

Szenarien „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“

Arbeitspapier im Rahmen von AP 9 des Vorhabens
„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH, Berlin

Prof. Dr. Klaus Fichter

Dr. Jens Clausen

Dr. Ralph Hintemann

Berlin, 2010

Inhalt

1	Ziel und Funktion der Szenarien	3
2	Leitfrage der Szenarien	4
3	Abgrenzung des Betrachtungsraums	5
4	Relevante Einflussfaktoren	6
5	Delphi-Befragungen zur Entwicklung direkter Einflussfaktoren bis 2020	11
6	Business-as-usual-Szenario „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“	19
7	Die Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“	29
8	Green IT-Szenario.....	46
9	Nutzen der Roadmap: Unterschiede zwischen BAU- und Green IT-Szenario	52
10	Projekteigene Datenquellen	60
11	Weitere Datenquellen.....	61
12	Anhang: Fragebögen und Ergebnisse der Delphi-Befragungen.....	62
13	Anhang: Mitglieder im Steuerungskreis des Roadmapping-Prozesses	83
14	Anhang: Berechnungstabelle BAU-Szenario	84
15	Anhang: Berechnungstabelle Green IT-Szenario	86

1 Ziel und Funktion der Szenarien

Im Rahmen des Roadmapping-Projektes „Thin Client & Server Based Computing (TC&SBC) - Entwicklung von Leitmärkten für ressourceneffiziente IKT-Nutzung“ sollen Ressourceneffizienzpotenziale des TC&SBC ermittelt werden und eine Roadmap für deren Erschließung erstellt werden. Die dazu entwickelten und im Folgenden dargestellten Szenarien haben hierbei zwei Funktionen:

1. Sie dienen als Grundlage für die Ausarbeitung der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen - Entwicklung eines Leitmarktes für Material- und Energieeffizienz“ im Rahmen des Ma-Ress-Vorhabens.
2. Auf ihrer Basis soll berechnet und dargestellt werden, welchen Einfluss die Maßnahmen einer Roadmap auf den Energie- und Materialverbrauch arbeitsplatzbezogener Computerlösungen in Deutschland bis zum Jahr 2020 haben. Die Szenarien dienen also dazu, den Unterschied zwischen einem „Business-as-usual“ und zusätzlichen Anstrengungen von Seiten der Politik, der IKT-Wirtschaft sowie der Anwender deutlich zu machen. Die zusätzlichen Anstrengungen werden durch die Initiativen und Maßnahmen der Roadmap abgebildet.

Es werden zwei Szenarien entwickelt und berücksichtigt:

1. Ein „Business-as-usual“-Szenario (Basisszenario), welches bisherige Trends fortschreibt (z. B. kontinuierliche Energieeffizienzsteigerung bei Endgeräten, mehr mobile Endgeräte etc.) und somit die Auswirkungen eines ungestörten „weiter so“ aufzeigt.
2. Ein „Green IT“-Szenario, welches von zusätzlichen im Rahmen der Roadmap definierten Anstrengungen und Initiativen von Seiten der Politik, der IKT-Wirtschaft und der Anwender ausgeht.

In beiden Szenarien wird die Entwicklung der Anzahl von Computerarbeitsplätzen gleichgesetzt. Der Unterschied zwischen beiden Szenarien ergibt sich durch die zusätzlichen Energie- und Materialeffizienzmaßnahmen im Green IT-Szenario, die sich in einer anderen Struktur der Computerausstattung (Mehr Mini-PCs, mehr TC&SBC etc.) und einer schnelleren Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz ausdrückt.

2 Leitfrage der Szenarien

Als Leitfrage für die Szenarien wurde folgende Fragestellung formuliert:

Wie wird sich der Energie- und Materialeinsatz arbeitsplatzbezogener Computerlösungen in Deutschland bis zum Jahr 2020 entwickeln?

3 Abgrenzung des Betrachtungsraums

Der Betrachtungsraum für die Szenarien wird wie folgt abgegrenzt:

- Zeithorizont: 2020, mit Zwischenbetrachtung für 2013 (Referenzjahr der Bundesregierung für Energieeinsparziele im Bereich der Bundes-IT, außerdem Ablauf der jetzigen Legislaturperiode)
- Geographische Abgrenzung: Deutschland
- Betrachtungsbereich für Computerlösungen: Stationäre Arbeitsplätze (Unternehmen, Behörden, Bildungseinrichtungen (Schulen, Hochschulen), Sozialeinrichtungen etc.), d. h. ohne Privathaushalte.
- Funktionelle Einheit: Computernutzung an stationären Arbeitsplätzen

Betrachtete Typen von Computerlösungen für stationäre Arbeitsplätze:

- (1) Desktop-PC
 - (2) Mini-/Kompakt-PC
 - (3) Notebook/Netbook
 - (4) Thin Client & Server Based Computing (inkl. Hosted Virtual Desktop-Lösungen und Software as a Service (SaaS) sowie inkl. Server Based Computing mit Desktop-PCs als „Fat“-Clients, inkl. Internetbasierte Anwendungen (Cloud Computing))
- Systemabgrenzung der Computerlösungen: Bei allen Endgeräten werden neben den Endgeräten selbst auch anteilig Terminalserver und dazugehörige Infrastruktur (Kühlung, Klimatisierung etc.) einbezogen, wobei Thin Clients zu 100 % auf serverbasierte Software angewiesen sind, während bei den anderen Endgeräten ein starkes Ansteigen der Softwarenutzung von Servern und aus dem Internet erst für die nächsten Jahre erwartet wird.
 - Systemabgrenzung für die ökologische Betrachtung: Einbezogen werden bei Endgeräten und Servern sowohl der Energieverbrauch in der Nutzungsphase als auch der Energieverbrauch zur Herstellung der Geräte. Bei der Rechenzentrumsinfrastruktur (Klimatisierungsanlagen etc.) wird lediglich der Energieverbrauch in der Nutzungsphase einbezogen.
 - Systemische Nebeneffekte (z. B. der Wegfall bzw. die Reduzierung von Büroklimatisierung im Falle quasi abwärmefreier Thin Clients oder die Reduzierung von Verkehrsemissionen durch wegfallende Mobilitätsaufwendungen für Wartung und Reparatur) werden nicht betrachtet.
 - Für die Betrachtung des Materialeinsatzes wird aufgrund nichtvorhandener Daten zu den Rohstoffverbräuchen¹ eine Vereinfachung vorgenommen, die lediglich die Produktgewichte der Geräte sowie die anteiligen Materialklassen (Elektronikkomponenten, Kunststoffteile, Metallteile, Netzteil) einbezieht.

