2010). Neben der Übertragung von Formaten wie Dolby TrueHD und DTS-HD unterstützt Version 1.4a auch die 3D-Wiedergabe und hat einen integrierten Fast-Ethernet-Kanal. Die Datenübertragungsrate bleibt mit 10,2 GBit/s unverändert.

Laut c't 04/2010 geben jedoch nicht alle Computer, die über einen HDMI-Anschluss verfügen, den Surround-Sound aus, was an der Kombination der Hardware mit dem jeweiligen Software-Player liegt. Computer mit einer Nvidia-Grafikkarte oder mit älteren Onboard-Grafiksystemen können nach Angaben von c't 04/2010 mittels einer HDMI-Soundkarte aufgerüstet werden. Aber auch ohne Soundkarte kommt man in den Genuss des digitalen Surround-Sounds, bspw. mit einer AMD-Grafikkarte der Radeon-5000-Serie oder mit einem Mainboard mit Intels Chipsätzen H55/H57/Q57. Laut Testergebnis der c't 4/2010 können die jüngsten AMD-Grafikkarten alle Tonsignale in 7.1-PCM²² ausgeben, soweit der AV-Receiver kompatibel ist. Für die BD-Wiedergabe werden spezielle Software-Player benötigt (PowerDVD 9 Ultra oder TotalMedia Theatre 3 Platinum). Mit den Chipsätzen von Intel wird der Ton mit allen derzeit erhältlichen BD-Software-Playern als 7.1-PCM ausgegeben, allerdings nur in 16 Bit. Für die Bitstream-Ausgabe von TrueHD und DTS-HD MA benötigt man entweder PowerDVD 9 Ultra oder WinDVD 2010 pro.

3.12 Media Centre PCs

Seit ihren Anfängen, als Arbeitsplatzcomputer in erster Linie als Schreib- und Rechenmaschinen genutzt wurden, hat sich ihr Einsatzgebiet stetig erweitert und es kamen Unterhaltungselemente und Multimedia-Anwendungen dazu. Mittlerweile lassen sich mit einem Media Centre PC verschiedene Formate wie Musik, DVD, Blu-ray, Videospiele etc. abspielen und verwalten, was einen Zusammenschluss der klassischen Hi-Fi-Geräte ermöglicht. Media Centre PCs sind kompakte Desktop-PCs mit Prozessoren im mittleren bis oberen Leistungsbereich und Festplatten mit großer Kapazität. Zudem sind sie mit CD-ROM-, DVD-Laufwerken sowie einer Fernbedienung ausgestattet. Im Gegensatz zu herkömmlichen Arbeitsplatzcomputern sind sie außerdem gekennzeichnet durch eine bessere Grafik- und Audioleistung und eine bessere Netzwerkfähigkeit (Media-Center 2010²³).

Um im Wohnzimmer nicht zu stören, sollten Media Centre PCs vor allem kompakt und leise sein. Die Computerzeitschrift c't hat verschiedene kompakte Geräte auf ihre Gebrauchstaug-

²² PCM steht für Pulse Code Modulation und bezeichnet eine Methode zur Digitalisierung analoger Signale.

²³ <http://www.media-center.com/de/media-center-faq.html>; abgerufen am 13.01.2011.

lichkeit getestet (c't 03/2010). Die Einführung des Intel-Atom-Prozessors hat neuen Schwung in die Entwicklung der Media Centre PCs gebracht. Ihre Rechenleistung reicht allerdings nicht, um den Videostream einer Blu-ray-Disk ruckelfrei zu entschlüsseln. Dies ist nur in Kombination mit dem Chipsatz Ion von Nvidia möglich. Es wird jedoch angemerkt, dass spieletaugliche Grafikkarten nur mit sehr hohem Aufwand in einem kompakten Gehäuse leise kühlbar sind.

3.13 Tastatur

Intensive Computerarbeit und damit zusammenhängende Benutzung von diversen Eingabemitteln können zu Beschwerden im Muskel-Skelett-System der Hand, des Armes, der Schulter und/oder des Nackens führen. In diesem Fall sollen ergonomisch gestaltete Eingabegeräte helfen, Belastungen zu reduzieren und das Auftreten weiterer Beschwerden bei der Bedienung von Eingabemitteln zu vermeiden (BGIA 2008). Die für die Betätigung von Computer-Eingabegeräten aufzubringende Muskelkraft ist zwar nicht hoch, dennoch stellen monoton sich wiederholende Bewegungen und lang andauernde statische Haltungen in nicht neutralen Positionen gesundheitliche Risikofaktoren dar (BGIA 2008).

Die Tastatur ist das wichtigste Eingabegerät an Bildschirmarbeitsplätzen. Deswegen sollen strenge Anforderungen an die Tastaturneigung, -höhe, -größe, den Tastenweg und den Tastenwiderstand gestellt werden. Die folgenden Normen stellen Anforderungen an die ergonomischen Eigenschaften von Tastaturen dar:

- DIN 2137: Büro und Datentechnik; Tastaturen,
- DIN EN ISO 9241: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten (neu: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion). Teil 4: Tastaturen.

Außerdem gibt es eine Reihe von berufsgenossenschaftlichen Regelungen, in denen die ergonomischen Anforderungen an Tastaturen beschrieben werden:

- Berufsgenossenschaftliche Information BGI 650: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze. Leitfaden für die Gestaltung. Verwaltungs-Berufsgenossenschaft 2007;
- GUV-Informationen GUV-I650: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze. Leitfaden für die Gestaltung. Bundesverband der Unfallkassen 2006 (Nachdruck der BGI 650 der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft);
- Berufsgenossenschaftliche Information BGI 742: Arbeiten an Bildschirmgeräten. Vereinigung der Metallberufsgenossenschaften 2009.

Gesetzlich werden die ergonomischen Anforderungen an Tastaturen in der Bildschirmarbeitsverordnung (BildscharbV), Anhang, Nr. 6–9 definiert.

Die Gesellschaft Arbeit und Ergonomie – online e.V. beschreibt folgende wesentliche Punkte, die Tastaturen bezüglich ihrer Ergonomie erfüllen sollen (www.ergo-online.de):

- Die Tastatur muss vom Bildschirm getrennt, neigbar und variabel anzuordnen sein.
- Vor der Tastatur hat Platz für das Auflegen der Hände zu sein.
- Sie muss eine reflexionsarme Oberfläche haben.
- Die Beschriftung soll sich deutlich vom Hintergrund abheben und in normaler Arbeitshaltung lesbar sein.
- Form und Anschlag der Tasten haben eine ergonomische Bedienung zu ermöglichen.
- Man sollte unbedingt mit dem Zehn-Finger-System schreiben, um Hände und Unterarme zu schützen.

In letzter Zeit gewinnen so genannte zweigeteilte und abgewinkelte Tastaturen immer mehr Bedeutung (Abbildung 4). Sie sollen besonders ergonomisch sein und folgende Anforderungen erfüllen:

- Sie sollen eine Dachneigung haben, also eine leichte Erhöhung in der Mitte, damit die Hände beim Tippen ihrer natürlichen Neigung entsprechend gehalten werden können.
- Die Tastatur muss geteilt sein, und der Winkel zwischen beiden Hälften soll so gewählt werden, dass Hand und Unterarm eine gerade Linie bilden.



Abbildung 4 Geteilte Tastatur mit verstellbarem Neigungswinkel. (Quelle: www.ergo2work.de)

Bei den ergonomischen Anforderungen spielt auch der bei der Betätigung der Tasten verursachte Lärm eine wichtige Rolle. Laut der Gesellschaft Arbeit und Ergonomie – online e.V. kommen Vielschreiber/innen auf bis zu 80.000 Anschläge pro Tag. Das Umweltzeichen Blauer Engel (RAL UZ 78) sieht vor, die Lärmemissionen von Tastaturen anhand des garantierten A-bewerteten Schalleistungspegels in Dezibel (dB) zu bewerten und auf der Grundlage der ISO/FDIS 7779:2010 zu messen. Allerdings werden dabei keine Grenzwerte vorgeschlagen und die Informationen nur zu statistischen Zwecken genutzt. Laut Hersteller-

daten liegen die typischen Werte für den Schallleistungspegel (dB) von Tastaturen zwischen 48,0 und 58,0 dB.

Die Umweltauswirkungen von Tastaturen lassen sich reduzieren, wenn sie recyclinggerecht konstruiert werden, so dass Gehäuseteile und Elektrobaugruppen (inkl. Leiterplatten) als Fraktionen von Materialien anderer funktioneller Einheiten getrennt und werkstofflich verwertet werden können. Bei einer möglichst sortenreinen Trennung können die zurück gewonnenen Fraktionen in die geeigneten Recyclingströme eingespeist werden. Gerade im Fall von Edelmetallen (in Tastaturen kommen Edelmetalle in der Leiterplatte vor) könnte sich dieser Vorbehandlungsaufwand der manuellen Trennung des Gehäusekunststoffes und der Leiterplatte lohnen, denn die Edelmetallverluste wären bei einem Recyclingprozess, der besonders auf die Rückgewinnung von Edelmetallen zugeschnitten ist (z.B. manuelle Vorbehandlung und anschließend Nachbehandlung in einer Kupferhütte mit Edelmetallabscheidung), geringer als bei einer rein mechanischen Aufbereitung (z.B. in einer Schredderanlage) (Prakash und Manhart 2010).

Damit ein Recyclingbetrieb den Schritt der Trennung des Gehäusekunststoffes von der edelmetallhaltigen Leiterplatte tatsächlich durchführen kann, ist es hilfreich eine so genannte Explosionszeichnung oder einer Anleitung zur Zerlegung des Gerätes vorzulegen. Die folgende Abbildung zeigt, wie die Firma ZF Electronics GmbH (Markenname Cherry) die für eine spätere Demontage ihrer Tastaturen erforderlichen Recyclingpässe veröffentlicht:

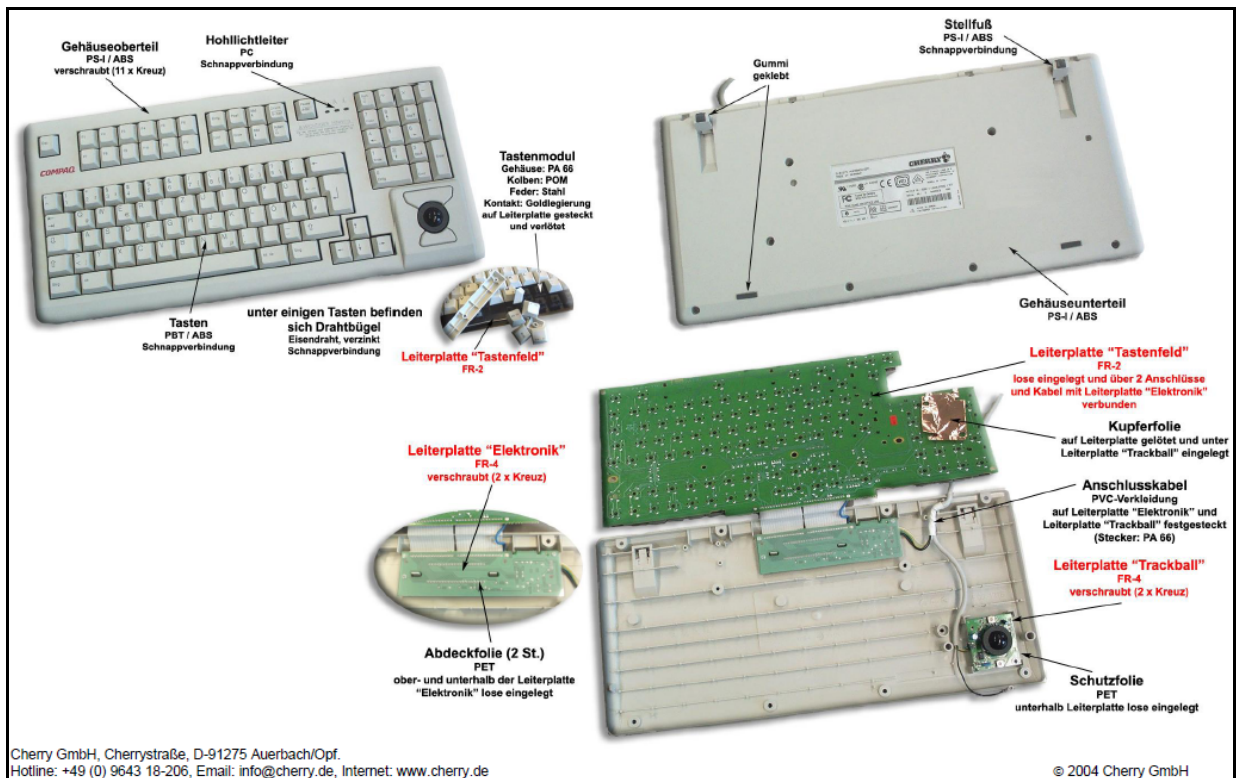


Abbildung 5 Recyclingpass einer Tastatur (G80-11800) der Firma ZF Electronics GmbH²⁴

4 Umweltaspekte

4.1 Energieverbrauch

Der Energieverbrauch stationärer Computer hängt stark von ihrer Ausstattung ab. Je mehr leistungsstarke Komponenten sie enthalten, desto höher ist in der Regel ihr Energieverbrauch. Prozessor, Grafikkarte und Monitor sind diejenigen Komponenten, die den Stromverbrauch eines stationären Computers am meisten beeinflussen.

Die Version 5.0 der ENERGY STAR®-Anforderungen für Computer unterscheidet daher je nach Ausstattung vier Kategorien von Arbeitsplatzcomputern und integrierten Arbeitsplatzcomputern:

- Kategorie A: Alle Tischcomputer, die nicht der Definition der Kategorie B, C oder D entsprechen, kommen unter Kategorie A für die ENERGY STAR-Kennzeichnung in Frage.

²⁴ http://www.cherry.de/deutsch/cherry_unternehmen/dokumente/G80-11800.pdf

- Kategorie B: Für die Einstufung in Kategorie B müssen Tischcomputer über folgende Merkmale verfügen:
 - 2 physische Prozessorkerne und
 - 2 Gigabyte (GB) Systemspeicher.
- Kategorie C: Für die Einstufung in Kategorie C müssen Tischcomputer über folgende Merkmale verfügen:
 - mehr als 2 physische Prozessorkerne.

Zusätzlich müssen Geräte für die Einstufung in Kategorie C über mindestens eines der beiden folgenden Merkmale verfügen: mindestens 2 GB Systemspeicher und/oder ein diskreter Grafikprozessor (GPU).
- Kategorie D: Für die Einstufung in Kategorie D müssen Tischcomputer über folgende Merkmale verfügen:
 - mindestens 4 physische Prozessorkerne.

Zusätzlich müssen Geräte für die Einstufung in Kategorie D über mindestens eines der beiden folgenden Merkmale verfügen: mindestens 4 GB Systemspeicher und/oder ein diskreter Grafikprozessor (GPU) mit einer Framebufferbreite über 128 Bit.

Die Grenzwerte²⁵ für jede Kategorie sind in Tabelle 5 dargestellt.

²⁵ Die Grenzwerte werden nach folgender Formel berechnet: $E_{TEC} = (8760/1000) * (P_{off} * T_{off} + P_{sleep} * T_{sleep} + P_{idle} * T_{idle})$, wobei alle P_x -Werte in W und alle T_x -Werte in Prozent der Nutzung pro Jahr angegeben. E_{TEC} wird in kWh angegeben und zeigt den jährlichen Energieverbrauch bezogen auf die prozentuale Nutzungsdauer pro Modus.

Tabelle 5 Grenzwerte – Computer nach ENERGY STAR® Program Requirements for Computers Version 5.0

E_{TEC}-Anforderung — Tischcomputer und Notebook-Computer		
	Tischcomputer und integrierte Tischcomputer (kWh)	Notebook-Computer (kWh)
TEC	Kategorie A: ≤ 148,0 Kategorie B: ≤ 175,0 Kategorie C: ≤ 209,0 Kategorie D: ≤ 234,0	Kategorie A: ≤ 40,0 Kategorie B: ≤ 53,0 Kategorie C: ≤ 88,5
Funktionsspezifische Anpassungen		
Speicher	1 kWh (je GB über Grundspeicher) <i>Grundspeicher:</i> Kategorien A, B und C: 2 GB Kategorie D: 4 GB	0,4 kWh (je GB über 4)
Premium-Grafikkarte (<i>für diskrete GPUs mit bestimmter Framebufferbreite</i>)	Kategorien A und B: 35 kWh (Framebufferbreite ≤ 128-bit) 50 kWh (Framebufferbreite > 128-bit) Kategorien C und D: 50 kWh (Framebufferbreite > 128-bit)	Kategorie B: 3 kWh (Framebufferbreite > 64-bit)
Zusätzl. interner Speicher	25 kWh	3 kWh

ENERGY STAR® Program Requirements for Computers Version 5.0 fügt bei so genannten Leistungs-Upgrades den Grenzwerten „Bonus kWh“ zu. Beispielsweise wird zum Grundgrenzwert eines Tischcomputers 1 kWh pro aufgerüstetes Gigabyte hinzugefügt. Weiterhin werden z.B. für die Kategorie A weitere 35 kWh hinzugefügt, wenn eine externe Grafikkarte vorhanden ist, deren Bildspeicher größer ist als 128 bit.

Die Grenzwerte für die jeweiligen Kategorien sind nach der prozentualen Nutzungsdauer pro Modus berechnet.

Tabelle 6 Nutzungsdauer pro Modus – Desktop und Notebook²⁶

	Desktop		Notebook	
	Herkömmlich	Fernwartungs-funktion ²⁷	Herkömmlich	Fernwartungs-funktion
T _{off} -Modus	55%	40%	60%	45%
T _{sleep} -Modus	5%	30%	10%	30%
T _{idle} -Modus	40%	30%	30%	25%

Laut dem aktuellen Stand der ENERGY STAR-Datenbank (Zugriff August 2010) benötigen Arbeitsplatzcomputer der Kategorie A im Idle-Modus²⁸ im Durchschnitt 27 (23)²⁹ W, der Kategorie B 33 (23) W, der Kategorie C 41 und der Kategorie D 58 W. Das Spektrum der Leistungsaufnahme im Idle-Modus lag bei Kategorie A zwischen 8 (9) und 37 (35) W, bei Kategorie B zwischen 7 (17) und 48 (30) W, bei Kategorie C zwischen 20 und 51 W und bei Kategorie D zwischen 27 und 63 W.

Die Verbraucherinformationskampagne des Öko-Instituts, EcoTopTen (www.ecotopten.de), unterscheidet je nach Ausstattung und Bedarf zwischen drei Nutzergruppen: Einsteiger, Multimedia und Gamer.

Tabelle 7 Leistungsaufnahme verschiedener Computertypen im Idle-Modus (Quelle: www.ecotopten.de)

	stationäre Nutzung				mobile Nutzung			
	Desktop		Kompakt-PC		Notebook		Netbook	
Nutzertyp	Energie-effizienz sehr gut	Energie-effizienz sehr schlecht	Energie-effizienz sehr gut	Energie-effizienz sehr schlecht	Energie-effizienz sehr gut	Energie-effizienz sehr schlecht	Energie-effizienz sehr gut	Energie-effizienz sehr schlecht
Einsteiger / Gelegenheitsnutzer	30 Watt	>100 Watt	15 Watt	35 Watt	10 Watt	25 Watt	8 Watt	20 Watt
Multimedia	40 Watt	>100 Watt	-	-	10 Watt	30 Watt	-	-
Gamer	50 Watt	>200 Watt	-	-	25 Watt	50 Watt	-	-

²⁶ Quelle: ENERGY STAR® Program Requirements for Computers Version 5.0

²⁷ Fernwartungsfunktion gilt für die Rechner, die eine volle Netzwerkverbindung einhalten, wie sie in „Section 1“ des ENERGY STAR® Program Requirements for Computers Version 5.0 definiert wird.

²⁸ Der Zustand, in dem das Betriebssystem und die sonstige Software vollständig geladen sind, ein Nutzerprofil erstellt wurde, das Gerät nicht im Ruhemodus ist und die Aktivität auf diejenigen grundlegenden Anwendungen beschränkt ist, die das System automatisch startet.

²⁹ Die Zahlen in Klammern stehen für die Leistungsaufnahmen der integrierten Arbeitsplatzcomputer, soweit vorhanden.

Wie Tabelle 7 zeigt, ist die Effizienz tragbarer Computer im Vergleich zu stationären Computern vergleichbarer Ausstattung höher. So benötigt ein effizienter tragbarer Computer in der Einsteigerklasse 10 W, während ein vergleichbarer stationärer Computer in derselben Klasse 30 W braucht. Geht man nach dem für EcoTopTen festgelegten Nutzungsmuster von 4 Stunden Idle-Modus, 1 Stunde Ruhemodus, 19 Stunden Aus-Zustand und einem Strompreis von 0,232 Euro pro Kilowattstunde aus, ergeben sich folgende Unterschiede von Energieverbrauch und -kosten pro Jahr (Tabelle 8):

Tabelle 8 Energieverbrauch und -kosten verschiedener Computertypen im Idle-Modus
(Quelle: www.ecotopten.de)

Zur Orientierung: Jährlicher Energieverbrauch (kWh/Jahr) und jährliche Stromkosten (Euro/Jahr)								
	Einsteiger PC	Kompakt-PC	Einsteiger Notebook	Netbook	Multi-media PC	Multi-media Notebook	Gamer PC	Gamer Notebook
Gerät mit der von EcoTopTen empfohlenen Ausstattung	51 kWh 12 Euro	30 kWh 7 Euro	18 kWh 4 Euro	16 kWh 4 Euro	66 kWh 15 Euro	18 kWh 4 Euro	81 kWh 19 Euro	40 kWh 9 Euro
Zum Vergleich: Sehr ineffizientes Gerät	169 kWh 39 Euro	73 kWh 17 Euro	44 kWh 10 Euro	37 kWh 9 Euro	177 kWh 41 Euro	51 kWh 12 Euro	323 kWh 75 Euro	102 kWh 24 Euro

Tabelle 8 zeigt, dass der Energieverbrauch und die Energiekosten ineffizienter stationärer Computer im Vergleich zu effizienten, von EcoTopTen empfohlenen stationären Computern dreimal höher ist. Besonders bemerkenswert ist, dass selbst bei den effizienten stationären Computern der Verbrauch höher ist als bei den ineffizienten tragbaren Computer.

4.2 Bedeutung von Schadstoffen

Relevant sind hier vor allem:

- Produktion: Einsatz von zahlreichen, häufig toxischen Chemikalien; wichtig für Arbeits- und Umweltschutz.
- Schadstoffe im Produkt, die problematisch für Recycling bzw. Entsorgung sind oder während des Gebrauchs ausgasen können.

Bridgen und Santillo (2006) haben in einer Untersuchung von fünf Notebooks verschiedener Hersteller festgestellt, dass eine ganze Reihe an schädlichen Chemikalien in den Geräten enthalten war. Erwähnenswert sind insbesondere Bromverbindungen, die in allen Geräten nachgewiesen werden konnten. Sie gehen vermutlich auf die Verwendung von bromhaltigen Flammschutzmitteln zurück und ließen sich auch an der Oberfläche der Geräte sowie im Lüfter nachweisen. Darüber hinaus wurden in einem Teil der Geräte Schwermetalle gefunden (z.B. Blei, Chrom).

Am 23. März 2005 wurde das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten, ElektroG) verabschiedet. Dieses setzt zwei zugrunde liegende **EU-Richtlinien** um: die **EU-Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronik-Altgeräte** (so genannte „WEEE-Richtlinie“) und die **EU-Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten** (so genannte „RoHS-Richtlinie“). Zum einen dürfen besonders schädliche Substanzen wie Blei, Quecksilber, Cadmium oder bestimmte Bromverbindungen ab Juli 2006 in den meisten Geräten nicht mehr verwendet werden (Ausnahmen müssen bei der EU-Kommission beantragt werden). Alte, nicht mehr genutzte Geräte, die entsorgt werden sollen, können Verbraucher seit März 2006 kostenlos bei kommunalen Sammelstellen abgeben. Dies gilt sowohl für „historische Altgeräte“ (die vor dem 13.08.2005 in Verkehr gebracht wurden) als auch für „neue Altgeräte“ (die nach dem 13.08.2005 in Verkehr gebracht wurden). Die Hersteller sind verpflichtet, die gesammelten Geräte zurückzunehmen und nach dem Stand der Technik sicher zu entsorgen. Die im ElektroG genannten Entsorgungs- und Recyclingquoten müssen seit dem 31.12.2006 eingehalten werden.

Groß et al. (2008) haben im Rahmen des RoHS-Reviews weitere gefährliche Substanzen in Elektro- und Elektronikgeräten identifiziert und klassifiziert. Die Definition „gefährlicher Substanzen“ wurde nach den folgenden Inventarkriterien festgelegt:

1. Substanzen, die die Kriterien der gefährlichen Substanzen erfüllen, wie sie in der EU-Direktive 67/548/EEC beschrieben sind;
2. Substanzen, die gemäß REACH die Kriterien der „besonders Besorgnis erregenden Substanzen“ (Substances of Very High Concern, SVHC) erfüllen;
3. Substanzen, die in Menschen und Biotopen giftig wirken können.
4. Substanzen, die bei der Sammlung und Verarbeitung von Elektro- und Elektronikgeräten gefährliche Substanzen bilden können.

Die folgende Abbildung zeigt die Definition bzw. den Geltungsbereich von „gefährlichen Substanzen“ in Elektro- und Elektronikgeräten gemäß Groß et al. (2008).

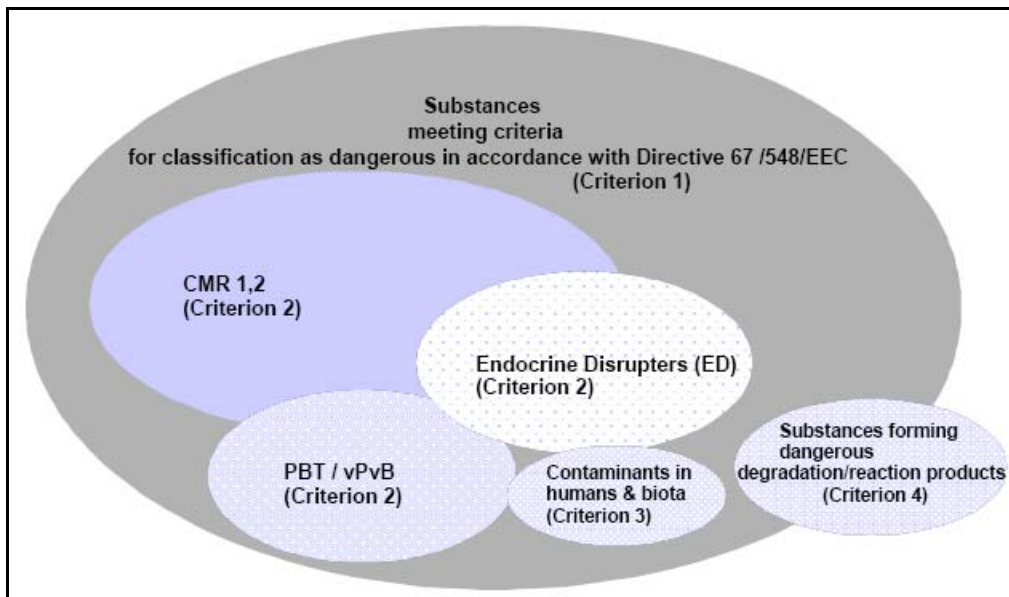


Abbildung 6 Kriterien für „gefährliche Substanzen“ in Elektro- und Elektronikgeräten (Quelle: Groß et al. 2008)

Die Prüfung der gefährlichen Substanzen in Elektro- und Elektronikgeräten ergab, dass 64 Substanzen und Substanzgruppen (z.B. kurzkettige Chlorparaffine) in Elektro- und Elektronikgeräten die Kriterien für „gefährliche Substanzen“ gemäß EU-Direktive 67/548/EEC erfüllen. Durch die Anwendung der weiteren Inventarkriterien (Punkt 2 und 3) wurden weitere 14 Substanzen identifiziert, die als gefährliche Substanzen hoher Priorität klassifiziert werden können. Ein paar Beispiele für auf diese Art und Weise identifizierte gefährliche Substanzen in Elektro- und Elektronikgeräten (EEE – Electrical and electronic equipment) sind:

Tabelle 9 Beispiele für gefährliche Substanzen hoher Priorität in EEE, die die Kriterien der Direktive 67/548/EEC für gefährliche Substanzen erfüllen (Quelle: Groß et al. 2008)

Substanz	Anwendung in EEE	Menge in EEE [t/a in EU]
Tetrabromobisphenol A (TBBP-A)	Reactive FR in epoxy and polycarbonate resin, Additive FR in ABS	40.000
Hexabromocyclodecane (HBCDD)	Flame retardant in HIPS, e.g. in audio-visual equipment, wire, cables	210
Medium-chained chlorinated paraffin (MCCP) (Alkanes, C14-17, chloro)	Secondary plasticizers in PVC; flame retardants	Total use: up to 160.000, however no data available on share of EEE applications
Short-chained chlorinated paraffin (SCCP) (Alkanes, C10-13, chloro)	Flame retardant	No reliable data available
...	...	...

Eine Studie des schwedischen Forschungsinstituts ChemSec – the International Chemical Secretariat zeigt aber, dass es momentan 155 Produkte der RoHS-Kategorie 3, sprich Informations- und Kommunikationstechnologie, auf dem Markt gibt, die frei oder annähernd frei von bromierten Flammschutzmitteln und PVC sind (ChemSec 2010), darunter 17 stationäre Computer. Einige Beispiele solcher stationären Computer sind in Abbildung 7 zu sehen:

HP	PCs	ALL				
HP	PCs	Compaq 800of Elite				
Very PC	PCs	ALL				
Very PC	PCs	BroadLeaf BL32-B-E53				
Very PC	PCs	BroadLeaf BL32-B-E84				
Very PC	PCs	BroadLeaf BL32-H-E53				
Wipro	PCs	Greenware				
Lenovo	PCs	ALL				
HCL Infosystems Ltd.	PCs	ALL				
Fujitsu	PCs	ALL				
Dell	PCs	ALL				
Dell	PCs	Studio Hybrid				
Dell	PCs	OptiPlex 760 USFF				
Dell	PCs	OptiPlex 960				
Acer	PCs	Veriton M490G				
Acer	PCs	Veriton X490G				
LG Electronics	PCs	ALL				

	Products free from brominated flame retardants (BFRs) or PVC as defined by industry.		Products/product almost free from brominated flame retardants/PVC (with some remaining brominated flame retardants or PVC-containing components/parts).
	No information found through this web-based research March/April 2010.		Not covered by this web-based research March/April 2010.
	All products within the category from this company are free or almost free from brominated flame retardants or PVC.		ALL All new products put on the market, or that will be on the market by 2014, within the category from this company are free or almost free from brominated flame retardants or PVC.

Abbildung 7 Ausschnitt aus der ChemSec-Studie (Quelle: ChemSec 2010)

4.3 Lärm

Außer Lüftern (z.B. CPU-Lüfter, Netzteil Lüfter, Systemlüfter) sind auch optische und Festplattenlaufwerke eine Lärmquelle in stationären Computern. Insbesondere kann ein hoher Geräuschpegel beispielsweise beim Konsum von Filmen und Musik stören.

Mit der Erhöhung der Rechenleistung von Prozessoren und Grafikkarten steigt oftmals auch der Energieverbrauch und die Wärmeentwicklung der Systeme an. Ein hoher Energieverbrauch und eine stärkere Wärmeentwicklung gehen mit einer Erhöhung des Geräuschpegels einher, denn es müssen Lüfter sowie Kühlkörper zur Reduzierung der Wärme eingebaut werden. Um dem Trend hin zu Media Centre PCs zu folgen und das Gehäuse der Arbeitsplatzcomputer zu reduzieren, muss aber gleichzeitig auf ein geringes Gewicht und eine geringe Größe geachtet werden. Deswegen wird auch bei stationären Computern eine

effiziente Kühlung immer wichtiger. Dem wird einerseits bei der Gestaltung der Gehäuse Rechnung getragen, indem größere Luftöffnungen in direkter Nähe von Prozessor und Grafikkarte eingeplant werden. Andererseits wird auch versucht, dem Problem über besonders leise oder besonders gut geregelte Lüfter sowie Kühlkörper aus Aluminium zu begegnen. Der systemische Ansatz – Prozessoren mit optimiertem Energiemanagement auszustatten und so die entstehende Wärme zu reduzieren – wird ebenfalls verfolgt.

Messungen der Zeitschrift c't haben ergeben, dass selbst bei Volllast des Prozessors die Komplettsysteme eine Geräuschentwicklung zwischen 1,1 und 2,9 Sone haben (c't 01/2009; ct 08/2010). So genannte Stromspar-PCs erzeugten im Test zwischen 0,7 und 2,4 Sone unter Volllast (c't 03/2008).

4.4 Lebensdauer und Bedeutung der Langlebigkeit

Es gibt keine gesicherten Daten zur Nutzungsdauer von Computern in privaten Haushalten. In der Literatur werden Nutzungsdauern zwischen 2 und 6 Jahren angegeben (NSC 1999; Morf et al. 2002; Kamburow 2004; Schischke et al. 2003; Reichart und Hischier 2001). Was den Gebrauch in Unternehmen angeht, kann man in Deutschland von einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von PCs und Peripheriegeräten von 3 Jahren ausgehen, da die steuerlich maßgebliche Nutzungsdauer und damit die mögliche Abschreibung für Abnutzung (AfA; vgl. urbs 2005) einen Zeitraum von 3 Jahren vorsieht. Für private Haushalte erscheint eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 3 Jahren allerdings zu kurz. Insgesamt ist zu erwarten, dass die Endgeräte in Privathaushalten nach einer ersten Nutzungsphase einer Zweitnutzung zugeführt werden (z.B. im Kinderzimmer) und so die Lebensdauer verlängert wird. Untersuchungen in japanischen Haushalten haben ergeben, dass PCs in der Regel 3 Jahre genutzt werden und weitere 3 Jahre herumstehen, bevor über ihre Weiterverwendung entschieden wird.

Diverse Studien zu den Umweltbelastungen auf dem Lebensweg von Elektronikgeräten zeigen deutlich, dass sich über die Verlängerung der Lebensdauer der jeweiligen Geräte massive Reduktionspotenziale der Umweltbelastung von zum Teil bis zu 50% eröffnen. Dies kann damit begründet werden, dass die Herstellungsphase bei der Umweltbelastung von Computern im Gegensatz zu vielen anderen Produkten fast ebenso stark ins Gewicht fällt wie die Nutzungsphase.

Folgende Möglichkeiten sind dabei relevant:

- Die Erstnutzung sollte über einen möglichst langen Zeitraum erfolgen.
- Die Zweitnutzung (+ etwaige Folgenutzungen) sollte ermöglicht werden.

Bezogen auf die Erstnutzung spielen für die Langlebigkeit vor allem drei Aspekte eine Rolle:

- **Aufrüstbarkeit** (ohne viel Aufwand). Relevant sind die Aufrüstbarkeit von Arbeitsspeicher, Prozessor, Festplatte, Grafikkarte, Laufwerken. Außerdem bieten USB-2.0-Schnittstellen eine sehr gute Möglichkeit der Nachrüstung.
- **Garantiezeit**³⁰. Hier gibt es verschiedene Varianten, die für den Endverbraucher mehr oder weniger komfortabel sind (Geräte-Austausch-Service, Bring-in-Service etc.).
- **Reparaturmöglichkeit**. Vorhaltung von Ersatzteilen über die Garantiezeit des Geräts hinaus.

5 Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung

Anhand der orientierenden Ökobilanz sowie der Analyse der Lebenszykluskosten soll ein Eindruck von den Umweltauswirkungen und Lebenszykluskosten stationärer Computern ermittelt werden. Die Ergebnisse bieten eine Orientierungshilfe zur Frage, wo Verbesserungspotenziale in dieser Produktgruppe liegen.

5.1 Lebenszyklusanalyse

Im Folgenden werden die Ergebnisse einer orientierenden Ökobilanz von stationären Computern dargestellt. Datengrundlage für die Herstellung und Entsorgung bildet dabei die EuP-Studie zu Computern, die im Rahmen der EU-Ökodesign-Richtlinie für energiebetriebene Produkte erstellt wurde.³¹ Für die Nutzungsphase wurden diese Daten mit Angaben zum deutschen Strom-Mix verknüpft.

³⁰ Es soll zwischen einer Gewährleistung und einer Garantie unterschieden werden:

Gewährleistung: Seit dem 1. Januar 2002 müssen Händler laut Gesetz eine 24-monatige Gewährleistung auf Verbrauchsgüter bieten. Diese besagt, dass der Händler dem Kunden eine sachmängelfreie Ware verkauft hat. Ist sein Produkt zum Zeitpunkt des Verkaufs nicht fehlerfrei, muss er für die Mängel 2 Jahre lang eintreten. Der Kunde hat dann zum Beispiel das Recht auf Nachbesserung, auf Minderung des Kaufpreises oder auf Rücktritt vom Kaufvertrag. Während der ersten 6 Monate liegt die Beweislast beim Verkäufer, danach geht sie auf den Käufer über. Ein privater Verkäufer kann die Gewährleistung ausschließen, ein gewerblicher Händler dagegen nicht. Ein Recht auf Gewährleistung hat auch, wer einen gebrauchten Gegenstand kauft – in diesem Fall allerdings nur 1 Jahr.

Garantie: Im Gegensatz zur Gewährleistung wird die Garantie vom Hersteller geleistet und geht über die gesetzlich geregelte Gewährleistungspflicht hinaus. Es handelt sich um eine freiwillige Zusatzleistung, die das Versprechen beinhaltet, dass die Ware oder bestimmte Teile eine gewisse Zeit halten. Bei Geräten mit Garantie können Käufer üblicherweise Reparatur oder Ersatz fordern. Der genaue Garantiefumfang (Zeitdauer und Art des Services) ist jeweils individuell geregelt. Sofern beim Kauf eines Gebrauchtgeräts die Garantiedauer noch nicht abgelaufen ist, kann diese bis zum Ablauf der Frist weiterhin in Anspruch genommen werden.

³¹ Preparatory studies for Eco-design Requirements of EuPs, Lot 3: Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors, 2007.

5.1.1 Funktionelle Einheit

Die der orientierenden Ökobilanz zugrunde gelegte funktionelle Einheit ist die jährliche Nutzung eines stationären Computers in einem privaten Zwei-Personen-Haushalt.

Dafür wird ein durchschnittlicher stationärer Computer (Desktop-PC und integrierter Desktop-PC) spezifiziert, der die derzeit am Markt gängige Technologie und Ausstattung widerspiegelt. Die für die nachfolgenden Berechnungen angenommene Lebensdauer wurde von EuP 2007 übernommen und beträgt 6,6 Jahre. Darin ist auch das so genannte second life von Computern berücksichtigt.

Folgende Gerätespezifikation wurde den Berechnungen der Ökobilanz zugrunde gelegt:

Desktop-PC:

- Lebensdauer 6,6 Jahre (inklusive second life),
- 3 GHz Prozessor,
- 80 GB HDD,
- 512 MB RAM,
- eingebaute Grafikkarte,
- Gewicht: 10,5 kg.

Integrierter Desktop-PC:

- Lebensdauer: 6,6 Jahre (inklusive second life),
- 1,7 GHz Prozessor,
- 60 GB HDD,
- 512 MB RAM,
- 15 Zoll Bildschirm,
- Gewicht: 2,8 kg.

5.1.2 Systemgrenzen

Folgende Teilprozesse werden bei der orientierenden Ökobilanz berücksichtigt:

- Herstellung und Distribution eines stationären Computers,
- Nutzung des Geräts in einem privaten Zwei-Personen-Haushalt über 1 Jahr,
- Entsorgung des stationären Computers.

Herstellung und Distribution

Die Daten zur Herstellung eines stationären Computers wurden wie bereits erwähnt der EuP-Studie entnommen, die die Materialzusammensetzungen von Desktop-PCs und die daraus resultierenden Umweltauswirkungen beinhaltet.

Die Daten zur Herstellung der integrierten Desktop-PCs wurden aus der Studie Prakash et al. (2010a) zu kompakten Desktop-Rechnern entnommen. Prakash et al. (2010a) bilanzierten die integrierten Desktop-PCs auf der Basis eines Notebooks. Durch diese Abschätzung können die Ergebnisse in Bezug auf die integrierten Desktop-PCs mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet sein, auf die orientierende Ökobilanz in der vorliegenden Studie hat das jedoch keine negativen Auswirkungen.

Für beide Gerätevarianten wird eine durchschnittliche Transportstrecke von 40 km angenommen, die sich insbesondere auf die Instandhaltung des Computers sowie auf den Reparaturservice beziehen.