Die Szenarien umfassen sowohl qualitative Beschreibungen (von Ausgangsbedingungen, Einflussfaktoren, Auswirkungen bestimmter Maßnahmen etc.) als auch quantifizierte Trendparameter (Anzahl von Computerarbeitsplätzen in Deutschland, Energieverbrauch pro Computertyp usw.). Auf dieser Basis lässt der Energieverbrauch und Materialeinsatz arbeitsplatzbezogener Computerlösungen im Zeitverlauf von 2010 bis 2020 darstellen.

¹ Vgl. dazu die Ausführungen in Fußnote 5 auf S. 29.

4 Relevante Einflussfaktoren

Für die Beantwortung der Leitfrage ist zu klären, welche Faktoren den Energie- und Materialeinsatz arbeitsplatzbezogener Computerlösungen beeinflussen. Dabei ist zwischen direkten Einflussfaktoren und indirekten Einflussfaktoren zu unterscheiden. Auf Basis der bisherigen Arbeiten im Roadmapping-Projekt können folgende direkte Einflussfaktoren als relevant angenommen werden:

Direkte Einflussfaktoren

Computerausstattung für stationäre Arbeitsplätze

- Anzahl von stationären Computerarbeitsplätzen in Deutschland. Diese errechnen sich aus der Anzahl von Computernutzern und dem Ausstattungsgrad mit Computern
- Ausstattungsstruktur von Computerarbeitsplätzen (Anteil der jeweiligen Computertypen)
- Aus diesen beiden Faktoren ergibt sich die:
- Anzahl der jeweiligen Computertypen (in Stück) für stationäre Arbeitsplätze in Deutschland.

Formen der Bereitstellung von Software

Für Anfang 2010 kann näherungsweise davon ausgegangen werden, dass Thin Clients noch zu 100 % unter Server Based Computing (SBC) laufen und PCs, Mini-PCs und Notebooks noch zu über 90 % mit lokaler, d. h. auf dem Endgerät laufender Software und zu ca. 10 % in der „Cloud“, d. h. im Internet arbeiten. Die bisherige Form der Softwarebereitstellung wird sich in Zukunft aber verändern. Mit Konzepten wie dem Hosted Virtual Desktop (HVD) und der zunehmenden Nutzung von Software-as-a-Service (SaaS) kommen zur bisherigen Form des Server Based Computing noch zusätzliche Optionen für eine zentrale Softwarebereitstellung hinzu, die in zunehmendem Maße auch auf PCs, Mini-PCs und Notebooks genutzt werden. Dies hat Folgen für die Berechnung des Energieverbrauchs und Materialeinsatzes offline-fähiger Geräte wie PCs, Mini-PCs und Notebooks, da diese in zunehmendem Maße auch zentrale Rechen- und Speicherressourcen in Anspruch nehmen. Ein zentraler Einflussfaktor für die Umweltinanspruchnahme von arbeitsplatzbezogenen Endgeräten ist daher:

- Das Nutzungsverhältnis von lokaler Software zu zentral bereit gestellter Software (SBC, HVD, SaaS).

Energie- und Materialeinsatz von Computern und Rechenzentren

- Herstellung: Durchschnittlicher kumulierter Energieaufwand (KEA) zur Herstellung des jeweiligen Endgerätes in kWh
- Durchschnittliche Nutzungsdauer pro Endgerät in Jahren
- Nutzungsphase: Energieverbrauch pro Endgerät p.a. in kWh (für definierte Nutzungsszenarien: Betriebsstunden pro Jahr, Leistungsaufnahme in verschiedenen Modi (Betrieb, Standby, Aus) usw.).

Für die zentralisierte Softwarebereitstellung ist anteilig der Energieverbrauch des Rechenzentrums zu berücksichtigen. Direkte Einflussfaktoren sind hier:

- Durchschnittliche Anzahl von Clients pro Terminalserver
- Virtualisierungsgrad von Terminalservern (Anzahl von virtuellen Servern pro physischem Server)
- Durchschnittlicher Energieverbrauch pro Terminalserver p.a. in kWh (für definierte Nutzungsszenarien: Betriebsstunden pro Jahr, Leistungsaufnahme in verschiedenen Modi (Volllast, IDLE, ausge-

schaltet). Dabei wird berücksichtigt, dass künftig zunehmend ungenutzte Terminalserver für andere Anwendungen genutzt werden können oder automatisiert heruntergefahren werden.)

- Durchschnittlicher kumulierter Energieverbrauch (KEA) zur Herstellung eines Terminalservers
- Durchschnittliche Nutzungsdauer pro Terminalserver in Jahren
- Durchschnittlicher Energiebedarf der Rechenzentrumsinfrastruktur, ausgedrückt durch DCiE bzw. PUE.

Bezüglich des Materialeinsatzes sind direkte Einflussfaktoren:

- Produktgewicht pro Endgerät und Terminalserver in kg oder g
- Anteiliges Gewicht der wichtigsten Materialklassen (Elektronikkomponenten, Kunststoffteile, Metallteile, Netzteil) in %.

Indirekte Einflussfaktoren

Die oben genannten direkten Einflussfaktoren beeinflussen unmittelbar den Energieverbrauch und den Materialeinsatz arbeitsplatzbezogener Computerlösungen. Ihre Ausprägung hängt aber wiederum von anderen Faktoren ab, die damit auf indirekte Weise Einfluss auf die Umweltinanspruchnahme von Computerlösungen nehmen. Als indirekte Einflussfaktoren sollen hier also solche verstanden und einbezogen werden, die maßgeblich auf die oben vorgestellten direkten Einflussfaktoren einwirken. Bei der Identifizierung dieser sogenannten indirekten Einflussfaktoren wurde systematisch vorgegangen. Dabei wurden die folgenden relevanten Einflussdimensionen unterschieden:

- Gesellschaftliche Einflussfaktoren
- Politische Einflussfaktoren
- Marktliche Einflussfaktoren
- Technologische Einflussfaktoren.