Nutzung

Um die Umweltauswirkungen der Nutzungsphase zu berechnen, wurde der durchschnittliche Stromverbrauch von stationären Computern ermittelt. Grundlage dafür bildet die ENERGY STAR-Datenbank.³²

Zur Berechnung des Energieverbrauchs in der Nutzungsphase wurden die Geräte der ENERGY STAR-Datenbank erstmal nach Kategorien A, B, C und D sortiert (siehe 4.1). Danach wurden die Geräte in ihrer Grundausstattung ausgewählt, um typische Energieverbrauchstrends zu analysieren und die effizientesten, die ineffizientesten und die durchschnittlichen Geräte pro Kategorie zu definieren. Tabelle 10 zeigt die Anzahl der Geräte, die für jeweilige ENERGY STAR-Kategorie ausgewählt wurden:

Tabelle 10 Auswahl der Geräte aus der ENERGY STAR-Datenbank

Kategorien ENERGY STAR für Desktop-PCs	Anzahl der Geräte in der Grundausstattung [n]
A	159
B	179
C	65
D	219

Der Energieverbrauch der Geräte wird bei ENERGY STAR als TEC-Wert angegeben³³. Die Grenzwerte werden nach folgender Formel berechnet:

³² http://www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=find_a_product.showProductGroup&pgw_code=CO
Zugriff: August 2010

³³ TEC steht für „Typical Energy Consumption“ und stellt ein flexibleres Instrument dar, um die Energieeffizienzkriterien festzulegen. Die Energieeffizienzkriterien werden aus dem typischen Nutzerverhalten bzw. typischen Energieverbrauch über ein Jahr hergeleitet und in kWh/Jahr angegeben. Der TEC-Ansatz wird für die Produkte angewendet, bei denen voraussehbare Nutzungszyklen (Stunden pro Tag in Idle, Standby und Off) berechnet werden können und allgemein anerkannte Messverfahren zur Messung des Stromverbrauchs im On- bzw. Idle-Modus gegeben sind.

$$E_{\text{TEC}} = (8.760/1.000) * (P_{\text{off}} * T_{\text{off}} + P_{\text{sleep}} * T_{\text{sleep}} + P_{\text{idle}} * T_{\text{idle}}),$$

wobei alle P_x -Werte in Watt und alle T_x -Werte in Prozent der Nutzung pro Jahr angegeben werden. E_{TEC} wird in kWh angegeben und zeigt den jährlichen Energieverbrauch bezogen auf die prozentuale Nutzungsdauer pro Modus. Tabelle 11 zeigt die Gewichtungen für die einzelnen Betriebsmodi eines stationären Computers, wie sie in ENERGY STAR-Version 5.0 festgelegt wurden:

Tabelle 11 Gewichtung der Betriebsmodi – stationärer Computer (Desktop-PCs)

Betriebsmodus	Nutzung [%]
T_{Off} -Modus	55
T_{Sleep} -Modus	5
T_{Idle} -Modus	40

Mit der Analyse der ENERGY STAR-Datenbank konnten für jede Kategorie die effizientesten, die ineffizientesten und die durchschnittlichen Geräte identifiziert werden (Tabelle 12).

Tabelle 12 TEC-Werte (kWh) der effizientesten, der ineffizientesten und der durchschnittlichen Geräte pro ENERGY STAR-Kategorie (in Grundausstattung)

	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie D
Effizientestes Gerät	35,6	28,7	74,8	109,2
Ineffizientestes Gerät	139,5	172,5	192,1	229,7
Durchschnittsgerät	102,6	123,9	152,4	213,59
Grenzwert ENERGY STAR	148	175	209	234

Wie aus Tabelle 12 hervorgeht, können mit effizienten Geräten erhebliche Einspareffekte erzielt werden. Bei stationären Computern (Desktop-PCs) der Kategorie A können fast 65% eingespart werden, bei Geräten der Kategorie B sogar 77%. Die Einspareffekte der Gerätekategorien C und D sind etwas geringer, sie liegen bei 51% bzw. 49%.

Bei den integrierten Desktop-Computern wurden 16 Geräte der Kategorie A und 7 Geräte der Kategorie B ermittelt. Für die Kategorien C und D lagen keine Geräte vor.

Die prozentuale Nutzungsdauer pro Modus ist gleich wie bei den Desktop-PCs (Tabelle 11). Tabelle 13 zeigt die effizientesten, die ineffizientesten und die durchschnittlichen Geräte für jede Kategorie der integrierten Desktop-PCs:

Tabelle 13 TEC-Werte (kWh) der effizientesten, der ineffizientesten und der durchschnittlichen integrierten Geräte pro ENERGY STAR-Kategorie (in Grundausstattung)

	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie D
Effizientestes Gerät	34,9	64	–	–
Ineffizientestes Gerät	130,7	112,2	–	–
Durchschnittsgerät	83,36	91,83	–	–
Grenzwert ENERGY STAR	148	175	209	234

Auch bei der Gegenüberstellung des Energieverbrauchs von integrierten PCs sind Einspar-effekte beim Vergleich eines Durchschnittsgeräts und eines effizienten Geräts ersichtlich. Bei Geräten der Kategorie A können rund 58% eingespart werden, bei Geräten der Kategorie B 30%.

Entsorgung

Seit dem 1. Juli 2006 verbietet das Elektro- und Elektronikgerätegesetz³⁴ (Umsetzung der EU-Richtlinien 2002/96/EG³⁵ und 2002/95/EG³⁶ in Deutsches Recht) Geräteherstellern Blei, Cadmium, Quecksilber, bestimmte Chromverbindungen oder bromhaltige Flammschutzmittel zu verwenden. Außerdem dürfen Altgeräte oder auch Einzelteile nicht im Restmüll entsorgt werden, sondern müssen bei den jeweiligen Sammelstellen kostenfrei abgegeben werden.

5.1.3 Betrachtete Wirkungskategorien

Folgende Wirkungskategorien werden in der orientierenden Ökobilanz betrachtet (Erläuterungen zu den Wirkungskategorien siehe Anhang):

- Kumulierter Primärenergiebedarf (KEA);
- Treibhauspotenzial (GWP);
- Versauerungspotenzial (AP).

Die Wirkungskategorien der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und der langlebigen organischen Schadstoffe (POP) werden in der Ökobilanzbewertung nicht berücksichtigt, da die Datenlage hierzu bei Desktop-PCs noch mit großer Unsicherheit behaftet ist.

³⁴ Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten, BGBl. 2005, Teil I, Nr. 17 (23.05.2005)

³⁵ Directive on Waste from Electrical and Electronic Equipment, RL 2002/96/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronik-Altgeräte vom 27.01.2003

³⁶ Directive on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten, ABI Nr. L 37, 13.02.2003

Insgesamt ist die Datenlage zu Umweltauswirkungen der Computerherstellung und -entsorgung momentan noch mangelhaft. Außerdem kann von einer breiten Streuung der Daten ausgegangen werden, je nachdem in welchem Land und mit welcher Technologie die einzelnen Komponenten hergestellt werden. Williams (2005) ermittelte Energiebedarfe für die Produktion, die sich um den Faktor 8 unterscheiden. So hat China im Gegensatz zu Japan vergleichsweise hohe Energiebedarfe. Unbefriedigend ist die Datenlage auch bezüglich human- und ökotoxischer Wirkungen sowie der Gewinnung von seltenen Metallen.

Auf der anderen Seite sind nicht nur der geografische Produktionsstandort und die angewandten Technologien ausschlaggebend für unterschiedliche Umweltauswirkungen in der Herstellungsphase. Prakash et al. (2010c) und Andrae und Anderson (2010) vermuten, dass die großen Unterschiede bei den Umweltauswirkungen der Herstellungsphase auf die unterschiedlichen Datengrundlagen, die Auswahl der Systemgrenzen und die Nutzung unterschiedlicher IKT-Datenbanken zurückzuführen sind. Andrae und Anderson (2010) vergleichen die lebenszyklusbezogenen Treibhausgasbilanzen (CO₂e.) stationärer Computer (mit LCD-Bildschirm) in zwei verschiedenen Studien (vgl. Abbildung 8):

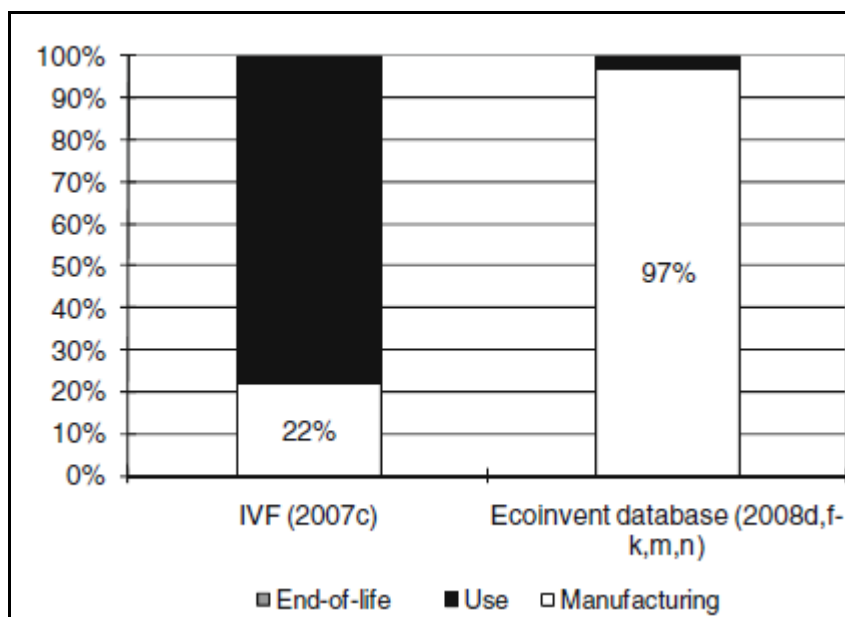


Abbildung 8 CO₂e über den Lebensweg stationärer Computer (mit LCD-Bildschirm) (Quelle: Andrae und Anderson 2010)

Abbildung 8 zeigt, dass die Herstellungsphase eines stationären Computers (mit LCD-Bildschirm) für 97% der Gesamtreibhausgasemissionen (CO₂e) zuständig ist, wenn die Datengrundlage der Ecoinvent Datenbank angewendet wird. Auf der anderen Seite macht die Herstellungsphase nur 26% der Gesamtreibhausgasemissionen (CO₂e) aus, wenn die EuP-Studie die Datengrundlage der Berechnung bildet. Tabelle 14 fasst die wesentlichen Ergeb-

nisse beider Studien zur Berechnung der Gesamtreibhausgasemissionen (CO₂e) stationärer Computer zusammen:

Tabelle 14 Vergleich verschiedener Treibhausgasbilanzen stationärer Computer (Quelle: Andrae und Anderson 2010)

Beschreibung des Geräts	Gewicht [kg/Stück]	kg CO ₂ e/ Stück	kg CO ₂ e/ kg	Herstellung u. Distribution [%]	Nutzung [%]	Entsorgung [%]
Desktop-PC, LCD-Screen, Europe, IVF, Wiege bis zur Bahre	17,0	340	20,0	22,0	78,0	0,3
Desktop-PC, LCD-Screen Switzerland, Ecoinvent Database, cradle-to-grave	18,0	3.300	180	97,0	3,0	0,1

Wie aus Tabelle 14 ersichtlich wird, variiert das Ergebnis je nach Studie und Datengrundlage zwischen 340 und 3.300 kg CO₂e pro Stück. Andrae und Anderson (2010) schlussfolgern, dass die EuP-Studie zu Computern die Treibhausgasbilanz (CO₂e) der Herstellung der elektronischen Komponenten unterschätzt.

Nichtsdestotrotz wurden für die im Rahmen dieser PROSA-Studie berechnete Ökobilanz die Daten zur Herstellungs- sowie Entsorgungsphase aus der EuP-Studie zu Computern verwendet, da es sich hier nur um eine orientierende Ökobilanz handelt. Allerdings dienen die Berechnungen der lebenszyklusbezogenen Treibhausgasbilanz der Ecoinvent-Studie als eine Art Sensitivitätsanalyse der orientierenden Ökobilanzberechnung der PROSA-Studie. Wichtig ist vor allem die Erkenntnis, dass die Herstellungsphase deutlich mehr zu den Gesamtumweltauswirkungen beiträgt als bisher vermutet.

In Tabelle 15 und Tabelle 16 sind die Ergebnisse der betrachteten Wirkungskategorien eines Desktop-PCs bezogen auf die Lebensdauer dargestellt. Dabei wird zwischen den einzelnen Lebensphasen unterschieden. Die Daten der Herstellungs- und Entsorgungsphase basieren auf EuP 2007, für die Umweltauswirkungen der Nutzungsphase wird der in Tabelle 12 zugrunde gelegte Energieverbrauch der Desktop-PCs angewendet. Die negativen Zahlenwerte bei der Entsorgung stehen für Gutschriften beim Recycling.

Tabelle 15 Umweltauswirkungen eines durchschnittlichen Desktop-PCs

	KEA [MJ]	GWP [kg CO ₂ eq.]	AP [kg SO ₂ eq.]
Herstellung	2.627	166	1,27
Nutzung Kategorie A	8.388,04 (76%)	479,42 (74%)	0,66 (35%)
Nutzung Kategorie B	10.129,42 (80%)	578,95 (78%)	0,80 (39%)
Nutzung Kategorie C	12.459,43 (83%)	712,13 (81%)	0,98 (44%)
Nutzung Kategorie D	17.462,00 (87%)	998,05 (86%)	1,37 (53%)
Entsorgung	–33	–1	–0,04
Summe Kategorie A	10.982,04	644,42	1,89
Summe Kategorie B	12.723,42	743,95	2,03
Summe Kategorie C	15.053,43	877,13	2,21
Summe Kategorie D	20.056,00	1.163,05	2,60

Wie aus Tabelle 15 hervorgeht, trägt hauptsächlich die Nutzungsphase zu den Umweltauswirkungen bei. Beim kumulierten Energieaufwand liegt der Anteil der Nutzungsphase je nach Gerätekategorie zwischen 76 und 87%. Ein ähnliches Bild ergibt sich beim Treibhauspotenzial. Der Anteil der Nutzungsphase liegt hier zwischen 74 und 86%. Lediglich beim Versauerungspotenzial trägt die Nutzungsphase mit 35–53% vergleichsweise wenig zu den Umweltauswirkungen bei.

Im Vergleich mit dem durchschnittlichen Gerät ist die Nutzungsphase eines effizienten Desktop-PCs etwas weniger relevant für die Gesamtumweltauswirkungen.

Tabelle 16 Umweltauswirkungen eines effizienten Desktop-PCs

	KEA [MJ]	GWP [kg CO ₂ eq.]	AP [kg SO ₂ eq.]
Herstellung	2.627	166	1,27
Nutzung A	2.910,47 (53%)	166,35 (50%)	0,23 (16%)
Nutzung B	2.346,36 (47%)	134,11 (45%)	0,18 (13%)
Nutzung C	6.115,26 (70%)	349,52 (70%)	0,48 (28%)
Nutzung D	8.927,62 (77%)	510,26 (76%)	0,70 (36%)
Entsorgung	–33	–1	–0,04
Summe A	5.504,47	331,35	1,46
Summe B	4.940,36	299,11	1,41
Summe C	8.709,26	514,52	1,71
Summe D	11.521,62	675,26	1,93

Bei den Kategorien A und B trägt die Nutzungsphase mit 53 und 47% zum kumulierten Energieaufwand bei, bei den Kategorien C und D mit 70 bzw. 77% (vgl. Tabelle 16). Eine ähnliche Verteilung ergibt sich beim Treibhauspotenzial. Hier hat die Kategorie A einen Anteil

von 50% an den Umweltauswirkungen, die Kategorie B einen Anteil von 45%, und Kategorien C und D haben einen Anteil von 70 bzw. 76%. Lediglich beim Versauerungspotenzial trägt die Nutzungsphase mit einem Anteil von 16 und 13% bei den Gerätekategorien A und B vergleichsweise wenig zu den Umweltbelastungen bei. Der Anteil der C- und D-Geräte liegt mit 28 und 36% etwas höher.

In Tabelle 17 und Tabelle 18 sind nun die Umweltauswirkungen eines durchschnittlichen sowie eines effizienten integrierten Desktop-PCs dargestellt. Wie bereits erwähnt basieren die Daten der Herstellungs- und Entsorgungsphase auf einem Notebook.

Tabelle 17 Umweltauswirkungen eines durchschnittlichen integrierten Desktop-PCs

	KEA [MJ]	GWP [kg CO ₂ eq.]	AP [kg SO ₂ eq.]
Herstellung	1.388	91	0,53
Nutzung Kategorie A	6.815,08 (83%)	389,52 (81%)	0,54 (52%)
Nutzung Kategorie B	7.507,54 (85%)	429,10 (83%)	0,59 (54%)
Entsorgung	-20	-1	-0,03
Summe Kategorie A	8.183,08	479,52	1,04
Summe Kategorie B	8.875,54	519,10	1,09

Wie man Tabelle 17 entnehmen kann, hat die Nutzungsphase einen bedeutenden Anteil an den Umweltbelastungen. Sie trägt mit einem Anteil von 83% bei den A-Geräten und 85% bei den B-Geräten zum kumulierten Energieaufwand bei. Auch beim Treibhauspotenzial hat sie mit 81 und 83% einen wesentlichen Anteil. Wie bei den „normalen“ Desktop-PCs ist auch bei den integrierten Desktop-PCs der Anteil der Nutzungsphase am Versauerungspotenzial am geringsten. Der Anteil der A-Geräte beträgt 52%, der der B-Geräte 54%.

Die Umweltauswirkungen eines effizienten Geräts sind in der folgenden Tabelle 18 veranschaulicht.

Tabelle 18 Umweltauswirkungen eines effizienten integrierten Desktop-PCs

	KEA [MJ]	GWP [kg CO ₂ eq.]	AP [kg SO ₂ eq.]
Herstellung	1.388	91	0,53
Nutzung Kategorie A	2.853,24 (68%)	163,08 (64%)	0,22 (31%)
Nutzung Kategorie B	5.232,31 (79%)	299,06 (77%)	0,41 (45%)
Entsorgung	-20	-1	-0,03
Summe Kategorie A	4.221,24	253,08	0,72
Summe Kategorie B	6.600,31	389,06	0,91

Obwohl der Stromverbrauch der effizienten Geräte deutlich geringer ist als der von durchschnittlichen integrierten Desktop-PCs, spielt die Nutzungsphase trotzdem eine große Rolle in Hinblick auf die Umweltbelastungen. Zum kumulierten Energieaufwand trägt sie mit 68% (Kategorie A) und 79% (Kategorie B) bei, zum Treibhauspotenzial mit 64% (Kategorie A) und 77% (Kategorie B). Beim Versauerungspotenzial hat die Nutzungsphase einen Anteil von 31% und 45%.

5.2 Analyse der Lebenszykluskosten

In der vorliegenden Studie werden die Kosten aus *Sicht der privaten Haushalte* berechnet. Berücksichtigt wurden folgende Kostenarten:

- Investitionskosten (Kosten für die Anschaffung eines Desktop-PCs),
- Betriebs- und Unterhaltskosten
 - Stromkosten,
 - Reparaturkosten,
- Entsorgungskosten.

5.2.1 Investitionskosten

Der Preis für die Anschaffung eines Desktop-PCs hängt stark von seiner Ausstattung und Leistung ab. Günstige Desktop-PCs gibt es bereits ab 500 Euro, man kann aber auch mehr als 2.000 Euro für einen Desktop-Computer ausgeben. Auf der Grundlage der von der Zeitschrift *c't* getesteten Geräte³⁷ wurde bei den nachfolgenden Berechnungen ein durchschnittlicher Kaufpreis von 830 Euro angesetzt.

5.2.2 Stromkosten

Der Strompreis setzt sich in der Regel aus einem monatlichen Grundpreis und einem Preis pro verbrauchte Kilowattstunde zusammen. Mit Hilfe des durchschnittlichen jährlichen Energieverbrauchs unterschiedlich großer Haushalte kann ein durchschnittlicher Kilowattstundenpreis bei einem entsprechenden Jahresstromverbrauch errechnet werden. Der Grundpreis wurde mit eingerechnet.

Tabelle 19 gibt einen Überblick über die Strompreise für unterschiedliche Haushaltsgrößen. In den vorliegenden Berechnungen wird mit dem Strompreis für einen durchschnittlichen Haushalt (0,232 Euro) gerechnet.

³⁷ Die Preise wurden aufgrund von 22 Geräten ermittelt, die von der Zeitschrift getestet wurden.

Tabelle 19 Strompreise für unterschiedlich große Haushalte³⁸

Haushaltsgröße	kWh-Preis (inkl. Grundgebühr)
<i>Durchschnitt</i>	0,232 Euro
1-Personen-Haushalt	0,247 Euro
2-Personen-Haushalt	0,231 Euro
3-Personen-Haushalt	0,225 Euro
4-Personen-Haushalt	0,223 Euro

Wendet man diesen Strompreis auf den Energieverbrauch der betrachteten Geräte an, ergeben sich jährliche Stromkosten wie in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20 Stromverbrauch und Stromkosten eines durchschnittlichen und eines effizienten Desktop-PCs

Desktop-PC Kategorie	Stromverbrauch durchschnittl. Desktop-PC [kWh/a]	Stromverbrauch effizienter Desktop-PC [kWh/a]	Stromkosten durchschnittl. Desktop-PC [Euro/a]	Stromkosten effizienter Desktop-PC [Euro/a]
A	102,6	35,6	23,80	8,26
B	123,9	28,7	28,74	6,66
C	152,4	74,8	35,36	17,35
D	213,59	109,2	49,55	25,33

5.2.3 Reparaturkosten

EuP 2007 geht bei Computern von Reparaturkosten in Höhe von 125 Euro aus. Diese beziehen sich auf den gesamten Lebenszyklus des Desktop-PCs und beziehen sich auf die Hardware. Für die Software werden Reparaturkosten in Höhe von 75 Euro angesetzt. Während der gesamten Lebensdauer fallen somit Kosten in Höhe von 200 Euro an. Bei einer angenommenen Lebensdauer von 6,6 Jahren kommt man so auf jährliche Reparaturkosten in Höhe von rund 30 Euro.

5.2.4 Entsorgungskosten

Seit dem 24. März 2006 sind die Hersteller für die Rücknahme und Entsorgung der Altgeräte (auch finanziell) verantwortlich. In der vorliegenden Untersuchung werden daher keine zusätzlichen Entsorgungskosten angenommen.

³⁸ Eigene Recherche; Stand: Februar 2009. Die Größe eines durchschnittlichen Haushalts liegt bei 2,08 Personen (Statistisches Bundesamt 2007, www.destatis.de)

5.2.5 Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse

Die jährlichen Gesamtkosten setzen sich aus den anteiligen Anschaffungskosten sowie den Kosten für die Nutzung, also Strom- und Reparaturkosten, zusammen.

Da sich Desktop-PCs und integrierte PCs in Bezug auf die Kosten kaum voneinander unterscheiden, werden in den folgenden Tabellen, Tabelle 21 und Tabelle 22, nur die Lebenszykluskosten von Desktop-PCs dargestellt. Da es sich jeweils um ein Gerät mit Grundausstattung handelt, wird angenommen, dass der Einkaufspreis sowie die Kosten für Reparaturen unabhängig von der Gerätekategorie sind.

Tabelle 21 Kostenvergleich durchschnittlicher Desktop-PCs bezogen auf ein Jahr

Kategorie	Anteilige Anschaffungskosten [Euro/a]	Nutzung [Euro/a]		Jährliche Gesamtkosten [Euro/a]
		Stromkosten	Reparaturkosten	
A	125,76	23,80	30,30	179,86
B	125,76	28,74	30,30	184,80
C	125,76	35,36	30,30	191,42
D	125,76	49,55	30,30	205,61

Wie aus der Tabelle 21 ersichtlich ist, belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten durchschnittlicher Desktop-PCs auf 180–206 Euro. Die Differenz der Gesamtkosten ergibt sich nur aufgrund der unterschiedlichen Stromkosten, denn die Anschaffungskosten sowie die Reparaturkosten wurden für alle Kategorien gleich angesetzt. Für Kategorie A entstehen die geringsten Kosten in Höhe von rund 180 Euro, danach folgt Kategorie B mit rund 185 Euro. Für Desktop-PCs der Kategorie C entstehen Gesamtkosten von 191 Euro pro Jahr und für D-Geräte 206 Euro.

Als Vergleich sind in Tabelle 22 die jährlichen Gesamtkosten effizienter Desktop-PCs dargestellt.

Tabelle 22 Kostenvergleich effizienter Desktop-PCs bezogen auf ein Jahr

Kategorie	Anteilige Anschaffungskosten [Euro/a]	Nutzung [Euro/a]		Jährliche Gesamtkosten [Euro/a]
		Stromkosten	Reparaturkosten	
A	125,76	8,26	30,3	164,32
B	125,76	6,66	30,3	162,72
C	125,76	17,35	30,3	173,41
D	125,76	25,33	30,3	181,39

Auch bei den effizienten Geräten resultieren die unterschiedlichen Gesamtkosten aus den jeweiligen Stromkosten. Bei Kategorie-A-Geräten fallen jährliche Kosten in Höhe von 164 Euro an, Kategorie B liegt mit 163 Euro pro Jahr sogar leicht darunter. Für Desktop-PCs der Gerätekategorie C entstehen jährliche Gesamtkosten in Höhe von 173 Euro, für Kategorie D in Höhe von 181 Euro.

5.3 Konsumtrends

Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, ist der zunehmende Verkauf von mobilen Computern Grund für das Wachstum des IT-Markts. Dennoch erleben stationäre Arbeitsplatzcomputer seit Mitte 2010 eine Renaissance. In der Regel bieten Arbeitsplatzcomputer mehr Leistung als mobile Computer zum gleichen Preis und lassen sich leichter nach- bzw. aufzurüsten (Stiftung Warentest 10/2008). Des Weiteren lassen sich Tastatur und Bildschirm bei stationären Arbeitsplatzcomputern unabhängig vom Rechner auf dem Schreibtisch aufstellen und positionieren, was wesentliche ergonomische Vorteile bietet. Je nach Nutzungsanforderungen sind Arbeitsplatzcomputer mit unterschiedlicher Ausstattung erhältlich und bieten eine enorme Produktvielfalt für unterschiedlichste Nutzergruppen. Um dem Trend zu handlichen Computern zu folgen, werden vermehrt kompakte Arbeitsplatzcomputer im Handel angeboten.

5.4 Nutzenanalyse

Die Analyse des Nutzens wird nach der Benefit-Analyse von PROSA durchgeführt. Dabei werden die drei Nutzenarten Gebrauchsnutzen, symbolischer Nutzen und gesellschaftlicher Nutzen qualitativ analysiert. Für die Analyse gibt PROSA jeweils Checklisten vor. Aufgrund der Besonderheiten einzelner Produktgruppen können einzelne Checkpunkte aus Relevanzgründen entfallen oder neu hinzugefügt werden. Die drei Checklisten werden am Anfang des jeweiligen Kapitels wiedergegeben.

5.4.1 Gebrauchsnutzen

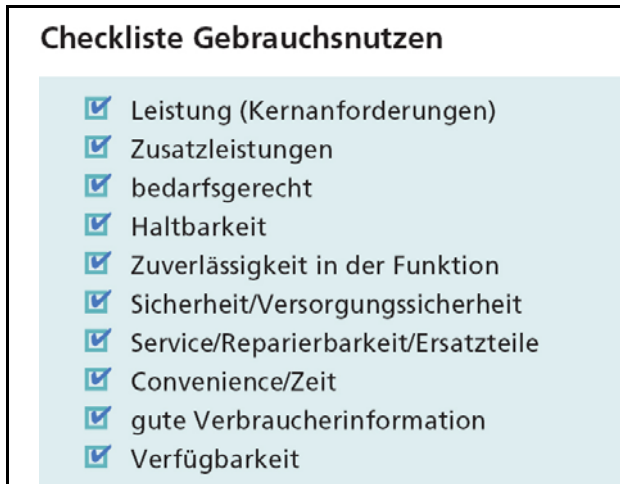


Abbildung 9 Checkliste Gebrauchsnutzen

Bezüglich des Gebrauchsnutzens ergeben sich für Arbeitsplatzcomputer folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

- Rechenleistung: Im Vergleich zu mobilen Geräten haben Arbeitsplatzcomputer in der Regel eine höhere Leistung. Arbeitsplatzcomputer eignen sich sowohl für Office-Anwendungen als auch für Spiele.
- Auf- und Nachrüstung / Lebensdauer: Arbeitsplatzcomputer können relativ leicht um- oder aufgerüstet werden. Durch den Austausch weniger Komponenten sind sie schnell auf den aktuellsten technischen Stand zu bringen und können dadurch länger genutzt werden.
- Ergonomie: Bildschirm und Tastatur lassen sich unabhängig vom Rechner auf dem Schreibtisch aufstellen und positionieren. Sie sind somit auch für längere Arbeiten am Arbeitsplatz geeignet und erfüllen die gesetzlichen Bestimmungen für Bildschirm-arbeitsplätze.
- Schäden: Arbeitsplatzcomputer sind deutlich weniger schadensanfällig oder diebstahlgefährdet als mobile Computer. Gerät bspw. Wasser in die Tastatur, kann diese durch eine neue ersetzt werden, wohingegen mobile Geräte oft komplett ausgetauscht werden müssen.
- Preis: Je nach Ausstattung sind Arbeitsplatzcomputer günstiger als tragbare Computer.

Nachteile

- Energieverbrauch und Geräuschemissionen: Im Vergleich zu tragbaren Computern sind Arbeitsplatzcomputer weniger energieeffizient und lauter.
- Mobilität: Wie der Begriff „stationär“ schon deutlich macht, sind stationäre Arbeitsplatzrechner nicht für den mobilen Gebrauch geeignet.

5.4.2 Symbolischer Nutzen

Checkliste Symbolischer Nutzen	
☒	Äußere Erscheinung /Design/ Geschmack/ Haptik/Akkustik o.ä.
☒	Prestige/Status
☒	Identität/Autonomie/Entfaltung
☒	Kompetenz
☒	Sicherheit/Vorsorge/Sorge für Andere
☒	Privatheit
☒	Sozialer Kontakt/Gemeinschaftspflege
☒	Genuss/Vergnügen/Freude/Erlebnis
☒	Kompensation/Belohnung
☒	Konsonanz mit gesellschaftlichen, religiösen oder ethischen Meta-Präferenzen

Abbildung 10 Checkliste Symbolischer Nutzen

Viele Hersteller von stationären Computern setzen auf das Design, werben mit bunt oder edel gestalteten Gehäusen und machen einen Arbeitsplatzcomputer zum Prestigeobjekt.

5.4.3 Gesellschaftlicher Nutzen

Checkliste Gesellschaftlicher Nutzen	
☒	Armutsbekämpfung
☒	Grundbedürfnis Ernährung
☒	Grundbedürfnis Wohnen
☒	Grundbedürfnis Gesundheit
☒	Information und Bildung
☒	Friedenssicherung
☒	Klimaschutz
☒	Biodiversität
☒	Qualifizierte Arbeitsplätze
☒	Gesellschaftliche Stabilität

Abbildung 11 Checkliste Gesellschaftlicher Nutzen

Arbeitsplatzcomputer sind vor allem aus zwei Gründen von gesellschaftlichem Nutzen:

- Ein an die individuellen Nutzungsanforderungen angepasster Arbeitsplatzcomputer verbraucht vergleichsweise wenig Strom und trägt dadurch zum Klimaschutz bei.
- Durch das leichte Nach- und Aufrüsten einzelner Komponenten kann die Nutzungsdauer von Arbeitsplatzrechnern verlängert werden, was eine massive Reduktion der Umweltbelastungen zur Folge hat.³⁹

5.4.4 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Die Ergebnisse der Nutzenanalyse sind in Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 23 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Nutzen	Produktspezifische Aspekte
Gebrauchsnutzen	
Rechenleistung	Aufgrund ihrer hohen Rechenleistung eignen sich Arbeitsplatzcomputer sowohl für Office-Anwendungen als auch für Spiele.
Auf- und Nachrüstung / Lebensdauer	Arbeitsplatzcomputer können einfach um- oder aufgerüstet werden. Durch den Austausch weniger Komponenten sind die schnell auf den aktuellsten technischen Stand zu bringen und können dadurch länger genutzt werden.
Ergonomie	Bildschirm und Tastatur lassen sich individuell auf dem Schreibtisch aufstellen und positionieren. Sie sind somit auch für längeres Arbeiten am Arbeitsplatz geeignet und erfüllen die gesetzlichen Bestimmungen für Bildschirmarbeitsplätze.
Schäden	Arbeitsplatzcomputer sind viel weniger schadensanfällig oder diebstahlgefährdet als mobile Computer. Gerät bspw. Wasser in die Tastatur, kann diese durch eine neue ersetzt werden, wohingegen mobile Geräte oft komplett ausgetauscht werden müssen.
Preis	Je nach Ausstattung sind Arbeitsplatzcomputer günstiger als tragbare Computer.
Symbolischer Nutzen	
Design	Mit bunt oder edel gestalteten Gehäusen werden Arbeitsplatzcomputer zum Prestigeobjekt.
Gesellschaftlicher Nutzen	
Klimaschutz	Ein an die individuellen Bedürfnisse angepasster Arbeitsplatzcomputer hat einen vergleichsweise geringen Energieverbrauch.
Reduktion der Umweltbelastungen	Durch das leichte Nach- und Aufrüsten einzelner Komponenten kann die Nutzungsdauer von Arbeitsplatzrechnern verlängert werden, was eine massive Reduktion der Umweltbelastungen zur Folge hat.

³⁹ Dies kann damit begründet werden, dass die Herstellungsphase bei Computern im Gegensatz zu vielen anderen Produkten fast ebenso stark ins Gewicht fällt wie die Nutzungsphase.

6 Gesamtbewertung und Ableitung der Vergabekriterien

Für die Entwicklung der Vergabekriterien für ein Klimaschutzbezogenes Umweltzeichen für stationäre Arbeitsplatzcomputer ist es zuerst notwendig, den Geltungsbereich fundiert festzulegen. Ausgehend von den beobachteten Technologietrends (vgl. Kapitel 3) ist festzustellen, dass eine Kategorisierung nach unterschiedlichen Hardwarespezifikationen (Prozessor, Grafikkarte und Arbeitsspeicher) möglich ist. Version 5.0 der ENERGY STAR®-Anforderungen unterscheidet tatsächlich auf der Basis der Hardwareausstattung drei Kategorien stationärer Computer. Deshalb ist anzuraten, analog zum Vorgehen beim ENERGY STAR den Geltungsbereich mithilfe der Funktionsbeschreibung festzulegen.

Bezüglich konkreter Anforderungen für die Vergabe eines Umweltzeichens für Arbeitsplatzcomputer werden in den folgenden Kapiteln die bestehenden Vergabegrundlagen für stationäre Arbeitsplatzcomputer verschiedener Umweltzeichen analysiert.

6.1 ENERGY STAR

Die aktuelle Version des ENERGY STAR für Computer (ENERGY STAR Program Requirements for Computers Version 5.0) unterscheidet vier Kategorien von tragbaren Computern (für die Beschreibung der Kategorien vgl. Kapitel 4.1 Energieverbrauch). Dabei gelten folgende Anforderungen, die als TEC in kWh pro Jahr angegeben werden:

Wie aus Tabelle 24 ersichtlich wird, liegt der Grenzwert für Kategorie A bei 148,0 kWh, für Kategorie B bei 175,0 kWh, für Kategorie C bei 209,0 kWh und für die Kategorie D bei 234,0 kWh. Diese Grenzwerte gelten für die Geräte in der Grundausstattung, wie sie in den jeweiligen Kategorien festgelegt wurden (vgl. Kapitel 4.1). Die ENERGY STAR-Spezifikationen schlagen bei so genannten funktionsspezifischen Anpassungen, auch Leistungs-Upgrades genannt, diesen Grenzwerten „Bonus kWh“ zu. Beispielsweise wird zum Grundgrenzwert eines stationären Computers pro aufgerüstetes Gigabyte (GB) Arbeitsspeicher 1 kWh hinzugefügt. Weiterhin werden z.B. für die Kategorie A weitere 35 kWh hinzugefügt, wenn eine externe Grafikkarte vorhanden ist, deren Bildspeicher größer ist als 128 bit.

Tabelle 24 Energieeffizienzanforderungen der ENERGY STAR Version 5.0 für Computer

E_{TEC}-Anforderung — Tischcomputer und Notebook-Computer		
	Tischcomputer und integrierte Tischcomputer (kWh)	Notebook-Computer (kWh)
TEC	Kategorie A: ≤ 148,0 Kategorie B: ≤ 175,0 Kategorie C: ≤ 209,0 Kategorie D: ≤ 234,0	Kategorie A: ≤ 40,0 Kategorie B: ≤ 53,0 Kategorie C: ≤ 88,5
Funktionsspezifische Anpassungen		
Speicher	1 kWh (je GB über Grundspeicher) <i>Grundspeicher:</i> Kategorien A, B und C: 2 GB Kategorie D: 4 GB	0,4 kWh (je GB über 4)
Premium-Grafikkarte (<i>für diskrete GPUs mit bestimmter Framebufferbreite</i>)	Kategorien A und B: 35 kWh (Framebufferbreite ≤ 128-bit) 50 kWh (Framebufferbreite > 128-bit) Kategorien C und D: 50 kWh (Framebufferbreite > 128-bit)	Kategorie B: 3 kWh (Framebufferbreite > 64-bit)
Zusätzl. interner Speicher	25 kWh	3 kWh

Im Rahmen dieser PROSA-Studie wurde die ENERGY STAR-Datenbank (Zugriff August 2010) zur Identifizierung effizienter, ineffizienter und durchschnittlicher Geräte herangezogen. Dabei wurden 175 Geräte der Kategorie A, 186 Geräte der Kategorie B, 65 Geräte der Kategorie C und 219 Geräte der Kategorie D, jeweils in der Grundausstattung, ausgewertet.

Setzt man voraus, dass ein Umweltzeichen das Ziel hat, auf die ca. 20–30% besten der am Markt erhältlichen Produkte anwendbar zu sein, scheint es sinnvoll, dass der Grenzwert für den jährlichen Energieverbrauch eines stationären Computers die TEC-Anforderungen der ENERGY STAR-Version 5.0 um einen gewissen Prozentsatz übertrifft. Dabei wird angenommen, dass die Marktabdeckung der Geräte der ENERGY STAR-Datenbank kontinuierlich zunimmt. Tabelle 25 zeigt, die erwartete Marktabdeckung der ENERGY STAR-Geräte.

Tabelle 25 Marktabdeckung ENERGY STAR-Version 4.0 und 5.0 (Quelle: Working Document on Ecodesign Requirements for Computers)

	Tier I	Tier II
	ENERGY STAR Computers v4.0	ENERGY STAR Computers v5.0
Computer Product	Jan-11	Jan-13
All Computers	89%	95%
Notebook All	74%	79%
Notebook Category A	95%	95%
Notebook Category B	66%	76%
Notebook Category C	66%	67%
Desktop All	95%	95%
Desktop Category A	89%	89%
Desktop Category B	95%	95%
Desktop Category C	95%	95%
Desktop Category D	89%	91%

Es wird klar, dass 89% der Kategorie-A-, 95% der Kategorie-B-, 95% der Kategorie-C- und 91% der Kategorie-D-Geräte bis Januar 2013 die Kriterien von ENERGY STAR erfüllen werden. Aus diesen Gründen ist es empfehlenswert, die Grenzwerte eines Umweltzeichens strenger festzulegen als ENERGY STAR Version 5.0.

Nach der Analyse der ENERGY STAR-Datenbank werden folgende Grenzwerte für die jeweilige Kategorie vorgeschlagen:

Tabelle 26 Vorschlag für Energieeffizienzgrenzwerte für ein Umweltzeichen

Kategorie	Vorschlag Grenzwert Umweltzeichen [kWh/a]	Abdeckung der ENERGY STAR-Datenbank [%]	Abweichung vom Grenzwert der Version 5.0 ENERGY STAR [%]
A	88,8	19	-40
B	131,25	28	-25
C	146,3	3,08	-30
D	187,2	8,12	-20

Damit ist der Umweltzeichen-Grenzwert für Kategorie A 40%, für Kategorie B 25%, für Kategorie C 30% und für Kategorie D 20% anspruchsvoller als die Grenzwerte der ENERGY STAR Version 5.0 für Computer und deckt je nach Kategorie zwischen 3 und 28% der Geräte der ENERGY STAR-Datenbank.

Neben den Grenzwerten in kWh pro Jahr legt die ENERGY STAR Version 5.0 für Computer auch Anforderungen an das Power Management fest. Beispielsweise muss der Ruhemodus bei der Auslieferung so eingestellt sein, dass er nach 30 min Inaktivität des Nutzers aktiviert wird. Außerdem müssen die Geräte beim Übergang in den Ruhemodus oder Aus-Zustand

die Geschwindigkeit aller aktiven 1-Gb/s-Ethernet-Netzverbindungen reduzieren. Darüber hinaus muss das Gerät bei der Auslieferung so eingestellt sein, dass es nach 15 min Inaktivität des Nutzers den Monitor ausschaltet.

Weiterhin legt die Version 5.0 ENERGY STAR für Computer Mindestanforderungen an die internen und externen Netzteile.

Die Anforderungen für die internen Netzteile können wie folgt zusammengefasst werden:

- Effizienz in Betrieb (active mode efficiency):
 - 85% bei 50% der angegebenen Netzteilast⁴⁰
 - 82% bei 20% der angegebenen Netzteilast
 - 82% bei 100% der angegebenen Netzteilast
- Leistungsfaktor (power factor): $\geq 0,9$ bei 100% der angegebenen Netzteilast
- Stromverbrauch im Leerlauf (no-load power consumption): Keine Anforderungen

Ist das Gerät mit einem externen Netzteil ausgestattet, muss dies den noch gültigen ENERGY STAR-Anforderungen⁴¹ an externe Netzteile genügen (ENERGY STAR Program Requirements for Single Voltage External Ac-Ac and Ac-Dc Power Supplies, Version 2.0). Diese sind wie folgt spezifiziert:

- Effizienz in Betrieb (active mode efficiency): Das Netzteil muss eine Mindesteffizienz entsprechend Tabelle 27 und Tabelle 28 aufweisen.

Tabelle 27 Mindesteffizienz von externen Standardnetzteilen für ENERGY STAR (Version 2.0)

Nameplate Output Power (P_{no})	Minimum Average Efficiency in Active Mode (expressed as a decimal) ²
0 to ≤ 1 watt	$\geq 0.480 * P_{no} + 0.140$
> 1 to ≤ 49 watts	$\geq [0.0626 * \ln(P_{no})] + 0.622$
> 49 watts	≥ 0.870

⁴⁰ Im Englischen: Rated output

⁴¹ Die ENERGY STAR Program Requirements for Single Voltage External Ac-Ac and Ac-Dc Power Supplies, Version 2.0 laufen zum 31. Dezember 2010 aus und werden nicht mehr weiter vergeben.