Im Rahmen von Recherchen, Abfragen im Steuerungskreis (vgl. Treffen am 30.11.09) und im Rahmen von Delphi-Befragungen (vgl. Kapitel 5 und Anhang) wurden zentrale Einflussfaktoren identifiziert. Im Folgenden findet sich die Liste dabei identifizierter indirekter Einflussfaktoren (Trends und Ereignisse) und eine Einschätzung, wie sich diese auf die direkten Einflussfaktoren auswirken. In die folgende Tabelle 1 wurden nur indirekte Einflussfaktoren aufgenommen, die positiv oder negativ auf die direkten Einflussfaktoren wirken. Indirekte Einflussfaktoren, bei denen von einer neutralen Wirkung ausgegangen werden kann, wurden in die Tabelle nicht aufgenommen, da sie keine Veränderungen bewirken. Besonders relevante Einflussfaktoren (Schlüselfaktoren) wurden auf der Sitzung des Steuerungskreises des Roadmapping-Projektes am 25.01.10 diskutiert und ausgewählt.

Tabelle 1: Übersicht der Wirkung indirekter Schlüsselfaktoren auf zentrale Kenngrößen (direkte Einflussfaktoren) des Energie- und Materialbedarfs arbeitsplatzbezogener Computerarbeitsplätze

	Wirkung der Trends und Ereignisse auf...			
	↑ = erhöht ↓ = verringert Anzahl von Computer- arbeitsplätzen bzw. Geräten	↑ = erhöht ↓ = verringert Nachfrage nach bestimmten Computertypen	↑ = erhöht ↓ = verringert Energie- verbrauch pro Computerar- beitsplatz	↑ = erhöht ↓ = verringert Materialeinsatz pro Computerar- beitsplatz
Indirekte Einflussfaktoren (Trends und Ereignisse)				
Gesellschaftliche Einflussfaktoren				
Anzahl Schüler sinkt von ca. 11 Mio. in 2010 auf ca. 10 Mio. in 2020 ²	↓			
Abnahme der Erwerbsbevölkerung um ca. 1 Mio.	↓			
Abnahme der Beschäftigten im öffentl. Dienst	↓			
Fließendere Übergänge Privat-/Arbeitsleben	↑	↑ Mobile Geräte/ortsunabhängige Lösungen ↓ PC/Mini-PC		
Bewusstsein für Klimawandel und Ressourcenverknappung nimmt zu („Jeder muss etwas tun!“)			↓	↓
Politische Einflussfaktoren				
Steigende Investitionen im Bildungsbereich: Anzahl Schulcomputer: 1,5 Mio. (2010), 2,0 (2013), 2,5 (2020)	↑			
Verschärfung der Anforderungen an Stand-by			↓	
Verschärfung der Anforderungen an Öko-Design			↓	↓
Bildschirmarbeitsplätze (noch geräuschärmer)		↓ PCs		
Zunahme öffentlicher F&E-Mittel für „Green IT“		↑ Notebooks, Mini-PCs, TCs ↓ PCs	↓	↓
Zunahme Fördermittel Verbreitung von „Green IT“		↑ Notebooks, Mini-PCs, TCs ↓ PCs	↓	↓

² Vgl. Statistisches Bundesamt (2006): Bevölkerung Deutschlands bis 2050, 11. Koord. Bevölkerungsvorausberechnung, S. 19 f.

Marktliche Einflussfaktoren				
Tertiarisierung: Rückgang Beschäftigte in Sektoren mit geringer Computerquote (z. B. Bau) zu Gunsten von Dienstleistungssektor	↑			
Computerisierung von Sektoren wie Handel und Handwerk (bis dato mit wenig Computer ausgestattet)	↑			
Trend zum mobilen Arbeiten		↑ Mobile Geräte/ortsunabhängige Lösungen ↓ PC/Mini-PC		
Zunehmende Substitution von PCs durch Notebooks, da mobil, leistungsfähig, platz- und energiesparender		↑ Notebooks ↓ PCs	↓	↓
Mini-PCs oder Nettops ersetzen zunehmend PCs		↑ Mini-PC, Nettop ↓ PC	↓	↓
Hardwarepreise fallen weiter, aber langsamer als bisher	↑			
Ausbau des Netzes für mobile Computernutzung		↑ Mobile Geräte/ortsunabhängige Lösungen ↓ PC, Mini-PC		
Zunehmende Bandbreiten in der Netzinfrastruktur		↑ Notebook, TC ↓ PC, Mini-PC		
Trend zu kleineren Formfaktoren („kleiner, leichter, dünner“)			↓	↓
„Leistungshunger“ bei der Grafik steigt, z. B. durch größere, hochauflösende Bildschirme, Video- und 3D-Anwendungen		↑ PC	↑	↑
Bereitschaft für „externe“ Datenhaltung wächst		↑ TC ↓ PC, Mini-PC		
Sensibilität für Datenschutz u. Sicherheit nimmt zu		↑ TC		
Steigende Nachfrage für nutzungsgerechte Computerleistung		↑ Mini-PC, TC		
Zahl verfügbarer Applikationen auf Servern steigt		↑ TC		
Markt für Hosted Virtual Desktop „explodiert“		↑ TC		
Rasante Zunahme Software-as-a-Service (SaaS)		↑ TC		
Zunahme Parallel-Betrieb Privat-Notebook u. Geschäfts-TC	↓	↑ Notebook ↓ PC, Mini-PC, TC		
Zunahme neuer Arbeitsplatzkonzepte (Shared Desk etc.)		↑ Notebook, TC ↓ PC, Mini-PC		
Öffentliche Beschaffung wird zum Pull-Faktor für Green IT		↑ Notebook, Mini-PC, TC ↓ PC	↓	↓
Anstieg Energie- und relevanter Rohstoffpreise liegt über der Inflationsrate			↓	↓