Tabelle 28 Mindesteffizienzen von externen Niederspannungsnetzteilen⁴² für ENERGY STAR (Version 2.0)

Nameplate Output Power (P_{no})	Minimum Average Efficiency in Active Mode (expressed as a decimal) ²
0 to ≤ 1 watt	$\geq 0.497 * P_{no} + 0.067$
> 1 to ≤ 49 watts	$\geq [0.0750 * \ln(P_{no})] + 0.561$
> 49 watts	≥ 0.860

Die Netzteil-effizienzen errechnen sich nach ENERGY STAR (Version 2.0) aus dem einfachen arithmetischen Mittel der gemessenen Effizienzwerte bei 100%, 75%, 50% und 25% der angegebenen Netzteil-last.

- Leistungsfaktor (power factor):
Netzteile mit einem Eingangsstrom von mindestens 100 W müssen einen Leistungsfaktor $\geq 0,9$ bei 100% der angegebenen Netzteil-last aufweisen.
- Stromverbrauch im Leerlauf (no-load power consumption):
Für den Stromverbrauch im Leerlauf gelten die Grenzwerte der Tabelle 29.

Tabelle 29 Maximaler Stromverbrauch im Leerlauf für ENERGY STAR (Version 2.0)

Nameplate Output Power (P_{no})	Maximum Power in No-Load	
	Ac-Ac EPS	Ac-Dc EPS
0 to < 50 watts	≤ 0.5 watts	≤ 0.3 watts
≥ 50 to ≤ 250 watts	≤ 0.5 watts	≤ 0.5 watts

6.2 80PLUS-Label für Netzteile

Der 80PLUS-Label (www.80plus.org) wird für effiziente Netzteile vergeben. Das Label wird in vier Kategorien unterteilt: Bronze, Silber, Gold und Platin und stellt Kriterien an die Mindest-effizienz (elektrischer Wirkungsgrad) bei 20%, 50% und 100% Nennleistung sowie an den Leistungsfaktor. Die Stufe Platin stellt die anspruchsvollsten Kriterien an die Energieeffizienz der Netzteile.

Im Folgenden ist die Anzahl der Geräte, die die Kriterien vom 80PLUS-Label erfüllen, dargestellt:

⁴² ENERGY STAR (Version 2.0) definiert Niederspannungsnetzteile als Netzteile, die eine Ausgangsspannung von weniger als 6 V sowie eine Ausgangsstromstärke von mehr als 550 mA angeben.

Tabelle 30 Anzahl der Geräte mit 80PLUS-Label (Quelle: www.80plus.org; Zugriff Oktober 2010)

Kriterium	Anzahl Geräte
80PLUS BRONZE	19
80PLUS SILBER	55
80PLUS GOLD	78
80PLUS PLATIN	23

Nach den Kriterien des 80PLUS GOLD müssen interne Netzteile folgende Kriterien erfüllen:

- Effizienz in Betrieb (active mode efficiency):
 - 92% bei 50% der angegebenen Netzteillast,⁴³
 - 88% bei 20% der angegebenen Netzteillast,
 - 88% bei 100% der angegebenen Netzteillast;
- Leistungsfaktor (power factor): $\geq 0,9$ bei 50% der angegebenen Netzteillast;
- Stromverbrauch im Leerlauf (no-load power consumption): keine Anforderungen.

6.3 Ökodesign-Richtlinie 2005/32/EG

In der aktuelleren Entwurfsversion⁴⁴ (EC 2009) sind folgende verbindlichen Mindeststandards vorgesehen:

Anforderungen an die Energieeffizienz

- 12 Monate nach Inkrafttreten müssen tragbare Computer der Kategorie A und B für den europäischen Markt die Anforderungen an die Energieeffizienz von ENERGY STAR Version 5.0 erfüllen.
- 18 Monate nach Inkrafttreten müssen tragbare Computer der Kategorie C für den europäischen Markt die Anforderungen an die Energieeffizienz von ENERGY STAR Version 5.0 erfüllen.

Zudem sieht der Entwurf vor, dass 12 Monate nach Inkrafttreten der Durchführungsmaßnahme der Stromverbrauch im Ruhemodus der tragbaren Computer 1,70 W nicht überschreiten darf.

Außerdem darf ab Inkrafttreten der Durchführungsmaßnahme der Stromverbrauch im Aus-Zustand 1,0 W nicht überschreiten. Ab 7. Januar 2013 soll dieser Wert auf 0,50 W reduziert werden. Diese Grenzwerte und die Terminierung entsprechen den Anforderungen der so

⁴³ Im Englischen: Rated output

⁴⁴ Diese Entwurfsversion befindet sich derzeit noch in Abstimmung und wurde noch nicht vom Regelungsausschuss verabschiedet. Änderungen sind daher noch durchaus möglich.

genannten „Stand-by-Verordnung“⁴⁵. Ausnahmen gelten in beiden Stufen für Geräte mit Wake-On-LAN (WoL)-Funktion. Für diese Geräte liegen die Obergrenzen jeweils um 0,70 W höher.

Anforderungen an die Netzteile

12 Monate nach Inkrafttreten der Durchführungsmaßnahme sollen interne Netzteile den Anforderungen von ENERGY STAR Version 5.0 erfüllen. Ist das Gerät mit einem externen Netzteil ausgestattet, gilt seit dem Mai 2010 die erste Stufe der Anforderungen der so genannten Netzteilverordnung⁴⁶. Die zweite Stufe tritt im Mai 2011 in Kraft.

6.4 Blauer Engel

Die Vergabegrundlage des Blauen Engel für Arbeitsplatzcomputer und tragbare Computer (RAL-UZ 78 vom September 2009) geht insgesamt über die Energieverbrauchskriterien, die aus der ENERGY STAR Version 5.0 für Computer übernommen wurden, hinaus und beinhaltet weitere umwelt- und schadstoffrelevante Kriterien wie z.B.:

- recyclinggerechte Konstruktion,
- Materialanforderungen an die Kunststoffe der Gehäuse, Gehäuseteile und Chassis sowie Tastaturen,
- Materialanforderungen an die Kunststoffe der Leiterplatten,
- Kennzeichnung von Kunststoffen,
- Reparatursicherheit,
- Rücknahme der Geräte,
- Verpackung,
- Geräuschemissionen,
- Erweiterung der Leistungsfähigkeit,
- weitere Anforderungen an Bildschirmgeräte,
- Verbraucherinformation.

⁴⁵ Verordnung (EG) Nr. 1275/2008 der Kommission vom 17. Dezember 2008 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an den Stromverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Bereitschafts- und im Aus-Zustand.

⁴⁶ Verordnung (EG) Nr. 278/2009 der Kommission vom 6. April 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an die Leistungsaufnahme externer Netzteile bei Nulllast sowie ihre durchschnittliche Effizienz im Betrieb.

6.5 EU-Umweltzeichen

Das EU-Umweltzeichen befindet sich derzeit in der Überarbeitung. Die Kriterien des EU-Umweltzeichens für stationäre Computer, so wie sie beim Regelungsausschuss im Oktober 2010 verabschiedet wurden, sehen folgende Anforderungen an den Energieverbrauch vor:

„The energy efficiency performance of desktop and integrated desktop computers shall exceed the appropriate category energy efficiency requirements set out in the Agreement as amended by Decision 2010/C 186/1 (hereinafter: ENERGY STAR v5.0) by at least

Category A: 40%

Category B: 25%,

Category C: 25%,

Category D: 30%.

Capability adjustments allowed under the Agreement as amended by ENERGY STAR v5.0 may be applied at the same level, except in the case of Discrete Graphics Processing Units (GPUs) where no additional allowance shall be given“.

Übersetzt bedeutet das, dass der zulässige Energieverbrauch:

- Der Kategorie-A-Geräte mindestens 40%,
- der Kategorie-B-Geräte mindestens 25%,
- der Kategorie-C-Geräte mindestens 25% und
- der Kategorie-D-Geräte mindestens 30%

niedriger sein muss als der ENERGY STAR-Grenzwert.

Hinzu kommen umfangreiche Kriterien im Bereich der Materialanforderungen, der Beschränkung des Einsatzes gesundheitsgefährdender Stoffe, der Nutzung von Rezyklatkunststoffen, der Rezyklierbarkeit, der Nutzerinformation, der Verpackung und der Verlängerung der Lebensdauer.

6.6 Nordic Swan

Tragbare Computer, die mit dem Nordic Swan ausgezeichnet sind, müssen bezüglich Energieeffizienz den ENERGY STAR-Anforderungen (Version 5.0) genügen. Zudem müssen die Geräte mit einem gut sichtbaren und gut erreichbaren Ausschalter ausgestattet sein.

Darüber hinaus macht der Nordic Swan in folgenden Bereichen Vorgaben:

- Zerlegbarkeit,
- Beschaffenheit und Kennzeichnung der Kunststoffe,
- Vermeidung verschiedener gesundheitsgefährdender Stoffe,
- Nutzerinformation.

6.7 EPEAT

Die EPEAT-Kriterien bestehen aus 23 verpflichtenden und 28 optionalen Kriterien. Das EPEAT-Zeichen wird in drei Versionen (Bronze, Silber und Gold) vergeben. Für EPEAT-Bronze muss ein Produkt alle verpflichtenden Kriterien erfüllen. Für EPEAT-Silber muss ein Produkt zusätzlich mindestens 50% der optionalen Kriterien erfüllen. Für EPEAT-Gold muss ein Produkt zusätzlich zu den verpflichtenden Kriterien 75% der optionalen Kriterien erfüllen.

Bezüglich Energieeffizienz verlangt EPEAT die Einhaltung der jeweils gültigen Version des ENERGY STAR. EPEAT geht aber insgesamt über die Energieverbrauchskriterien hinaus und beinhaltet weitere verpflichtende und optionale Kriterien aus den folgenden Bereichen:

- Reduktion umweltrelevanter Materialien (reduction / elimination of environmentally sensitive materials),
- Materialauswahl (materials selection),
- recyclinggerechte Konstruktion (design for end of life),
- Produktlanglebigkeit / Verlängerung der Lebensdauer (product longevity / life cycle extension),
- Rückgabesysteme (end-of-life management)
- betriebliche Nachhaltigkeitsansätze (corporate performance),
- Verpackung (packaging).

Das EPEAT-System funktioniert allerdings anders als das des Blauen Engel. Das System sieht vor, dass die Hersteller Produkte, die die EPEAT-Kriterien erfüllen, selbst in das EPEAT-Register eintragen. Es findet erst einmal keine Produktprüfung statt. Allerdings wählt das EPEAT Board of Advisors jährlich ein paar Produkte aus und prüft, ob sie die EPEAT-Kriterien tatsächlich erfüllen. Dafür muss der Hersteller dem EPEAT-Komitee Nachweise für das ausgewählte Produkt vorlegen. Wenn das ausgewählte Produkt ein Kriterium nicht erfüllt, muss der Hersteller sein Produkt aus dem EPEAT-Register zurückziehen. Auch externe Stakeholder können das EPEAT-Komitee darauf aufmerksam machen, wenn ein Produkt EPEAT-Kriterien nicht erfüllt.

Der Vorteil dieses Systems liegt darin, dass die langwierigen Prüfungen der Produkte nicht oder nur bei wenigen Produkten stattfinden. Ein weiterer Vorteil des EPEAT-Systems ist, dass der Standard in 40 Ländern angewendet wird. Außerdem gibt es viele „weiche“ Kriterien, die je nach Land variieren können (bspw. Rücknahmesysteme, Wiederverwendung des Verpackungsmaterials usw.). Wenn ein Kriterium in einem Land nicht anwendbar ist, kann der Antragsteller um eine landesspezifische Ausnahme bitten. In Deutschland gibt es schon 525 Produkte (Desktops, Notebooks, Bildschirme, Thin Clients usw.) mit EPEAT-Zertifikat (Stand 22.10.2010), darunter 96 Desktop-PCs und 27 integrierte Desktop-PCs.

Allerdings sind die obligatorischen EPEAT-Kriterien nicht so streng wie die der Umweltzeichen EU-Blume, Blauer Engel und Nordic Swan. Oft weisen die obligatorischen EPEAT-

Kriterien nur auf die Einhaltung der Gesetze hin, wie z.B. 'compliance with provisions of European RoHS Directive' oder 'Minimum 65 percent reusable / recyclable materials according to WEEE directive'. Außerdem gibt es Kriterien, wonach nur eine Art Berichterstattung über die eingesetzten Schadstoffe erfolgen muss, z.B. eine Auskunft über den Quecksilbergehalt in Flachbildschirmen, aber keine Grenzwerte festgelegt werden. Strengere Kriterien, die konkrete Grenzwerte anfordern und über das Gesetz hinausgehen, sind optional.

6.8 TCO Development

Bezüglich Energieeffizienz verweist das TCO-Label (Version 3.0 für Desktops vom 15. März 2010) auf die jeweils aktuellste Version des ENERGY STAR. Das besondere am TCO-Label ist, dass großer Wert auf die Ergonomie gelegt wird. Darüber hinaus werden Vorgaben zur Emission von elektromagnetischer Strahlung und Lärm, zur Produktsicherheit und zu weiteren Umwelt- und Sozialanforderungen gemacht. Diese umfassen folgende Kategorien:

- Umwelt- und Sozialmanagementsysteme,
- Klimaschutz,
- umweltschädliche Substanzen,
- Produktlebensdauer,
- recyclinggerechte Konstruktion,
- Verpackung.

6.9 Ableitung eines Umweltzeichens für Arbeitsplatzcomputer

Aus den dargestellten Überlegungen werden Vergabekriterien für ein Umweltzeichen für Arbeitsplatzcomputer abgeleitet. Die Kriterien sind im Anhang dieser Studie dokumentiert.

7 Literatur

- Andrae und Anderson 2010 Andrae ASG; Anderson O; Life Cycle Assessment of Consumer Electronics; Int J Life Cycle Assess, 2010, 15, 827–836
- BGIA 2008 Institut für Arbeitsschutz, der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA) (Hrsg.); Ergonomische Anforderungen an Eingabemittel für Geräte der Informationstechnik; BGIA-Report 03/2008
- BildschArbV 2008 Bildschirmarbeitsverordnung: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten. Zuletzt geändert durch Art. 7 V v. 18.12.2008 I 2768; <http://www.gesetze-im-internet.de/bildscharbv/BJNR184300996.html> (Zugriff 14.03.2011)
- BITKOM 2009 Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.Vt. (BITKOM); Presseinformation: PC-Verkäufe legen trotz der Krise kräftig zu. Berlin, 13 Oktober 2009
- ChemSec 2010 International Chemical Secretariat (ChemSec); Electronics without Brominated Flame Retardants and PVC: a market overview; ChemSec 2010, http://www.chemsec.org/images/stories/publications/ChemSec_publications/Electronics_Without_Brominated_Flame_Retardants_and_PVC_-_a_Market_Overview_100608.pdf (Zugriff 14.03.2011)
- c't 21/2010 Platten-Karussell: Festplatten bis 3 Terabyte; c't 21/2010, S. 134–137
- c't 19/2010 Von der Stange: Komplett-PCs der 500-Euro-Klasse; c't 19/2010, S. 130–135
- c't 18/2010 Technik für morgen: Was die neueste PC-Technik leistet – und was danach kommt; c't 18/2010, S. 80–87
- c't 17/2010 Mac Pro jetzt mit bis zu zwölf CPU-Kernen; c't 17/2010, S. 32
- c't 12/2010 Zellkulturen: Solid-State Disks bis 256 GByte; c't 12/2010, S. 118–123
- c't 05/2010 Eine Frage der Dosis: Spiele-PCs von 500 bis 1.500 Euro; c't 05/2010, S. 90–99
- c't 04/2010 Kaufrausch: Umfrage PC-Markt 2009; c't 4/2010, S. 152–157
- c't 25/2009a Turbo-Lader: Komplett-PC mit Intels Core i5 und i7; c't 25/2009, S. 120–125
- c't 25/2009b Chips nach Wahl: Aktuelle Technik für Desktop-PCs; c't 25/2009, S. 96–101

c't 25/2009c	Wünsch dir mal wieder was: Bauvorschläge für leise, schnelle und sparsame PCs; c't 25/2009, S. 102–107
c't 25/2009d	Filterwochen: Kriterien für den Notebook-Kauf; c't 25/2009, S. 88–95
c't 25/2009e	Eine Frage des Stils: Wegweiser zum optimalen PC; c't 25/2009, S. 82–87
c't 21/2009	Verdrängungswettbewerb: Notebooks mit 16- und 17-Zoll-Displays, die den Desktop-PC ersetzen können; c't 21/2009, S. 90–97
c't 20/2009	All-in-One-Parade; c't 20/2009, S. 19
c't 08/2009	All-in-One-PCs mit AMD-Prozessoren; c't 8/2009, S. 23
c't 04/2009	Atomnachfolger; c't 4/2009, S. 24
c't 25/2008	Kleinpackungen: Zwei Nettop-PCs mit Intel-Atom-Prozessoren; c't 25/2008, S. 76–78
EC 2009	Europäische Kommission (EC): Working Document on Ecodesign Requirements for Computers and for Servers. Version 2 vom 23.12.2009; Brüssel, 2009
EuP 2007	Preparatory studies for Eco-design Requirements of EuPs, Lot 3: Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors, July 2007
gfu, BVT und GfK 2010a	Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik (gfu): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX), Januar 2010 – März 2010
gfu, BVT und GfK 2010b	Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik (gfu): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX), Januar 2010 – Juni 2010
gfu und GfK 2009	Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik (gfu): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX), 2009
Grießhammer et al. 2007	Grießhammer, R.; Buchert, M.; Gensch, C.-O.; Hochfeld, C.; Manhart, A.; Rüdenauer, I.; in Zusammenarbeit mit Reisch, L.; Öko-Institut e.V. in Kooperation mit Copenhagen Business School (CBS); PROSA – Product Sustainability Assessment. Leitfaden; Freiburg, Darmstadt: Berlin, 2007
Groß et al. 2008	Groß, R.; Bunke, D.; Gensch, C.-O.; Zangl, S.; Manhart, A.; Study on Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, Not Regulated by the RoHS Directive; Freiburg 2008

Heijungs et al. 1992	Heijungs, R. (final ed.); Environmental Life Cycle Assessment of Products. Guide (part 1) and Backgrounds (Part 2); prepared by CML, TNO and B&G; Leiden: 1992
IPCC 1995	IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Climate Change 1995 – The science of Climate Change
iX 11/2009	„Mit einer Klappe“; iX 11/2009, S. 70–73
LASI 2000	Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik: Bildschirmarbeitsverordnung (LASI): Auslegungshinweise zu den unbestimmten Rechtsbegriffen; August 2000
Manhart et al. 2010	Manhart, A.; Brommer, E.; Prakash, S.; PROSA Thin Clients: Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen; Studie im Rahmen des Projekts „Top 100 – Umweltzeichen für klimarelevante Produkte“; Freiburg: Öko-Institut e.V., in Bearbeitung
Prakash & Manhart 2010	Prakash, S.; Manhart, A.; Socio-economic assessment and feasibility study on sustainable e-waste management in Ghana; Freiburg: Öko-Institut, 2010.
Prakash et al. 2010a	PROSA Kompakte Desktop Rechner (Nettops): Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen, Studie im Rahmen des Projekts „Top 100 – Umweltzeichen für klimarelevante Produkte“. Prakash, S.; Brommer, E.; Gröger, J.; Freiburg: Öko-Institut e.V., 2010
Prakash et al. 2010b	Prakash, S., Brommer, E., Manhart, A. (2010b): PROSA Tragbare Computer – Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen, Studie im Rahmen des Projektes "Top 100 – Umweltzeichen für klimarelevante Produkte"; Freiburg: Öko-Institut e.V., 2010
Prakash et al. 2010c	Informationsgewinnung über die Wertschöpfungskette von Produkten der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Prakash, S.; Gensch, C.-O.; Liu, R.; Zangl, S.; in Zusammenarbeit mit Schischke, K. und Stobbe, L.; Öko-Institut e.V. in Kooperation mit Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) (in Bearbeitung)
Quack et al. 2010	Quack, D.; Gensch, C.-O.; Grether, S.; Griebshammer, R.; Kukatz, K.; Lüders, B.; Möller, M.; Prakash, S.; Rüdenauer, I.; Teufel, J.; Zangl, S.; Energieeffizienz – jetzt! Kampagne für Haushalte und Unternehmen. Projektteil EcoTopTen-Marktübersichten; Freiburg: Öko-Institut e.V., in Bearbeitung – www.ecotopten.de (Zugriff 14.03.2011)
Quack et al. 2009	Quack, D.; Brommer, E.; Griebshammer, R.; Lüders, B.; PROSA Tragbare Klein-Computer (Netbooks): Umweltzeichen für klimarelevante Produkte und Dienstleistungen; Freiburg: Öko-Institut e.V., 2009

RAL UZ 135 2009	Vergabegrundlage für Umweltzeichen – Tragbare Kleincomputer (Netbooks), Ausgabe Juli 2009; Website: www.blauer-engel.de (Zugriff 14.03.2011)
Stiftung Warentest 11/2009	Erstmals „gute“ Minis; Stiftung Warentest 11/2009
Stiftung Warentest 08/2010	Starke Leistung; Stiftung Warentest 08/2010

Websites

- www.ecotopten.de
- www.ergo-online.de
- <http://www.pcgameshardware.de/aid,745316/PC-Markt-weltweit-im-Aufschwung/Komplett-PC/News/>
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Marktforscher-Rekordwachstum-auf-globalem-Notebook-Markt-1007390.html>
- www.destatis.de
- www.ideal.de

8 Anhang

8.1 Anhang I: Wirkungskategorien der Life Cycle Analysis

- Kumulierter Primärenergiebedarf (KEA)
- Treibhauspotenzial
- Versauerungspotenzial
- Aquatische Eutrophierung
- Terrestrisches und photochemisches Eutrophierungspotenzial

8.1.1 Kumulierter Primärenergiebedarf

Die energetischen Rohstoffe werden anhand des Primärenergieverbrauchs bewertet. Als Wirkungsindikatorwert wird der nichtregenerative (d.h. fossile und nukleare) Primärenergieverbrauch als kumulierter Energieaufwand (KEA) angegeben.