Technologische Einflussfaktoren				
Zunehmende Miniaturisierung (Halbleiter, Kabelverbinder, Netzteile etc.)			↓	↓
Zunehmender Einsatz von Notebookkomponenten			↓	↓
Komponenten werden effizienter, kontinuierlich sinkende Leistungsaufnahme (Netzteile, Laufwerke etc.)			↓	
Es werden zunehmend Solid State Disks (SSD) anstatt Festplatten (HDD) verwendet			↓	↓
Zunehmender Einsatz intelligentes Strommanagement			↓	
Anteil Metalle an Computerendgeräten nimmt ab, Anteil an Kunststoffen nimmt zu.				↓
Zunehmender Einsatz „ertüchtigter“ TCs (grafikstark, Multimediafähigkeit etc.)		↑ TC		
Integration PC-Computing und Terminalservices			↑	↑
Verlängerung der (Akku-)Laufzeit mobiler Geräte		↑ Notebook		
Im Bereich SBC und SaaS zunehmender Einsatz Hardware-beschleunigter Remoteprotokolle (PCoIP etc.)		↑ TC		
Neue Virtualisierungskonzepte			↓	↓

Quelle: Eigene.

5 Delphi-Befragungen zur Entwicklung direkter Einflussfaktoren bis 2020

Um die Entwicklung der als relevant identifizierten direkten Einflussfaktoren (Leistungsaufnahme der Computerendgeräte usw.) bis zum Jahr 2020 abschätzen zu können, wurden im Zeitraum von Dezember 2009 bis März 2010 Delphi-Befragungen durchgeführt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass aufgrund der langfristigen Betrachtung und der spezifischen Sachkenntnisse, die zur Einschätzung einzelner Einflussfaktoren erforderlich sind, auch Branchen- und Technologieexperten immer nur zu einer begrenzten Anzahl von Einflussfaktoren verlässlich und durch plausible Sachargumente abgestützte Einschätzungen abgeben können. Die als relevant identifizierten direkten Einflussfaktoren wurden daher in vier Themengebiete aufgeteilt:

- (1) Bestands- und Marktzahlen bei Computerendgeräten in Büros in Deutschland bis 2020
- (2) Leistungsaufnahme, Gewicht und Nutzungsdauer von Computerendgeräten bis 2020
- (3) Formen der Softwarebereitstellung für arbeitsplatzbezogene Computerlösungen bis 2020
- (4) Umweltrelevante Kennzahlen bei Servern und Rechenzentren in Deutschland bis 2020

Für jedes der vier Themengebiete wurde ein Fragebogen ausgearbeitet (vgl. Anhang) und es wurden in Zusammenarbeit mit dem Steuerungskreis des Roadmapping-Projektes für jedes der vier Themengebiete zwischen vier und sechs Experten identifiziert. Der Ablauf der Delphi-Befragung war dann wie folgt:

- In einer ersten Befragungsrunde wurden die Experten gebeten, den Fragebogen ihres Themengebietes zu beantworten und an das Borderstep Institut zurückzusenden.
- Das Borderstep Institut führte die Antworten (Trendaussagen, Einschätzungen, Zahlenangaben) für jedes Themenfeld in einem Dokument zusammen und anonymisierte die Angaben (Aussage Experte 1, Experte 2 usw.).
- Das konsolidierte und anonymisierte Ergebnisdokument der 1. Befragungsrunde wurde dann den Experten des jeweiligen Themenfeldes nochmals zugesandt, wobei diesen nur mitgeteilt wurde, welcher Experte sie selbst sind („Experte 1“ usw.). Die Befragten sollten ihre eigenen Einschätzungen im Lichte der Argumente und Zahlenangaben der anderen Experten nochmals überprüfen, ggf. ändern und an das Borderstep Institut zurücksenden.
- Das Borderstep Institut führte die Rückmeldungen abermals zusammen und leitete auf Basis der genannten Trendaussagen und zahlenmäßigen Einschätzungen Zahlenangaben für die jeweiligen Trendparameter ab (vgl. Anhang). Die Ergebnisse wurden den Experten in anonymisierter Form zur Verfügung gestellt.

Bei den im Folgenden dargestellten Ergebnissen der Delphi-Befragungen ist zu beachten, dass die hier genannten Werte nicht automatisch und nicht zwingend in gleicher Ausprägung in die Szenarien übernommen werden, da das Eintreten dieser Werte von einer Reihe von Maßnahmen und Ereignissen abhängt, die in den Szenarien erst explizit thematisiert werden müssen. Das Eintreten oder Nicht-Eintreten bildet dann auch die Differenzierung zwischen dem Business-as-usual-Szenario und dem Green IT-Szenario.

Bestands- und Marktzahlen bei Computerendgeräten in Büros in Deutschland bis 2020

Für die Betrachtung der Umwelteffekte arbeitsplatzbezogener Computerlösungen ist zunächst grundlegend, wie viele Arbeitsplatzcomputer im Einsatz sind. Daher wurden die Experten zunächst gefragt, wie sich Ihrer Meinung nach die Gesamtzahl installierter Computerendgeräte in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen (Schulen, Hochschulen) bis 2020 in Deutschland entwickeln? (ohne Privathaushalte). Auf Basis der im Anhang dokumentierten, durch die Delphiteilnehmer genannten Zahlenwerte, wurden unter Berücksichtigung der von den Experten genannten Trends (vgl. Anhang) die in der Tabelle aufgeführten Werte als Ergebnis der Delphi-Befragung abgeleitet:

Tabelle 2: Anzahl installierter Computerendgeräte in Büros (Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen) in Deutschland in Stück

	2007	2010	2013	2020
Computerendgeräte insgesamt (Desktop-PCs, Mini-PCs, Notebook, Thin Clients)	24,5 Mio.	26,5 Mio.	30,0 Mio.	37,5 Mio.

Quelle: Eigene.