8.1.2 Treibhauspotenzial

Schadstoffe, die zur zusätzlichen Erwärmung der Erdatmosphäre beitragen, werden unter Berücksichtigung ihres Treibhauspotenzials bilanziert, welches das Treibhauspotenzial des Einzelstoffs relativ zu Kohlenstoffdioxid kennzeichnet. Als Indikator wird das Gesamttreibhauspotenzial in CO₂-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach IPCC 2007 berücksichtigt.

8.1.3 Versauerungspotenzial

Schadstoffe, die als Säuren oder aufgrund ihrer Fähigkeit zur Säurefreisetzung zur Versauerung von Ökosystemen beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Versauerungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Versauerungspotenzial kennzeichnet die Schadwirkung eines Stoffes als Säurebildner relativ zu Schwefeldioxid. Als Indikatoren für die Gesamtbelastung wird das Gesamtversauerungspotenzial in SO₂-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach CML 2009 berücksichtigt.

8.1.4 Aquatisches und terrestrisches Eutrophierungspotenzial

Nährstoffe, die zur Überdüngung (Eutrophierung) aquatischer und terrestrischer Ökosysteme beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Eutrophierungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Eutrophierungspotenzial kennzeichnet die Nährstoffwirkung eines Stoffes

relativ zu Phosphat. Als Indikator für die Gesamtbelastung werden das aquatische und das terrestrische Eutrophierungspotenzial in Phosphat-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach CML 2009 berücksichtigt.

8.2 Anhang II: Vergabegrundlage für das Umweltzeichen Blauer Engel

Vergabegrundlage für Umweltzeichen

Arbeitsplatzcomputer (Desktop Computer, Integrierte Desktop Computer, Workstations, Thin Clients)

RAL-UZ 78a



Ausgabe Januar 2011

RAL gGmbH

Siegburger Straße 39, 53757 Sankt Augustin, Germany, Telefon: +49 (0) 22 41-2 55 16-0
Telefax: +49 (0) 22 41-2 55 16-11

Internet: www.blauer-engel.de, e-mail: umweltzeichen@RAL-gGmbH.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Vorbemerkung	2
1.2	Hintergrund	2
1.3	Ziel des Umweltzeichens	3
1.4	Begriffsbestimmungen	4
1.4.1	Computer	4
1.4.2	Betriebsmodi	6
2	Geltungsbereich	7
3	Anforderungen	8
3.1	Energieverbrauch: Desktop Computer und Integrierte Desktop Computer	8
3.2	Leistungsaufnahme: Workstations	11
3.3	Leistungsaufnahme: Thin Clients	11
3.4	Anforderungen für die Stromsparfunktionen	13
3.5	Interne Netzteile	14
3.6	Langlebigkeit	15
3.6.1	Reparaturfähigkeit	15
3.6.2	Erweiterung der Leistungsfähigkeit	15
3.7	Recyclinggerechte Konstruktion	16
3.7.1	Baustruktur und Verbindungstechnik	16
3.7.2	Werkstoffwahl und Kennzeichnung	17
3.8	Materialanforderungen	17
3.8.1	Allgemeine Anforderungen an Kunststoffe	17
3.8.2	Zusätzliche Anforderungen an Kunststoffe der Gehäuse, Gehäuseteile und Chassis	21
3.9	Anforderungen an Displays (gilt nur für Integrierte Desktop Rechner)	22
3.10	Geräuschemissionen	22
3.11	Verbraucherinformation	23
4	Zeichennehmer und Beteiligte	25
5	Zeichenbenutzung	25
6	Anhang: Beispiel zur Bestimmung des zulässigen Energieverbrauchs	26
Mustervertrag		

1 Einleitung

1.1 Vorbemerkung

Die Jury Umweltzeichen hat in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, dem Umweltbundesamt und unter Einbeziehung der Ergebnisse der von der RAL gGmbH einberufenen Anhörungsbesprechungen diese Grundlage für die Vergabe des Umweltzeichens beschlossen. Mit der Vergabe des Umweltzeichens wurde die RAL gGmbH beauftragt. Für alle Erzeugnisse, soweit diese die nachstehenden Bedingungen erfüllen, kann nach Antragstellung bei der RAL gGmbH auf der Grundlage eines mit der RAL gGmbH abzuschließenden Zeichenbenutzungsvertrages die Erlaubnis zur Verwendung des Umweltzeichens erteilt werden.

1.2 Hintergrund

Die mit dem Umweltzeichen ausgezeichneten Desktop PCs verbrauchen zwischen 50% und 75% weniger Energie im Vergleich zu den marktüblichen Durchschnittsgeräten. Das entspricht Einsparpotenzialen zwischen 65 und 100 kWh pro Gerät und Jahr. Geht man von einem Bestand von 45 Millionen Desktop PCs in Deutschland (32 Millionen in den privaten Haushalten und 13 Millionen im Bürobereich) in 2009/2010 aus, würde man insgesamt zwischen 2,9 und 4,5 TWh Energie einsparen, wenn Durchschnittsgeräte durch effiziente Geräte ersetzt werden. Das entspricht einem CO₂-Reduktionspotenzial zwischen 2,0 und 3,0 Millionen t CO₂-e pro Jahr.

Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik könnten in den EU-15-Staaten mindestens 8,2 Millionen der in 2008 neu abgesetzten Desktop PCs durch Thin Clients ersetzt werden, in Deutschland 1,6 Millionen Geräte. Dies würde über eine fünfjährige Nutzungsphase der Geräte 5,3 Millionen t CO₂-e in den EU-15-Staaten bzw.

1,0 Million t CO₂-e in Deutschland einsparen.

Außerdem erfüllen die mit dem Umweltzeichen ausgezeichneten Arbeitsplatzcomputer strenge Anforderungen an recyclinggerechte Konstruktion und Werkstoffwahl, schaffen damit gute Rahmenbedingungen für eine effiziente Rückgewinnung von eingesetzten Materialien und tragen zur Schonung der natürlichen Ressourcen bei.

Nicht zuletzt werden in den Kunststoffteilen der Umweltzeichengeräte schadstoffarme Materialien eingesetzt und somit die Gefahren für die Umwelt und menschliche Gesundheit verringert.

1.3 Ziel des Umweltzeichens

Der Klimaschutz, die Verminderung des Energieverbrauchs, die Minimierung der Bereitschaftsverluste, die Steigerung der Ressourceneffizienz und die Vermeidung von Schadstoffen und Abfall sind wichtige Ziele des Umweltschutzes.

Mit dem Umweltzeichen für Arbeitsplatzcomputer können Geräte gekennzeichnet werden, die sich durch folgende Umwelteigenschaften auszeichnen:

- geringer Energieverbrauch;
- langlebige und recyclinggerechte Konstruktion;
- Vermeidung umweltbelastender Materialien.
- Die durch das Elektro- und Elektronikgesetz (ElektroG)¹ in deutsches Recht umgesetzten EU-Richtlinien 2002/96/EG² und 2002/95/EG³, die die Entsorgung regeln, sind beachtet. Unter Vorsorgeaspekten darüber hinaus gehende Anforderungen an Materialien werden eingehalten.
- Die durch das Batteriegesetz (BattG)⁴ in deutsches Recht umgesetzte EU-Richtlinie 2006/66/EG⁵ ist beachtet.
- Die durch die Chemikalienverordnung REACH (1907/2006/EG)⁶ und die EG-Verordnung 1272/2008⁷ (oder die Richtlinie 67/548/EWG) definierten stofflichen Anforderungen werden berücksichtigt.

¹ Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten, BGBl. 2005, Teil I, Nr. 17 (23.05.2005)

² Directive on Waste from Electrical and Electronic Equipment, RL 2002/96/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronik-Altgeräte vom 27.01.2003

³ Directive on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten, ABI Nr. L 37, 13.02.2003

⁴ Batteriegesetz vom 25.06.2009, BGBl. I S. 1582

⁵ Richtlinie 2006/66/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 06.09.2006 über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Altalkumulatoren, ABI Nr. L 339, S. 39, 2007, Nr. L 139 S. 40

⁶ Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission

⁷ Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

1.4 Begriffsbestimmungen

1.4.1 Computer

Ein Computer ist ein Gerät, das Logikoperationen ausführt und Daten verarbeitet. Ein Computer umfasst mindestens die folgenden Bestandteile:

1. eine Zentraleinheit (ZE), die die Operationen ausführt,
2. Benutzereingabegeräte wie Tastatur, Maus, oder Game Controller, und
3. ein Anzeigegerät zur Ausgabe von Informationen.

Der Begriff Computer umfasst sowohl Arbeitsplatzcomputer als auch tragbare Geräte, einschließlich Desktop Computer, integrierte Desktop Computer, tragbare Computer, Small-Scale-Server, Thin Clients und Work Stations. Computer müssen zwar in der Lage sein, Eingabe- und Anzeigegeräte im Sinne der Nummern 2 und 3 zu nutzen, diese Geräte brauchen jedoch nicht im Lieferumfang des Computersystems enthalten zu sein, um dieser Definition zu entsprechen.

Desktop Computer: Ein Computer, dessen Haupteinheit an einem festen Standort — in der Regel auf einem Schreibtisch oder auf dem Fußboden — aufgestellt wird. Desktop Computer sind nicht als tragbare Geräte konzipiert und nutzen Anzeigegerät, Tastatur und Maus als externe Komponenten. Desktop Computer dienen einer breiten Palette von Heim- und Büroanwendungen.

Integrierte Desktop Computer: Ein Desktop Computersystem, bei dem der Computer und das Anzeigegerät als Einheit funktionieren, deren Wechselstromversorgung über ein einziges Kabel erfolgt. Es gibt zwei Arten von integrierten Desktop Computern: (1). ein System, bei dem der Computer und das Anzeigegerät konstruktiv zu einer Einheit verbunden sind, oder (2). ein als Einzelsystem montiertes System, bei dem das Anzeigegerät zwar eine separate Einheit ist, aber über ein Gleichstromkabel mit dem Hauptgerät verbunden ist und sowohl Computer als auch Anzeigegerät durch ein einziges Netzteil gespeist werden. Integrierte Desktop Computer bilden eine Unterart der Desktop Computer und sind in der Regel für ähnliche Funktionalitäten wie Desktop Computersysteme ausgelegt.

Small-Scale-Server: Ein Computer, der in der Regel Arbeitsplatzcomputer-Komponenten im Tischgerätformat verwendet, jedoch ausdrücklich als Speicherhost

für andere Computer bestimmt ist. Ein Computer muss die folgenden Eigenschaften aufweisen, um als Small-Scale-Server zu gelten:

- (a) Er ist als Standgerät, Turmgerät oder in einem sonstigen Format konzipiert, das dem Format von Tischcomputern ähnelt, so dass alle Verarbeitungs-, Speicher- und Netzschnittstellenkomponenten in einem Gehäuse/Produkt untergebracht sind.
- (b) Er ist zu täglichem Betrieb rund um die Uhr bestimmt und weist extrem geringe außerplanmäßige Ausfallzeiten (in der Größenordnung von Stunden pro Jahr) auf.
- (c) Er ist für den Simultanbetrieb in einer Mehrbenutzer-Umgebung ausgelegt, in der mehrere Benutzer an vernetzten Client-Geräten arbeiten können.
- (d) Er ist konzipiert zum Betrieb mit einem Industriestandard-Server-Betriebssystem für Heimanwendungen oder den unteren Leistungsbereich (z. B. Windows Home Server, Mac OS X Server, Linux, UNIX, Solaris).
- (e) Small-Scale-Server sind für Funktionen wie Bereitstellung von Netzinfrastrukturdiensten (z. B. Archivierung), Daten- und/oder Medienhosting konzipiert. Sie sind nicht hauptsächlich auf die Datenverarbeitung für andere Systeme oder den Betrieb als Webserver ausgelegt.
- (f) Diese Spezifikation gilt nicht für Computer-Server nach der Begriffsbestimmung in der ENERGY-STAR-Spezifikation für Computer-Server, Version 1.0. Small-Scale-Server im Sinne dieser Spezifikation sind lediglich Computer, die für andere Zwecke als den Betrieb von Datenzentren (z. B. die Nutzung zu Hause oder in kleinen Büros) in Verkehr gebracht werden.

Workstation: Ein Hochleistungs-Einzelplatzcomputer, der neben anderen rechenintensiven Aufgaben typischerweise für Grafikanwendungen, CAD, Softwareentwicklung sowie finanzwirtschaftliche und wissenschaftliche Anwendungen genutzt wird. Ein Computer muss den folgenden Anforderungen genügen, um als Workstation zu gelten:

- a) Er wird als Workstation in Verkehr gebracht.
- b) Er verfügt über eine mittlere Ausfallzeit (MTBF) von mindestens 15 000 Stunden auf der Grundlage von entweder Bellcore TR-NWT-000332, Ausgabe 6 von 12/97, oder von in der Praxis erhobenen Daten.
- c) Er unterstützt Fehlerkorrekturcode (ECC) und/oder Pufferspeicher.

Außerdem muss ein Workstation drei der folgenden sechs fakultativen Eigenschaften besitzen:

- d) eine zusätzliche Stromversorgung für Hochleistungs-Grafikkarten (d. h. zusätzlicher Stromanschluss PCI-E 6-polig 12V);
- e) zusätzlich zu Grafiksteckplätzen und/oder PCI-X-Unterstützung mehr als 4 PCI-E-Steckplätze auf der Hauptplatine;
- f) Uniform Memory Access-Grafik (UMA) wird nicht unterstützt;
- g) mindestens fünf PCI-, PCIe- oder PCI-X-Steckplätze;
- h) Multiprozessorfähigkeit für zwei oder mehr Prozessoren (der Rechner muss konstruktiv getrennte Prozessorgruppen/-sockel unterstützen, d. h. nicht nur einen einzelnen Mehrkernprozessor) und/oder
- i) Zulassung im Rahmen der Produktzertifizierungen von mindestens zwei unabhängigen Softwareherstellern; diese Zertifizierungen können im Gange sein, müssen jedoch innerhalb von drei Monaten nach der Zulassung abgeschlossen sein.

Thin Client: Ein Computer mit eigener Stromversorgung, der mit einem Fernrechner verbunden ist, auf dem die hauptsächliche Datenverarbeitung (Programmausführung, Datenspeicherung, Interaktion mit anderen Internetressourcen usw.) erfolgt. Thin Clients im Sinne dieser Spezifikation sind lediglich Computer ohne eingebaute Rotations- Speichermedien. Die Haupteinheit eines Thin Client im Sinne dieser Spezifikation muss zur Nutzung an einem festen Standort (z. B. auf einem Schreibtisch) und nicht als tragbares Gerät bestimmt sein.

1.4.2 Betriebsmodi

Schein-Aus-Zustand: Zustand mit der geringsten, vom Nutzer nicht ausschaltbaren (beeinflussbaren) Leistungsaufnahme, der unbegrenzt fortbesteht, solange das Gerät mit dem Stromnetz verbunden ist und entsprechend der Bedienungsanleitung des Herstellers genutzt wird. Bei Systemen, für die ACPI-Normen gelten, entspricht der Schein-Aus-Zustand dem ACPI-Zustand S5.

Ruhemodus: Ein Niedrigverbrauchsmodus, in den der Computer nach einer bestimmten Inaktivitätszeit automatisch übergehen oder manuell versetzt werden kann. Ein Computer mit Ruhemodusfunktion kann durch Netzverbindungen oder Benutzerschnittstellengeräte schnell „geweckt“ werden und erreicht innerhalb von maximal 5 Sekunden nach Beginn des Weck-Ereignisses vollständige Betriebsbereitschaft, einschließlich Anzeigefunktion. Bei Systemen, für die ACPI-

Normen gelten, entspricht der Ruhemodus in der Regel dem ACPI-Zustand S3 (Suspend to RAM).

Idle-Modus: Der Zustand, in dem das Betriebssystem und die sonstige Software vollständig geladen sind, ein Nutzerprofil erstellt wurde, das Gerät nicht im Ruhemodus ist und die Aktivität auf diejenigen grundlegenden Anwendungen beschränkt ist, die das System automatisch startet.

Aktivzustand: Der Zustand, in dem der Computer a) infolge einer vorherigen oder zeitgleichen Nutzereingabe oder b) infolge eines vorherigen oder zeitgleichen Befehls über das Netz Nutzarbeit verrichtet. Dieser Zustand umfasst die aktive Verarbeitung, das Aufsuchen von Daten im Massen-, Arbeits- oder Cache-Speicher, einschließlich der Zeit im Idle-Modus in Erwartung weiterer Nutzereingaben und bis zum Übergang zu Niedrigverbrauchsmodi.

TEC-Ansatz („Typical Energy Consumption“): Ein Verfahren für die Prüfung und den Vergleich der Energieeffizienz von Computern, das den typischen Energieverbrauch eines Produkts im Normalbetrieb über einen repräsentativen Zeitraum bewertet. Für Arbeitsplatzcomputer ist das beim TEC-Ansatz verwendete Schlüsselkriterium ein in Kilowattstunden (kWh) gemessener Wert für den typischen jährlichen Stromverbrauch eines Computers, wobei Messungen durchschnittlicher Betriebsmodus-Leistungsaufnahmeniveaus zugrunde gelegt werden, die an ein angenommenes typisches Nutzungsmuster (Betriebszeit) angepasst werden. Bei Workstations beruhen die Anforderungen auf einem TEC-Wert, der aus Betriebsmodus-Leistungsaufnahmeniveaus, maximaler Leistungsaufnahme und einer angenommenen Betriebszeit errechnet wird.

2 Geltungsbereich

Diese Vergabegrundlage gilt für Arbeitsplatzcomputer.

Arbeitsplatzcomputer im Sinne dieser Vergabegrundlage sind:

- Desktop Computer,
- Integrierte Desktop Computer,
- Workstations und
- Thin Clients.

Die Begriffe und die Funktionen der jeweiligen Geräte sind in Kapitel 1.4 definiert.

Nicht unter den Geltungsbereich dieser Vergabegrundlage fallen:

- Server einschließlich Small-Scale-Server
- Tragbare Computer mit netzunabhängiger Stromversorgung und
- Spielkonsolen

Für tragbare Computer ist die Vergabegrundlage Tragbare Computer RAL-UZ 78d anzuwenden.

3 Anforderungen

3.1 Energieverbrauch: Desktop Computer und Integrierte Desktop Computer

Der Energieverbrauch von Desktop und integrierten Desktop Computern wird in TEC („Typical Energy Consumption“) angegeben.

Zur Bestimmung der TEC-Werte müssen Desktop Computer und integrierte Desktop Computer einer der nachfolgend genannten Kategorien A, B, C oder D zugeordnet werden:

- Kategorie A: Alle Tischcomputer, die nicht der Definition der Kategorie B, der Kategorie C oder der Kategorie D entsprechen, kommen unter Kategorie A für die Kennzeichnung in Frage.
- Kategorie B: Für die Einstufung unter Kategorie B müssen Desktop Computer und integrierte Desktop Computer über folgende Merkmale verfügen:
 - o zwei physische Prozessorkerne, und
 - o 2 Gigabyte (GB) Systemspeicher.
- Kategorie C: Für die Einstufung unter Kategorie C müssen Desktop Computer und integrierte Desktop Computer über folgende Merkmale verfügen:
 - o mehr als zwei physische Prozessorkerne.

Zusätzlich zu der oben genannten Anforderung müssen Geräte für die Einstufung unter Kategorie C über mindestens eines der beiden folgenden Merkmale verfügen:

- o mindestens 2 Gigabyte (GB) Systemspeicher, und/oder
 - o ein diskreter Grafikprozessor (GPU).
- Kategorie D: Für die Einstufung unter Kategorie D müssen Tischcomputer über folgende Merkmale verfügen:

- o mindestens vier physische Prozessorkerne.

Zusätzlich zu der oben genannten Anforderung müssen Geräte für die Einstufung unter Kategorie D über mindestens eines der beiden folgenden Merkmale verfügen:

- o mindestens 4 Gigabyte (GB) Systemspeicher, und/oder
- o ein diskreter Grafikprozessor (GPU) mit einer Framebufferbreite über 128-bit.

Zur Ermittlung der TEC-Werte für jede Gerätekategorie wird ein typisches Nutzerverhalten definiert. Das Nutzerverhalten wird in der folgenden Tabelle 1 anhand der Gewichtungen für die einzelnen Betriebsmodi festgelegt:

Tabelle 1 Gewichtung der Betriebsmodi – Desktop Computer und integrierte Desktop Computer

Betriebsmodus	Gewichtung (Zeitanteil) (%)
Schein-Aus-Zustand: $T_{\text{Schein-Aus}}$	55
Ruhemodus: T_{Ruhe}	5
Idle-Modus: T_{Idle}	40

Der TEC-Wert für das mit dem Umweltzeichen zu kennzeichnende Produkt wird nach folgender Formel ermittelt:

$$E_{\text{TEC}}: (8760/1000) * (P_{\text{Schein-Aus}} * T_{\text{Schein-Aus}} + P_{\text{Ruhe}} * T_{\text{Ruhe}} + P_{\text{Idle}} * T_{\text{Idle}})$$

Dabei bezeichnen P_x jeweils Leistungswerte in Watt, T_x Zeitanteile gemäß Tabelle 1 in % und E_{TEC} den typischen jährlichen Energieverbrauch in kWh.

Die nachfolgende Tabelle 2 gibt die maximal zulässigen E_{TEC} -Werte für Desktop Computer und integrierte Desktop Computer für das Umweltzeichen Blauer Engel an. Produkte, die mit dem Umweltzeichen ausgezeichnet werden können, dürfen den zur Geräte-Kategorie zugehörigen E_{TEC} -Wert aus Tabelle 2 nicht überschreiten.

Tabelle 2 E_{TEC}-Anforderung – Desktop Computer und integrierte Desktop Computer

Gerät-Kategorie	E _{TEC} (kWh)	
	Desktop Computer	Integrierte Desktop Computer
A	88,8 kWh	44,4 kWh
B	131,25 kWh	78,75 kWh
C	156,75 kWh	87,77 kWh
D	163,8 kWh	105,3 kWh
Funktionsspezifische Anpassungen		
Speicher	1 kWh (je GB über Grundspeicher) <i>Grundspeicher:</i> Kategorien A, B und C: 2 GB; Kategorie D: 4 GB	
Premium-Grafikkarte (für diskrete GPUs mit bestimmter Framebufferbreite)	Kategorien A und B: 35 kWh (Framebufferbreite ≤ 128-bit) 50 kWh (Framebufferbreite > 128-bit) Kategorien C und D: 50 kWh (Framebufferbreite > 128-bit)	
Zusätzl. interner Speicher	25 kWh	

Siehe Kapitel 6 für ein Beispiel zur Berechnung des zulässigen Energieverbrauchs eines Desktop Computers.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in Anlage 1 zum Antrag und gibt den TEC-Wert des Geräts in kWh sowie die Leistungsaufnahmen in den einzelnen Betriebsmodi in Watt an. Die Messungen sind entsprechend den Anforderungen der ENERGY STAR Version 5.0 für Computer durchzuführen. Zusätzlich legt der Antragsteller ein Prüfprotokoll eines unabhängigen Prüflabors vor, das für diese Messung nach DIN EN ISO/EC 17025 akkreditiert ist (Anlage 2). Prüfprotokolle des Antragstellers werden als gleichwertig anerkannt, wenn dieser ein Prüflaboratorium nutzt, das für diese Messungen von einer unabhängigen Stelle anerkannt ist.

3.2 Leistungsaufnahme: Workstations

Workstations müssen die Anforderungen der jeweils gültigen Version des ENERGY STAR für Workstations erfüllen.

Nachfolgend wird das Vorgehen der derzeit gültigen ENERGY STAR Version 5.0 für Computer beschrieben. Dabei beziehen sich die Anforderungen auf einen leistungsbezogenen TEC-Wert (P_{TEC}), der aus Betriebsmodus-Leistungsaufnahmeniveau, maximaler Leistungsaufnahme und einer angenommenen Betriebszeit errechnet wird. Die Leistungsaufnahme (P_{TEC}) einer Workstation muss folgende Bedingung erfüllen:

$$P_{\text{TEC}} \leq 0,28 * [P_{\text{max}} + (\text{Anzahl Festplatten} * 5)]$$

wobei P_{max} die maximale Leistungsaufnahme der Workstation ist, wie sie gemäß Abschnitt 4, Anhang A der ENERGY STAR Version 5.0 für Computer ermittelt wurde.

Der P_{TEC} wird nach folgender Formel ermittelt:

$$P_{\text{TEC}} = 0,35 * P_{\text{Schein-Aus}} + 0,10 * P_{\text{Ruhe}} + 0,55 * P_{\text{Idle}}$$

Dabei bezeichnet P_x jeweil den Leistungswert in Watt.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in Anlage 1 zum Vertrag und gibt den P_{TEC} – Wert des Geräts sowie die Leistungsaufnahmen in den einzelnen Betriebsmodi in Watt an. Die Messungen sind entsprechend den jeweils gültigen Anforderungen der ENERGY STAR für Computer durchzuführen. Zusätzlich legt der Antragsteller ein Prüfprotokoll eines unabhängigen Prüflabors vor, das für diese Messung nach DIN EN ISO/EC 17025 akkreditiert ist (Anlage 2). Prüfprotokolle des Antragstellers werden als gleichwertig anerkannt, wenn dieser ein Prüflaboratorium nutzt, das für diese Messungen von einer unabhängigen Stelle anerkannt ist.

3.3 Leistungsaufnahme: Thin Clients

Thin Clients müssen die Anforderungen der jeweils gültigen Version des ENERGY STAR für Thin Clients erfüllen.

Nachfolgend wird das Vorgehen der derzeit gültigen ENERGY STAR Version 5.0 für Computer beschrieben:

Thin Client-Kategorien für die Idle-Modus-Kriterien: Für die Bestimmung der Idle-Modus-Werte müssen Thin Clients einer der nachfolgend genannten Kategorien A oder B zugeordnet werden:

- Kategorie A: Alle Thin Clients, die nicht der Definition der Kategorie B entsprechen, werden unter Kategorie A eingeordnet.
- Kategorie B: Für die Einstufung unter Kategorie B müssen Thin Clients:
 - o lokale Multimedia-Kodierung/Dekodierung unterstützen.

Die nachfolgende Tabelle 3 gibt die Anforderung für die Effizienz von Thin Clients, wie sie in der Version 5.0 ENERGY STAR für Computer definiert werden:

Tabelle 3 ENERGY STAR 5.0 Anforderung für die Effizienz von Thin Clients

Betriebsmodus	Leistungsaufnahme (W)
Schein-Aus-Zustand: $P_{\text{Schein-Aus}}$	$\leq 2,0 \text{ W}$
Ruhemodus (ggf.): P_{Ruhe}	$\leq 2,0 \text{ W}$
Idle-Modus: P_{Idle}	Kategorie A: $\leq 12 \text{ W}$ Kategorie B: $\leq 15 \text{ W}$
Zusätzliche Leistungstoleranz	
Wake on LAN (WoL) ⁸ (gilt nur für Computer, die mit aktivierter WoL-Funktion ausgeliefert werden)	
Schein-Aus-Zustand: $P_{\text{WoL_Schein-Aus}}$	+ 0,7 W
Ruhemodus (ggf.): $P_{\text{WoL_Ruhe}}$	+0,7 W

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in Anlage 1 zum Vertrag und gibt die Leistungsaufnahmen in den einzelnen Betriebsmodi in Watt an. Die

⁸ Wake on LAN (WoL): Funktionalität, durch die ein Computer mittels einer per Ethernet übertragenen Netzanweisung aus dem Ruhemodus oder Aus-Zustand geweckt werden kann.

Messungen sind entsprechend den jeweils gültigen Anforderungen der ENERGY STAR für Computer durchzuführen. Zusätzlich legt der Antragsteller ein Prüfprotokoll eines unabhängigen Prüflabors vor, das für diese Messung nach DIN EN ISO/EC 17025 akkreditiert ist (Anlage 2 zum Vertrag). Prüfprotokolle des Antragstellers werden als gleichwertig anerkannt, wenn dieser ein Prüflaboratorium nutzt, das für diese Messungen von einer unabhängigen Stelle anerkannt ist.

3.4 Anforderungen für die Stromsparfunktionen

Anforderungen für die Auslieferung

- Der Ruhemodus muss bei der Auslieferung so eingestellt sein, dass er spätestens nach 30 Minuten Inaktivität des Nutzers aktiviert wird. Die Computer müssen beim Übergang in den Ruhemodus oder Schein-Aus-Zustand die Geschwindigkeit aller aktiven 1 Gb/s-Ethernet-Netzverbindungen reduzieren. Thin Clients sind aus dieser Anforderung ausgenommen.
- Das Gerät muss bei der Auslieferung so eingestellt sein, dass es spätestens nach 15 Minuten Inaktivität des Nutzers den Monitor ausschaltet.

Netzanforderungen an Wake-on-LAN (WoL)

- Ethernetfähige Computer müssen über die Möglichkeit verfügen, die WoL-Funktion für den Ruhemodus zu aktivieren und zu deaktivieren.
- Nur für im Firmenkundenvertrieb⁹ ausgelieferte Computer:
Ethernetfähige Computer müssen eine der folgenden Anforderungen erfüllen:
 - Die WoL-Funktion muss für den Ruhemodus aktiviert sein.
 - Bereitstellung einer Bedienfunktion zum Aktivieren der WoL-Funktion, die sowohl von der Benutzeroberfläche des Client-Betriebssystems als auch über das Netz hinreichend zugänglich ist, wenn der Computer mit deaktivierter WoL-Funktion ausgeliefert wird.

Diese Anforderungen gelten nur dann für Thin Clients, wenn Software-Updates aus dem zentral verwalteten Netz erfolgen, während das Gerät sich im Ruhemodus oder Schein-Aus-Zustand befindet. Thin Clients, bei denen standardmäßig keine

⁹ Firmenkundenvertrieb: Vertriebswege, die in der Regel von großen und mittleren Unternehmen, staatlichen Stellen, Bildungseinrichtungen und anderen Organisationen genutzt werden, die Computer erwerben, welche in verwalteten Client/Server-Umgebungen eingesetzt werden.

Clientsoftware-Upgrades außerhalb der Arbeitszeiten nötig sind, sind von dieser Anforderung ausgenommen.

Netzanforderungen an das Weck-Management¹⁰

- Nur für im Firmenkundenvertrieb ausgelieferte Computer:
 - Ethernetfähige Computer müssen sowohl (über das Netz) ferngesteuerte als auch planmäßige (z. B. per Echtzeituhr) Weck-Ereignisse aus dem Ruhemodus unterstützen.
 - Der Hersteller muss — sofern er die Kontrolle darüber hat (d. h. falls die Konfiguration über Hardware-Einstellungen und nicht über Software-Einstellungen erfolgt) — gewährleisten, dass diese Einstellungen nach Kundenwunsch zentral verwaltet werden können; der Hersteller muss die entsprechenden Tools dafür zur Verfügung stellen.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in Anlage 1 zum Vertrag. Die Einstellungen sind entsprechend den Anforderungen der ENERGY STAR Version 5.0 für Computer durchzuführen.

3.5 Interne Netzteile

Interne Netzteile müssen elektrische Wirkungsgrade (η) von

- $\eta \geq 82 \%$ bei 20 % der Nennleistung,
- $\eta \geq 85 \%$ bei 50 % der Nennleistung und
- $\eta \geq 82 \%$ bei 100 % der Nennleistung

erreichen. Die Nennleistung ist dabei die auf dem Typenschild aufgedruckte Ausgangsleistung (P_N) des Netzteils.

Der Leistungsfaktor ($\cos \varphi$), der das Verhältnis von Wirk- zu Scheinleistung angibt, muss $\geq 0,9$ bei Entnahme der vollen Nennleistung (100%) sein.

¹⁰ Weck-Ereignis: Vom Benutzer ausgelöste, planmäßige oder externe Ereignisse oder Impulse, die bewirken, dass der Computer vom Ruhemodus oder Schein-Aus-Zustand in den Aktivzustand übergeht. Solche Weck-Ereignisse sind unter anderem Mausbewegungen, Tastatureingaben, Controllereingaben, Echtzeituhreignisse oder die Bedienung einer Taste am Gehäuse und im Fall externer Ereignisse Impulse, die per Fernbedienung, Netz, Modem usw. übertragen werden.

Das Prüfprotokoll muss nach dem Dokument „Generalized Test Protocol for Calculating the Energy Efficiency of Internal Ac-Dc and Dc-Dc Power Supplies Vers. 6.5“ erstellt werden (Quelle: <http://www.efficientpowersupplies.org/methods.asp>)

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag und stellt die entsprechenden Prüfprotokolle (Anlage 3) zur Verfügung.

3.6 Langlebigkeit

3.6.1 Reparaturfähigkeit

Der Antragsteller verpflichtet sich, dafür zu sorgen, dass für die Reparatur der Geräte die Ersatzteilversorgung für mindestens 5 Jahre ab Produktionseinstellung sichergestellt ist.

Unter Ersatzteilen sind solche Teile zu verstehen, die typischerweise im Rahmen der üblichen Nutzung eines Produktes ausfallen können. Andere, regelmäßig die Lebensdauer des Produktes überdauernde Teile dagegen, sind nicht als Ersatzteile anzusehen. Insbesondere müssen Akkus (soweit vorhanden) bis 5 Jahre ab Produktionseinstellung erhältlich sein.

Die Produktunterlagen müssen Informationen über die genannten Anforderungen enthalten.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag und legt die entsprechenden Seiten der Produktunterlagen in Anlage 4 zum Vertrag vor.

3.6.2 Erweiterung der Leistungsfähigkeit

Arbeitsplatzcomputer müssen folgende Erweiterungsmöglichkeiten bieten:

- Erweiterung des Arbeitsspeichers gegenüber der Standardkonfiguration nach Energy Star 5.0 (Gilt für Thin Clients, nur wenn sie mit einem Prozessor ausgestattet sind).
- Einbau, Austausch und Erweiterung des Massenspeichers (Gilt nicht für Thin Clients).
- Einbau und/oder Austausch des optischen Laufwerks (Gilt nicht für Thin Clients).
- Vorhandensein von mindestens 4 USB-Schnittstellen.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in Anlage 1 zum Vertrag. Er erläutert die entsprechenden Möglichkeiten zur Erweiterung der Leistungsfähigkeit in der Verbraucherinformation und legt diese in Anlage 4 zum Vertrag vor.

3.7 Recyclinggerechte Konstruktion

3.7.1 Baustruktur und Verbindungstechnik

Für Arbeitsplatzcomputer gilt:

- Umweltzeichengeräte müssen so konstruiert sein, dass sie für Recyclingzwecke leicht (manuell) zerlegbar sind, damit Gehäuseteile, Chassis, Batterien (wenn vorhanden), Bildschirmeinheiten (wenn vorhanden) und Leiterplatten als Fraktionen von Materialien anderer funktioneller Einheiten getrennt und nach Möglichkeit werkstofflich verwertet werden können.
- Die mit dem Umweltzeichen ausgezeichneten Geräte müssen so gestaltet sein, dass im Fachbetrieb eine effiziente (manuelle) Zerlegung des Gehäuses, des Chassis, der Bildschirmeinheiten (wenn vorhanden), der Batterien (wenn vorhanden) und der Leiterplatten unterstützt wird oder mit Universalwerkzeugen¹¹ vorgenommen werden kann.
- Die Demontage des Gehäuses, des Chassis, der Bildschirmeinheiten (wenn vorhanden), der Batterien (wenn vorhanden) und der Leiterplatten kann von einer Person durchgeführt werden.
- Akkus, wenn vorhanden, müssen ohne Zuhilfenahme vom Werkzeug leicht entnehmbar sein.
- Elektrobaugruppen müssen leicht vom Gehäuse demontiert werden können.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen und legt eine Anleitung vor, in dem die fachgerechte Zerlegung des Arbeitsplatzcomputers erklärt wird (Anlage 5 zum Vertrag). Dabei muss ein besonderer Fokus auf die fachgerechte Trennung von Gehäuseteilen, Chassis, Batterien (wenn vorhanden), Bildschirmeinheiten (wenn vorhanden) und Leiterplatten gelegt werden. Die Anleitung kann entweder schriftlich, als Fotodokumentation, Zeichnung oder im Videoformat vorgelegt werden. Außerdem

verpflichtet sich der Antragsteller in Anlage 1 zum Vertrag, dass er den von ihm beauftragten Recyclingunternehmen im Bedarfsfall Unterlagen zur effektiven Zerlegung, den Baugruppen und den selektiv zu behandelnden Stoffen und Bauteilen zur Verfügung stellt.

3.7.2 Werkstoffwahl und Kennzeichnung

- Kunststoffteile mit einer Masse über 25 Gramm, müssen aus einem Polymer oder einem recyclingkompatiblen Polymerblend bestehen. Es sind maximal 4 Kunststoffsorten für diese Teile zugelassen. Die Kunststoffgehäuse dürfen insgesamt nur aus zwei voneinander trennbaren Polymeren oder Polymerblends bestehen.
- Kunststoffbauteile mit einer Masse über 25 Gramm, müssen entsprechend der Norm ISO 11469 gekennzeichnet sein.
- Die metallische Beschichtung von Kunststoffgehäuseteilen ist nicht erlaubt.
- Das (Post-Consumer) Rezyklatmaterial ist in Gehäuseteilen und Chassis zugelassen und kann anteilig eingesetzt werden.
- 90% der Masse der Kunststoffe und der Metalle der Gehäuseteile und des Chassis müssen werkstofflich wieder verwertbar sein (Nicht gemeint ist die Rückgewinnung der thermischen Energie durch Verbrennung).

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag. Der Antragsteller nennt die verwendeten Kunststoffe für Teile mit einer Masse > 25 Gramm und legt eine Kunststoffliste gemäß Anlage 6 zum Vertrag vor (siehe Vordruck). Außerdem verpflichtet sich der Antragsteller in Anlage 1 zum Vertrag, die Masse der eingesetzten Rezyklatmaterialien in Gehäuseteilen und Chassis in Kilogramm und in Masse-Prozent an Gesamtmasse der Gehäuse-/ Chassiskunststoffe anzugeben.

3.8 Materialanforderungen

3.8.1 Allgemeine Anforderungen an Kunststoffe

Die Kunststoffe dürfen keine Stoffe mit folgenden Eigenschaften enthalten:

¹¹ Unter „Universalwerkzeuge“ werden allgemein übliche, im Handel erhältliche Werkzeuge verstanden

- a) Stoffe, die unter der Chemikalienverordnung REACH (1906/2006/EG) als besonders besorgniserregend identifiziert wurden und in die gemäß REACH Artikel 59 Absatz 1 erstellte Liste (sogenannte „Kandidatenliste“) aufgenommen wurden¹²,
- b) Stoffe, die gemäß den Kriterien der EG-Verordnung 1272/2008¹³ (oder der Richtlinie 67/548/EWG) mit den folgenden H-Sätzen (R-Sätzen) eingestuft sind oder die die Kriterien für eine solche Einstufung erfüllen:¹⁴

¹² Die Kandidatenliste in der jeweils aktuellen Fassung findet sich unter:

http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp

¹³ Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, kurz: GHS-Verordnung.

Die GHS-Verordnung (Globally Harmonized System), die am 20.01.2009 in Kraft getreten ist, ersetzt die alten Richtlinien 67/548/EWG (Stoff-RL) und 1999/45/EG (Zubereitungs-RL). Danach erfolgt die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung für Stoffe bis zum 1. Dezember 2010 gemäß der RL 67/548/EWG und für Gemische (vormals Zubereitungen) bis zum 1. Juni 2015 gemäß der RL 1999/45/EG, nach diesen Daten muss jeweils die GHS-Verordnung angewendet werden. Bis zum 1. Juni 2015 sind für Stoffe sowohl die neuen Gefahrenhinweise (H-Sätze) als die vormals gültigen Risiko-Sätze (R-Sätze) anzugeben.

¹⁴ Die harmonisierten Einstufungen und Kennzeichnungen gefährlicher Stoffe finden sich in Anhang VI, Teil 3 der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (GHS-Verordnung). Tabelle 3.1 nennt die Einstufungen und Kennzeichnungen nach dem neuen System unter Verwendung von H-Sätzen, Tabelle 3.2 nennt die Einstufungen und Kennzeichnungen nach dem alten System unter Verwendung von R-Sätzen. Die GHS-Verordnung findet sich beispielsweise unter: http://www.reach-info.de/ghs_verordnung.htm.

Ab dem 1. Dezember 2010 soll zudem ein umfassendes Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis auf den Internetseiten der ECHA öffentlich zugänglich sein, das darüber hinaus alle Selbsteinstufungen von gefährlichen Stoffen durch die Hersteller enthält.