Um eine Abschätzung des zukünftigen Einsatzes verschiedener Gerätetypen zu ermöglichen, wurden die Experten weiterhin gefragt, wie sich ihrer Meinung nach die Verkaufszahlen von Computerendgeräten in Deutschland bis 2020 entwickeln werden. Nach Marktzahlen von TechConsult und IDC wurden im Jahr 2008 in Deutschland an Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen 2,61 Mio. PCs, 2,81 Mio. Notebooks und rund 0,32 Mio. Thin Clients verkauft (ohne Privathaushalte). Da Mini-PCs erst in jüngster Zeit am Markt verfügbar sind, können für diese Geräteklasse für 2008 noch keine Verkaufszahlen genannt werden. Auf Basis der im Anhang dokumentierten, durch die Delphiteilnehmer genannten Verkaufszahlen wurden unter Berücksichtigung der von den Experten genannten Trends (vgl. Anhang) die in der folgenden Tabelle aufgeführten Werte als Ergebnis der Delphi-Befragung abgeleitet:

Tabelle 3: Verkaufszahlen Computerendgeräte an Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen in Deutschland in Stück

	2008	2010	2013	2020
Desktop-PC	2,61 Mio.	2,3 Mio.	2,0 Mio.	1,5 Mio.
Mini-PC / Nettop	---	0,15 Mio.	0,25 Mio.	0,6 Mio.
Notebook (Netbooks/Smartbooks)	2,81 Mio.	3,2 Mio.	3,7 Mio.	4,7 Mio.
Thin Client	0,32 Mio.	0,4 Mio.	0,6 Mio.	1,0 Mio.

Quelle: Eigene.

Leistungsaufnahme, Gewicht, Materialzusammensetzung und Nutzungsdauer von Computerendgeräten bis 2020

Von zentraler Bedeutung für den Energie- und Materialeinsatz arbeitsplatzbezogener Computerlösungen sind der Energieverbrauch, das Gewicht, die Materialzusammensetzung sowie die Nutzungsdauer der Geräte. Auf Basis der im Anhang dokumentierten, durch die Delphiteilnehmer genannten Zahlenwerte, wurden unter Berücksichtigung der von den Experten genannten Trends (vgl. Anhang) die in der Tabelle aufgeführten Werte als Ergebnis der Delphi-Befragung abgeleitet:

Tabelle 4: Leistungsaufnahme und Nutzungsdauer von Computerendgeräten bis 2020

Endgerätetyp	Leistungsaufnahme neuer Endgeräte „IDLE“ in Watt (ohne Monitor etc.)			Durchschnittliche Nutzungsdauer neuer Endgeräte in Jahren		
	2010	2013	2020	2010	2013	2020
Desktop-PC	65	55	45	5	5	5
Mini-PC /Net-top	30	25	20	5	5	5
Notebook	30	20	15	4	4	4
Thin Client	12	9	7	8	8	8

Quelle: Eigene.

Tabelle 5: Produktgewichte von Computerendgeräten bis 2020

Produktgewicht	Desktop	Mini-PC / Nettop	Notebook	Thin Client
2010 in kg	8	2	2,2	1,5
2013 in kg	7,5	1,7	1,9	1,2
2020 in kg	6	1,5	1,7	1

Quelle: Eigene.

Tabelle 6: Materialgewichtsanteile von Computerendgeräten bis 2020

Gewichtsanteile	Desktop		Mini-PC / Nettop		Notebook ³		Thin Client	
	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Anteil Elektronikkomponenten in %	11	20	30	25	28	28	22	25
Anteil Kunststoffe in %	4	10	30	30	28	28	10	20
Anteil Metallteile in %	67	50	25	30	22	22	55	35
Anteil Netzteil in %	18	20	15	15	8	8	13	20

Quelle: Eigene.

Formen der Softwarebereitstellung für arbeitsplatzbezogene Computerlösungen bis 2020

Die Form der Softwarebereitstellung (zentral /dezentral) spielt für die Berechnung des Energie- und Materialeinsatzes von arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen deshalb eine Rolle, weil je nachdem, ob die Software auf dem Endgerät oder auf zentralen Servern „läuft“, d. h. bereitgestellt wird, Hardware in unterschiedlicher Weise in Anspruch genommen werden. Auf Basis von Experteneinschätzungen werden hier vier unterschiedliche Formen der Softwarebereitstellung bzw. des Softwarezugriffs unterschieden:

- (1) Lokale Software: die, wie am PC gewohnt, auf der Festplatte installiert wird und lokal läuft.
- (2) Server Based Computing (SBC), in dessen Rahmen mehrplatzfähige Software auf einem eindeutig bekannten Terminalserver installiert wird.
- (3) Hosted Virtual Desktop (HVD), in dessen Rahmen auf einem eindeutig bekannten Server virtuelle PCs eingerichtet werden, auf denen individuelle Software läuft.
- (4) Software as a Service (SaaS): bedeutet die Nutzung von einzelnen oder mehreren Softwareprogrammen, die zentralisiert bereitgestellt werden, z. B. über das Internet (Cloud-Services).

Auf Basis der im Anhang dokumentierten, durch die Delphiteilnehmer genannten Zahlenwerte, wurden unter Berücksichtigung der von den Experten genannten Trends (vgl. Anhang) die in der Tabelle aufgeführten Werte für die Weiterarbeit an den Szenarien abgeleitet:

³ Beim Notebook addieren sich die Werte nicht zu 100 %, da noch der Bildschirm dazu kommt, der hier aber nicht mit betrachtet wurde.

Tabelle 7: Anteile der Softwarebereitstellung bei Computerendgeräten in Büros in Deutschland bis 2020

	2010				2013				2020			
	Lokale Software	SBC	HVD	SaaS	Lokale Software	SBC	HVD	SaaS	Lokale Software	SBC	HVD	SaaS
Desktop-PC, Mini-PC, Notebook	90	4	4	2	55	20	20	5	25	20	40	15
Thin Client	0	90	10	0	0	70	20	10	0	50	30	20

Quelle: Eigene.

Ergebnisse mit Bezug zur Zahl der Clients pro Server

Die bisher oft getroffene Annahme von ca. 35 Benutzern pro Terminalserver basierte noch auf der Voraussetzung, dass ein 32-Bit Betriebssystem direkt auf dem Server ausgeführt wird. Durch die 64-Bit Technik und die Virtualisierung kann bereits heute ein physischer Server mehrere virtuelle Systeme und damit deutlich mehr Benutzer versorgen.

Per SaaS werden primär einzelne Spezial-Anwendungen und keine kompletten Desktop-Umgebungen bereitgestellt. Entsprechend sind mehr Benutzer pro Server möglich. Die Benutzerzahlen pro Server werden im Bereich SaaS aber langsamer wachsen, da die Möglichkeiten von und damit die Anforderungen an SaaS zunehmen werden.

Die von den Experten genannten Faktoren, die sich auf die Zahl der Clients pro Server auswirken werden (vgl. Anhang) sowie die Definitionen der Experten, was wie sie unter einem „Server“ verstehen, führen in der Konsequenz dazu, dass das Borderstep Institut die „Werte für die Szenarien“ eher konservativ im unteren Bereich der von den Teilnehmern genannten Werte angesetzt hat. Hierbei wird eine eher moderat steigende Serverleistung zugrunde gelegt und nicht davon ausgegangen, dass in 2020 ein Server hunderte von Rechenkernen haben wird.

Auf Basis der im Anhang dokumentierten, durch die Delphiteilnehmer genannten Zahlenwerte, wurden unter Berücksichtigung der genannten Trends folgende Werte abgeleitet:

Tabelle 8: Anzahl von Clients pro physischem Terminalserver bis 2020

Clients pro physischem Server	2010	2013	2020
Bei Server Based Computing (SBC)	50	150	300
Bei Hosted Virtual Desktop (HVD)	25	50	100
Bei Software-as-a-Service (SaaS)	50	100	200

Quelle: Eigene.

Umweltrelevante Kennzahlen bei Servern und Rechenzentren in Deutschland bis 2020

Wie die obige Trendbeschreibung zur Form der Softwarebereitstellung für arbeitsplatzbezogene Computerlösungen zeigt, wird die Inanspruchnahme zentraler Rechner- und Infrastrukturkapazitäten bis 2020 erheblich zunehmen. Für die Berechnung des Energie- und Materialeinsatzes arbeitsplatzbezogener Computerlösungen bis 2020 ist es daher notwendig, die Entwicklung umweltrelevanter Parameter bei Servern und Rechenzentren in Deutschland abzuschätzen.

Eine zentrale Frage dabei ist zunächst, wie werden sich die Leistungsaufnahme und die durchschnittliche Nutzungsdauer von Servern bis 2020 entwickeln? Bei der Betrachtung wurde dabei auf die mit Abstand größte Klasse an Servern, sogenannte X86 Volume-Server fokussiert. Die Antworten der Experten in der ersten Befragungsrunde zeigen hier zum Teil gegenläufig Aussagen. Daher wurde in der zweiten Runde zusätzlich abgefragt, wie die Experten einen „durchschnittlichen physikalischen Server“ definieren. Der Vergleich der Antworten unter Berücksichtigung der zugrunde gelegten Serverdefinitionen lässt folgende Aussagen zu:

- Im Jahr 2010 wird der durchschnittliche Energiebedarf pro Server von den Experten mit 250 bis 500 Watt angesetzt. Mit einer Ausnahme einer Experteneinschätzung liegen die definierten Server eng zusammen. Als Durchschnittswert kann ein Energiebedarf von 400 Watt für ein System mit folgender Ausstattung angenommen werden: 2 Prozessoren mit je 4 Kernen, 24 GB Arbeitsspeicher und eine Festplatte mit 1 TB Speicherkapazität.
- Für das Jahr 2013 liegen die von den Experten angegebenen Energieverbräuche eng zusammen. Hier kann im Durchschnitt ein Energiebedarf von 400 Watt angenommen werden. Dabei wird das System ebenfalls über 2 Prozessoren, aber über mehr Kerne pro Prozessor (z. B. 8) und über mehr Arbeitsspeicher (z. B. 48 GB) verfügen.
- Die Angaben zum Energiebedarf im Jahr 2020 liegen weit auseinander (zwischen 150 und 700 Watt pro Server). Diese Schwankungen lassen sich nicht durch deutlich andere Annahmen hinsichtlich der Serverausstattungen begründen. Die Annahme einer geringfügigen Absenkung des Energiebedarfs auf 350 Watt für ein System mit dann 2 Prozessoren, 32 Kernen pro Prozessor, 256 GB Arbeitsspeicher und einer 10 Terabyte-Festplatte erscheint hier aber plausibel.
- Die durchschnittliche Nutzungsdauer der Server wird eher konstant bleiben mit einer leichten Tendenz zu längeren Nutzungsdauern. Sie wird daher für das „Business-as-usual“-Szenario mit 4 Nutzungsjahren im Jahr 2010, mit 4,3 Nutzungsjahren im Jahr 2013 und mit 5 Nutzungsjahren im Jahr 2020 angenommen.
- Die Effizienzentwicklung bei Highend- und Midrange-Servern wird ähnlich verlaufen wie die Entwicklung bei Volume-Servern.

Tabelle 9: Durchschnittliche Leistungsaufnahme und Gesamtnutzungsdauer neuer X86 Volume-Server

X86/Volumeserver	2010	2013	2020
Durchschnittliche Leistungsaufnahme eines neuen Servers in Watt (bei voller Auslastung)	400	400	350
Durchschnittliche Gesamtnutzungsdauer eines Servers in Jahren	4	4,3	5
Anzahl Prozessoren	2	2	2
Anzahl Kerne pro Prozessor	4	8	32
Arbeitsspeicher in GB	24	48	256
Festplattenkapazität in TB	1	2	10

Quelle: Eigene.