Toxische Stoffe:

H300	(R28)	Lebensgefahr bei Verschlucken
H301	(R25)	Giftig bei Verschlucken
H304	(R65)	Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein
H310	(R27)	Lebensgefahr bei Hautkontakt
H311	(R24)	Giftig bei Hautkontakt
H330	(R26)	Lebensgefahr bei Einatmen
H331	(R23)	Giftig bei Einatmen
H370	(R39/23/24/25/26/27/28)	Schädigt die Organe
H371	(R68/20/21/22)	Kann die Organe schädigen
H372	(R48/25/24/23)	Schädigt die Organe
H373	(R48/20/21/22)	Kann die Organe schädigen

Krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Stoffe:

H340	(R46)	Kann genetische Defekte verursachen
H341	(R68)	Kann vermutlich genetische Defekte verursachen
H350	(R45)	Kann Krebs erzeugen
H350i	(R49)	Kann bei Einatmen Krebs erzeugen
H351	(R40)	Kann vermutlich Krebs erzeugen
H360F	(R60)	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen
H360D	(R61)	Kann das Kind im Mutterleib schädigen
H360FD	(R60/61)	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann das Kind im Mutterleib schädigen
H360Fd	(R60/63)	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H360Df	(R61/62)	Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen
H361f	(R62)	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen

H361d	(R63)	Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H361fd	(62/63)	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
		Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H362	(R64)	Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen

Gewässergefährdende Stoffe:

H400	(R50)	Sehr giftig für Wasserorganismen
H410	(R50/53)	Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung
H411	(R51/53)	Giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung

Sonstige Gesundheits- oder Umweltwirkungen:

EUH059	(R59)	Die Ozonschicht schädigend
EUH029	(R29)	Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase
EUH031	(R31)	Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase
EUH032	(R32)	Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase
EUH070	(R39-41)	Giftig bei Berührung mit den Augen

Von den Regelungen a) und b) ausgenommen sind:

- Stoffe als Verunreinigung oder Beimengung als einzelner Bestandteil unterhalb der Berücksichtigungsgrenzwerte entsprechend Artikel 11 der Verordnung 1272/2008 oder unterhalb der Konzentration für die Berücksichtigung im Sicherheitsdatenblatt. Falls nach Verordnung 1272/2008 stoffspezifische Grenzwerte festgelegt sind, sind diese zu berücksichtigen. Gültig ist der jeweils niedrigere Grenzwert.
- Homogene Kunststoffteile mit einer Masse unter 25 Gramm (für Kabel bezieht sich die Masseangabe 25 Gramm nur auf den Kabelkunststoff).

Von der Regelung b) ausgenommen sind:

- Monomere oder Additive, die bei der Kunststoffherstellung zu Polymeren reagieren oder chemisch fest (kovalent) in den Kunststoff eingebunden werden, wenn ihre Restkonzentrationen unterhalb der Einstufungsgrenzen für Gemische liegen.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in Anlage 1 zum Vertrag oder legt Erklärungen der Lieferanten vor (bspw. der Lieferanten der Gehäuse, Leiterplatten, Kabel oder Stecker), dass die ausgeschlossenen Substanzen nicht enthalten sind (Formblatt Anlage 7 zum Antrag). Das betrifft auch eingesetzte Rezyklatkunststoffe.

3.8.2 Zusätzliche Anforderungen an Kunststoffe der Gehäuse, Gehäuseteile und Chassis

Halogenhaltige Polymere sind nicht zulässig. Weiterhin sind halogenorganische Verbindungen als Additive nicht zulässig und dürfen den Kunststoffteilen nicht zugesetzt werden.

Von dieser Regelung ausgenommen sind:

- Fluororganische Additive (wie zum Beispiel Anti-Dripping-Reagenzien), die zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der Kunststoffe eingesetzt werden, sofern sie einen Gehalt von 0,5 Masse-Prozent nicht überschreiten.
- Fluorierte Kunststoffe wie z.B. PTFE.
- Kunststoffteile mit einer Masse < 25 Gramm.

Die in Kunststoffteilen mit einer Masse größer als 25 Gramm eingesetzten Flammenschutzmittel sind zu nennen und durch die CAS-Nummern zu charakterisieren.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Antrag. Bezüglich der Flammenschutzmittel veranlasst er eine schriftliche Erklärung der Kunststoffhersteller oder -lieferanten an die RAL gGmbH, dass die auszuschließenden Substanzen in Gehäusekunststoffen nicht zugesetzt sind (Formblatt Anlage 7 zum Antrag). Das betrifft auch eingesetzte Rezyklatkunststoffe. Zugleich verpflichtet er sich,

die Hersteller oder Lieferanten der Gehäusekunststoffe zu veranlassen, die chemische Bezeichnung der eingesetzten Flammschutzmittel (CAS-Nr.) vertraulich an RAL gGmbH zu übermitteln (Formblatt Anlage 7 zum Antrag).

3.9 Anforderungen an Displays (gilt nur für Integrierte Desktop Rechner)

- Die Hintergrundbeleuchtung des Displays darf kein Quecksilber enthalten.
- Die Flüssigkristallmischungen dürfen nicht als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend in Kategorie 1, 2 oder 3 oder als giftig oder sehr giftig nach Anhang VI der EG-Verordnung 1272/2008 eingestuft sein.

Nachweis

Der Antragsteller bestätigt in Anlage 1 zum Antrag, dass die Lampen der Hintergrundbeleuchtung nicht mehr als 0,1 mg Quecksilber oder Quecksilberverbindungen pro Lampe enthalten. Der Antragsteller legt eine schriftliche Erklärung des Herstellers der Flüssigkristallsubstanzen als Anlage 8 zum Antrag vor.

3.10 Geräuschemissionen

Die Bewertung der Geräuschemissionen beruht auf der Angabe der garantierten Abwerteten Schalleistungspegel in Dezibel (dB) mit einer Nachkommastelle. Die Abwerteten Schalleistungspegel $L_{WA(1...3)}$ werden auf der Grundlage der ISO/FDIS 7779:2010 gemessen und berechnet. Dabei ist sicher zu stellen, dass bei Konfigurationsvarianten baugleicher Geräte die jeweils lautesten Einzelkomponenten berücksichtigt werden. Die Messungen sind in folgenden Betriebszuständen vorzunehmen.

1. Das Gerät arbeitet im Leerlaufbetrieb. Die Messung des $L_{WA(1)}$ erfolgt entsprechend ISO/FDIS 7779:2010 im Betriebszustand gemäß ECMA-74:2008 Anhang C.15.3.1. Die Messung kann entfallen, wenn keine Lüfter (z.B. CPU-Lüfter, Netzteillüfter, Systemlüfter) vorhanden sind.
2. Das Festplattenlaufwerk ist aktiviert. Die Messung des $L_{WA(2)}$ erfolgt entsprechend ISO/FDIS 7779:2010 im Betriebszustand gemäß ECMA-74:2008 Anhang C.9.3.2. Die Messung kann entfallen, wenn kein mechanisches Festplattenlaufwerk vorhanden ist.
3. Ein optisches Laufwerk in typischer Konfiguration ist aktiviert. Die Messung des $L_{WA(3)}$ erfolgt entsprechend ISO/FDIS 7779:2010 im Betriebszustand gemäß

ECMA-74:2008 Anhang C.19.3.2. Die Messung kann entfallen, wenn kein optisches Laufwerk vorhanden ist.

Damit der Schalleistungspegel als garantiert gelten kann, sind entsprechend ISO 9296:1988 mindestens drei Geräte in jedem Betriebszustand zu prüfen. Die garantierten Schalleistungspegel $L_{WAd(1...3)}$ werden in Anlehnung an ISO 9296:1988 ermittelt und in Dezibel (dB) mit einer Nachkommastelle angegeben.

Sofern die Geräuschmessungen nur an einem Gerät vorgenommen werden können, darf ersatzweise zur Ermittlung des garantierten A-bewerteten Schalleistungspegels L_{WAd} folgende Formel in Anlehnung an ISO 9296:1988 benutzt werden:

$$L_{WAd} = L_{WAE} + 3 \text{ dB}$$

(L_{WAE} = ermittelter Schalleistungspegel der Einzelmessung in dB)

Die Messbedingungen und Prüfergebnisse sind in das Formblatt (Anlage 9 zum Antrag) einzutragen.

Die dort ausgewiesenen Werte für den garantierten A-bewerteten Schalleistungspegel $L_{WAd(1...3)}$ dürfen folgende Werte nicht überschreiten:

Betriebszustand

(1) aktiviertes Festplattenlaufwerk	$L_{WAd(1)}$	42,0 dB
(2) Leerlaufbetrieb	$L_{WAd(2)}$	38,0 dB
(3) aktiviertes optisches Laufwerk	$L_{WAd(3)}$	50,0 dB

Die ermittelten Werte sind in den Nutzerunterlagen gemäß Abschnitt 3.11 zu dokumentieren.

Nachweis

Der Antragsteller weist die Einhaltung der Anforderungen nach, indem er das ausgefüllte Formblatt Anlage 9 zum Antrag vorlegt. Dieses Formblatt ist vom Prüfinstitut auf der Basis des Prüfprotokolls auszufüllen und zu bestätigen. Das Prüfinstitut muss nach DIN EN ISO/IEC 17025 und für die geforderten akustischen Prüfungen nach ISO/FDIS 7779 akkreditiert sein. Es fügt bei erstmaliger Prüfung für die Beantragung des Blauen Engels die Akkreditierungsnachweise in Kopie bei.

3.11 Verbraucherinformation

Die zu den Geräten mitgelieferte Dokumentation muss neben den technischen Beschreibungen auch die umwelt- und gesundheitsrelevanten Nutzerinformationen

enthalten. Diese muss auf dem Arbeitsplatzcomputer installiert sein, als CD-ROM oder in gedruckter Form dem Gerät beigelegt werden. Folgende wesentliche Nutzerinformationen müssen im Internet abrufbar sein:

1. Energieverbrauch (TEC) in Kilowattstunden (kWh) sowie die Höhe der Leistungsaufnahme in verschiedenen Betriebszuständen gemäß 3.1 oder Leistungsaufnahme (P_{TEC}) in Watt (W) sowie die Höhe der Leistungsaufnahmen in verschiedenen Betriebszuständen gemäß 3.2 oder die Höhe der Leistungsaufnahmen (P_{Idle}), (P_{Ruhe}) und ($P_{\text{Schein-Aus}}$) in Watt (W) gemäß 3.3. Außerdem müssen Hinweise gegeben werden, wie die Geräte in energiesparende Betriebszustände versetzt werden können,
2. Hinweis darauf, dass eine Reduzierung des Energieverbrauchs mit einer Verringerung der Betriebskosten einhergeht und dass, der Energieverbrauch bei vollständiger Trennung des Geräts von der Netzsteckdose auf Null reduziert werden kann,
3. Hinweis darauf, dass das Gerät auch im Schein-Aus-Zustand Strom verbraucht,
4. Regelmäßige Defragmentierung der Festplatte reduziert den Energieverbrauch und erhöht die Lebensdauer des Geräts (gilt nicht für Festkörperlaufwerke),
5. Bildschirmschoner verhindern das automatische Umschalten auf Energiesparzustände und sollten deswegen nicht aktiviert werden.
6. Eine Reduzierung der Bildschirmhelligkeit reduziert den Energieverbrauch.
7. Reparaturfähigkeit gemäß 3.6.1,
8. Möglichkeiten zur Erweiterung der Leistungsfähigkeit gemäß 3.6.2,
9. Schallleistungspegel in allen Betriebszuständen gemäß 3.10,
10. Hinweis auf umweltgerechte Entsorgung nach Ende der Nutzungsphase gemäß Elektroggesetz,
11. Hinweis darauf, dass die Batterien nicht als normaler Haushaltsabfall zu behandeln und an Sammelstellen abzugeben sind,
12. Information, dass das Gerät mit dem Umweltzeichen Blauer Engel gekennzeichnet wurde, einschließlich eine Zusammenfassung der Vergabekriterien des Umweltzeichens auf einer gesonderten Seite und einen Link zu der Webseite www.blauer-engel.de.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in Anlage 1 zum Vertrag und legt die Produktunterlagen in Anlage 4 zum Vertrag vor.

4 Zeichennehmer und Beteiligte

4.1 Zeichennehmer sind Hersteller oder Vertreiber von Produkten gemäß Abschnitt 2.

4.2 Beteiligte am Vergabeverfahren:

- RAL gGmbH für die Vergabe des Umweltzeichens Blauer Engel,
- das Bundesland, in dem sich die Produktionsstätte des Antragstellers befindet,
- das Umweltbundesamt, das nach Vertragsschluss alle Daten und Unterlagen erhält, die zur Beantragung des Blauen Engel vorgelegt wurden, um die Weiterentwicklung der Vergabegrundlagen fortführen zu können.

5 Zeichenbenutzung

5.1 Die Benutzung des Umweltzeichens durch den Zeichennehmer erfolgt aufgrund eines mit der RAL gGmbH abzuschließenden Zeichenbenutzungsvertrages.

5.2 Im Rahmen dieses Vertrages übernimmt der Zeichennehmer die Verpflichtung, die Anforderungen gemäß Abschnitt 3 für die Dauer der Benutzung des Umweltzeichens einzuhalten.

5.3 Für die Kennzeichnung von Produkten gemäß Abschnitt 2 werden Zeichenbenutzungsverträge abgeschlossen. Die Geltungsdauer dieser Verträge läuft bis zum 31.12.2012. Sie verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls der Vertrag nicht bis zum 31.03.2012 bzw. 31.03. des jeweiligen Verlängerungsjahres schriftlich gekündigt wird. Eine Weiterverwendung des Umweltzeichens ist nach Vertragsende weder zur Kennzeichnung noch in der Werbung zulässig. Noch im Handel befindliche Produkte bleiben von dieser Regelung unberührt.

5.4 Der Zeichennehmer (Hersteller) kann die Erweiterung des Benutzungsrechtes für das Kennzeichnungsberechtigte Produkt bei der RAL gGmbH beantragen, wenn es unter einem anderen Marken-/Handelsnamen und/oder anderen Vertriebsorganisationen in den Verkehr gebracht werden soll.

5.5 In dem Zeichenbenutzungsvertrag ist festzulegen:

5.5.1 Zeichennehmer (Hersteller/Vertreiber)

5.5.2 Marken-/Handelsname, Produktbezeichnung

5.5.3 Inverkehrbringer (Zeichenanwender), d.h. die Vertriebsorganisation gemäß Abschnitt 5.4

Anhang: Beispiel zur Bestimmung des zulässigen Energieverbrauchs

Beispiel: Ein Desktop Rechner mit einem Doppelkernprozessor, Onboard-Grafik und 2 GB Arbeitsspeicher.

- (1) Klassifizierung: Das Gerät entspricht der Kategorie B (Abschnitt 3.1). In diesem Fall darf der Desktop Rechner einen TEC-Wert von 131,25 kWh nicht überschreiten.
- (2) Leistungsaufnahme gemessen entsprechend den Anforderungen der ENERGY STAR Version 5.0 for Computer: 23 W im Idle-Modus, 2,8 W im Ruhemodus und 1 W im Schein-Aus-Zustand.
- (3) Der Energieverbrauch wird mit der folgenden Formel berechnet:

$$E_{\text{TEC}} = (8760/1000) * (P_{\text{Schein-Aus}} * T_{\text{Schein-Aus}} + P_{\text{Ruhe}} * T_{\text{Ruhe}} + P_{\text{idle}} * T_{\text{idle}}),$$

wobei alle P_x -Werte in Watt und alle T_x -Werte in % der Nutzung pro Jahr gemäß Tabelle 1 angegeben sind. E_{TEC} wird in kWh angegeben und zeigt den durchschnittlichen jährlichen Energieverbrauch bezogen auf die prozentuale Nutzungsdauer pro Modus.

$$\rightarrow E_{\text{TEC}} = (8760/1000) * (P_{\text{Schein-Aus}} * 0,55 + P_{\text{Ruhe}} * 0,05 + P_{\text{idle}} * 0,40)$$

$$\begin{aligned} \rightarrow E_{\text{TEC}} &= (8760/1000) * (1 * 0,55 + 2,8 * 0,05 + 23 * 0,40) \\ &= 86,64 \text{ kWh} \end{aligned}$$

- (4) $86,64 \text{ kWh} < 131,25 \text{ kWh} \rightarrow$ Der Desktop Rechner erfüllt die TEC-Anforderung.

VERTRAG

Nr.

über die Vergabe des Umweltzeichens

RAL gGmbH als Zeichengeber und die Firma

(Inverkehrbringer)

als Zeichennehmer – nachfolgend kurz ZN genannt –
schließen folgenden Zeichenbenutzungsvertrag:

M	U	S	T	E	R
---	---	---	---	---	---

1. Der ZN erhält das Recht, unter folgenden Bedingungen das dem Vertrag zugrunde liegende Umweltzeichen zur Kennzeichnung des Produkts/der Produktgruppe/Aktion **"Arbeitsplatzcomputer (Desktop Computer, Integrated Computer, Workstations, Thin Clients)"** für

"(Marken-/Handelsname)"

zu benutzen. Dieses Recht erstreckt sich nicht darauf, das Umweltzeichen als Bestandteil einer Marke zu benutzen. Das Umweltzeichen darf nur in der abgebildeten Form und Farbe mit der unteren Umschrift "Jury Umweltzeichen" benutzt werden, soweit nichts anderes vereinbart wird. Die Abbildung der gesamten inneren Umschrift des Umweltzeichens muss immer in gleicher Größe, Buchstabenart und -dicke sowie -farbe erfolgen und leicht lesbar sein.

2. Das Umweltzeichen gemäß Abschnitt 1 darf nur für o. g. Produkt/Produktgruppe/Aktion benutzt werden.
3. Für die Benutzung des Umweltzeichens in der Werbung oder sonstigen Maßnahmen des ZN hat dieser sicherzustellen, dass das Umweltzeichen nur in Verbindung zu o. g. Produkt/Produktgruppe/Aktion gebracht wird, für die die Benutzung des Umweltzeichens mit diesem Vertrag geregelt wird. Für die Art der Benutzung des Zeichens, insbesondere im Rahmen der Werbung, ist der Zeichennehmer allein verantwortlich.
4. Das/die zu kennzeichnende Produkt/Produktgruppe/Aktion muss während der Dauer der Zeichenbenutzung allen in der "Vergabegrundlage für Umweltzeichen RAL-UZ 78a" in der jeweils gültigen Fassung enthaltenen Anforderungen und Zeichenbenutzungsbedingungen entsprechen. Dies gilt auch für die Wiedergabe des Umweltzeichens (einschließlich Umschrift). Schadenersatzansprüche gegen die RAL gGmbH, insbesondere aufgrund von Beanstandungen der Zeichenbenutzung oder der sie begleitenden Werbung des ZN durch Dritte, sind ausgeschlossen.
5. Sind in der "Vergabegrundlage für Umweltzeichen" Kontrollen durch Dritte vorgesehen, so übernimmt der ZN die dafür entstehenden Kosten.

6. Wird vom ZN selbst oder durch Dritte festgestellt, dass der ZN die unter Abschnitt 2 bis 5 enthaltenen Bedingungen nicht erfüllt, verpflichtet er sich, dies der RAL gGmbH anzuzeigen und das Umweltzeichen solange nicht zu benutzen, bis die Voraussetzungen wieder erfüllt sind. Gelingt es dem ZN nicht, den die Zeichenbenutzung voraussetzenden Zustand unverzüglich wiederherzustellen oder hat er in schwerwiegender Weise gegen diesen Vertrag verstoßen, so entzieht die RAL gGmbH gegebenenfalls dem ZN das Umweltzeichen und untersagt ihm die weitere Benutzung. Schadenersatzansprüche gegen die RAL gGmbH wegen der Entziehung des Umweltzeichens sind ausgeschlossen.

7. Der Zeichenbenutzungsvertrag kann aus wichtigen Gründen gekündigt werden.

Als solche gelten z. Beispiel:

- nicht gezahlte Entgelte
- nachgewiesene Gefahr für Leib und Leben.

Eine weitere Benutzung des Umweltzeichens ist in diesem Fall verboten. Schadenersatzansprüche gegen die RAL gGmbH sind ausgeschlossen (vgl. Ziffer 6 Satz 3).

8. Der ZN verpflichtet sich, für die Benutzungsdauer des Umweltzeichens der RAL gGmbH ein Entgelt gemäß "Entgeltordnung für das Umweltzeichen" in ihrer jeweils gültigen Ausgabe zu entrichten.
9. Die Geltungsdauer dieses Vertrages läuft gemäß "Vergabegrundlage für Umweltzeichen RAL-UZ 78a" bis zum 31.12.2012. Sie verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls der Vertrag nicht bis zum 31.03.2012 bzw. bis zum 31.03. des jeweiligen Verlängerungsjahres schriftlich gekündigt wird. Eine Benutzung des Umweltzeichens ist nach Vertragsende weder zur Kennzeichnung noch in der Werbung zulässig. Noch im Handel befindliche Produkte bleiben von dieser Regelung unberührt.
10. Mit dem Umweltzeichen gekennzeichnete Produkte/Aktionen und die Werbung dafür dürfen nur bei Nennung der Firma des

(ZN/Inverkehrbringers)

an den Verbraucher gelangen.

Sankt Augustin, den

Ort, Datum

RAL gGmbH
Geschäftsleitung

(rechtsverbindliche Unterschrift
und Firmenstempel)