Einen wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch von Servern und Rechenzentren hat auch die Möglichkeit, nicht benötigte Server automatisch herunterzufahren und bei Lastanforderungen wieder rechtzeitig hochzufahren. Auf Basis der Experteneinschätzungen (vgl. Anhang) kann hier davon ausgegangen werden, dass im Jahr 2010 ca. 5 % aller Server automatisch herunter- und wieder hochgefahren werden können. Die Delphi-Befragung ergab für das Jahr 2013 einen Anstieg auf 20 % und für das Jahr 2020 kann die Annahme, getroffen werden, dass 50 % aller Server über die Möglichkeit des automatischen Hoch- und Runterfahrens verfügen werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Energieeffizienz von Servern zu verbessern, besteht darin, über verschiedene technische Maßnahmen den Energieverbrauch von unausgelasteten Servern abzusenken. Hier wurden die Experten im Rahmend der Delphi-Befragung gebeten eine Abschätzung abzugeben, auf wie viel Prozent der Leistungsaufnahme bei Volllastbetrieb der Energieverbrauch eines Servers (x86/Volume) im IDLE-Betrieb sinken wird. Der Vergleich der Expertenantworten lässt folgende Aussage zu: Die Leistungsaufnahme eines Servers im IDLE-Betrieb wird im Jahr 2010 bei ca. 40 % der Leistungsaufnahme im Vollastbetrieb liegen. Im Jahr 2013 ist eine weitere Absenkung auf ca. 30 % zu erwarten. Im Jahr 2020 wird die Leistungsaufnahme voraussichtlich bei unter 20 % liegen.

Im Rahmen des Vorhabens „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ stehen vor allem material- und ressourcenbezogene Fragestellungen im Mittelpunkt. Neben energiebezogenen Aspekten wurden die Experten daher auch darum gebeten, eine Abschätzung bzgl. der Entwicklung der Gewichte von Servern sowie bzgl. des Anteils an Elektronikkomponenten vorzunehmen. Die Antworten zur Entwicklung des Produktgewichts gehen etwas auseinander. Während zwei Experten ein konstantes Produktgewicht annehmen und ein Experte eine zwischenzeitliche Erhöhung im Jahr 2013 mit anschließender Absenkung annimmt, ist die Prognose der weiteren zwei Experten gegenläufig. Die drei vorhandenen Antworten zum Gewichtsanteil der Elektronikkomponenten unterscheiden sich ebenfalls relativ stark. Vor diesem Hintergrund wurden vom Borderstep Institut folgende Annahmen für das BAU-Szenario getroffen: Das Gewicht eines x86 Volume-Servers wird relativ konstant bleiben. Es liegt bei ca. 25 kg. Der Elektronikanteil liegt bei 30 bis 40 % und wird tendenziell etwas ansteigen.

Tabelle 10: Entwicklung der Gewichte und Elektronikanteil von Volume-Servern in Deutschland bis 2020

	2010	2013	2020
Durchschnittliches Gewicht eines Volume-Server in kg	25	25	25
Durchschnittlicher Anteil der Elektronikkomponenten in %	30	35	40

Quelle: Eigene.

Der Energieverbrauch von Rechenzentren wird ganz maßgeblich auch vom Energieverbrauch der Rechenzentrumsinfrastruktur (Klimatisierung, Stromversorgung) beeinflusst. Als Maß zur Betrachtung dieses Energieanteils wird die Power Usage Effectivness (PUE) herangezogen, d. h. das Verhältnis des Gesamtenergieverbrauchs eines Rechenzentrums zum Energieverbrauch der IT im Rechenzentrum. Auf Basis bisheriger Untersuchungen (Fichter et al. 2008) kann für das Jahr 2008 bei Rechenzentren in Deutschland von einer durchschnittlichen PUE von 2,0 ausgegangen werden. Wie wird sich nun die durchschnittliche PUE bis zum Jahr 2020 entwickeln? Alle Experten gehen von einer Verbesserung des PUE-Wertes aus, wobei das Ausmaß der Verbesserung unterschiedlich hoch eingeschätzt wird (vgl. Anhang). Der Vergleich der Antworten lässt folgende Aussage zu: Der durchschnittliche PUE der Rechenzentren wird sich verbessern und im Jahr 2013 ca. 1,7 und im Jahr 2020 ca. 1,5 betragen.

Tabelle 11: Entwicklung der Infrastrukturenergieeffizienz (PUE) von Rechenzentren in Deutschland

	2008	2010	2013	2020
Power Usage Effectivness (PUE)	2,0	1,9	1,7	1,5

Quelle: Eigene.

6 Business-as-usual-Szenario „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“

Das folgende Szenario beschreibt die Entwicklung von arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in Deutschland **aus Sicht des Jahres 2020**. Dabei wird dargelegt, inwieweit sich die Computernutzung in Unternehmen, der öffentlichen Verwaltung sowie in Bildungseinrichtungen (Schulen, Hochschulen) in Art und Umfang verändert haben, welche Auswirkungen dies auf den Bestand an Arbeitsplatzcomputern, den Energieverbrauch und den Materialeinsatz hat und welche Trends und Gründe dafür ausschlaggebend waren.

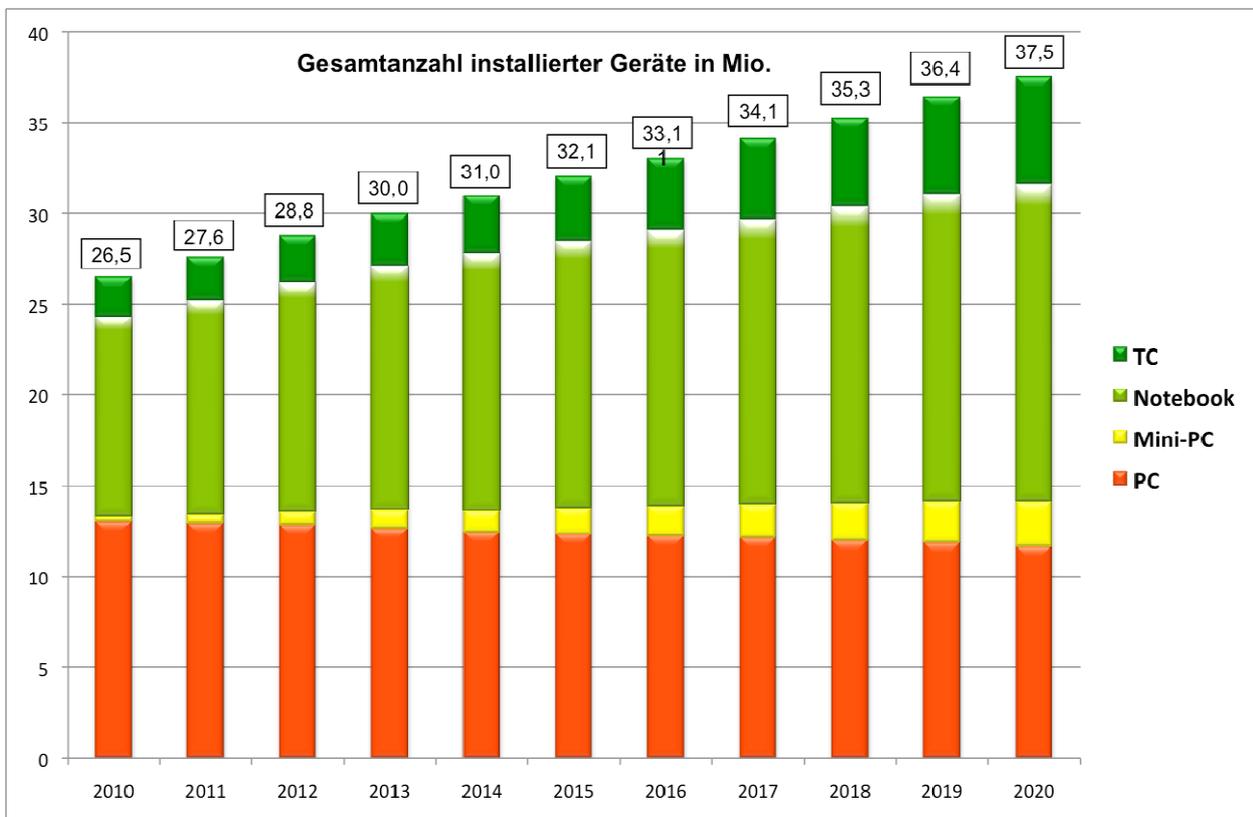
Seit dem Jahr 2010 ist die Anzahl von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland von 26,5 Mio. auf 37,5 Mio. Geräten angestiegen. Drei Gründe sind dafür maßgeblich: Zum einen hat sich die Verschiebung der Wirtschaftsleistung und Beschäftigtenzahlen vom primären und sekundären Sektor zum Dienstleistungssektor (Tertiarisierung) fortgesetzt. Dies hat einen weiteren Rückgang der Beschäftigtenzahlen in Wirtschaftssektoren mit geringer Computerquote (z. B. Bau) und eine Ausweitung von Arbeitsplätzen im Dienstleistungsbereich bewirkt. Auch hat die Computerisierung von Branchen wie dem Handel und dem Handwerk, die bis 2010 noch mit relativ wenig Arbeitsplatzcomputern ausgestattet waren, einen Anstieg der installierten Arbeitsplatzcomputer mit verursacht. Ein zweiter Grund für den Anstieg der Gerätzahlen sind die erheblichen politischen Bemühungen der vergangenen zehn Jahre, die Schulen und Hochschulen in Deutschland mit einer besseren IT-Infrastruktur auszustatten. So ist es gelungen, die allgemeinbildenden Schulen in punkto Ausstattung mit Schulcomputern an den Durchschnitt aller OECD-Länder heranzuführen. Ein dritter zentraler Grund für den Anstieg der in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen (Schulen, Hochschulen) genutzten Computerendgeräte sind die gefallen Hardware-Preise. Obwohl diese nicht mehr in dem Umfang gefallen sind, wie noch in der Dekade zuvor, hat der fortgesetzte „Preisverfall“ in den Jahren 2010 bis 2020 die Verkaufszahlen und den Bestand an installierten Geräten insgesamt erhöht. Gegenläufige Trends dieses Zeitraums wie die Abnahme der Erwerbsbevölkerung um rund 1 Mio. oder das Sinken der Schülerzahl von ca. 11 Mio. in 2010 auf rund 10 Mio. in 2020 konnten den Anstieg der Anzahl installierter Computerendgeräte in Deutschland nicht verhindern.

In der zurückliegenden Dekade hat sich nicht nur die Anzahl von in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen genutzten Computern deutlich erhöht, sondern es hat sich auch eine grundlegende Veränderung bei den Computertypen vollzogen. So ist der Anteil des „klassischen“ PC an allen Computerendgeräten in Büros von rund 49 % in 2010 auf 31 % in 2020 gefallen. Trotz dieses Rückgangs in der relativen Bedeutung hat sich der PC im Wettbewerb mit Mini-PC, Notebook und Thin Clients (TCs) besser behauptet als von vielen Experten vor zehn Jahren gedacht. Zwei Gründe sind maßgeblich dafür: Zum einen haben die PC-Hersteller mit Billig-Angeboten gegenüber den anderen Gerätetypen punkten können und zum zweiten bieten mittlerweile fast alle PC-Hersteller auch sehr energiesparende PC-Geräte an, die mit einer Leistungsaufnahme von z. T. unter 40 Watt im Idle-Modus (Neugeräte in 2020) schon sehr nah an durchschnittliche Mini-PCs (25 Watt) und durchschnittliche Notebooks (25 Watt) herankommen.

Der Ausbau der Telekommunikationsnetze für mobile Computernutzungen und deutlich gestiegene Bandbreiten in der Netzinfrastruktur haben den Trend zum mobilen Arbeiten sowie „fließendere“ Übergänge zwischen Privat- und Arbeitsleben unterstützt und das Notebook schon im Jahr 2013 an die Spitze beim Anteil an allen Bestandsgeräten gebracht. Diese Spitzenposition hat sich bei knapp über 45 Prozent seither stabilisiert. Die zunehmende Substitution von PCs durch Notebooks in Büros hat damit zu tun, dass sie Mobilität erlauben, platz- und energiesparender sind sowie in den vergangenen zehn Jahren leistungsfähiger (längere Akkulaufzeiten etc.) und kostengünstiger geworden sind.

Der „Strukturwandel“ bei der Ausstattung von Büros mit Computerendgeräten lässt sich allerdings noch deutlicher beim Anstieg der installierten Mini-PCs und Thin Clients ablesen. Die Zahl von in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen genutzten Mini-PCs ist von 0,3 Mio. in 2010 auf mittlerweile 2,5 Mio. Geräten angestiegen. Zentrale Gründe dafür sind, dass die Geräte für die meisten Office-Anwendungen von ihrer Leistungsfähigkeit völlig ausreichend sind. Außerdem sind sie platzsparend, geräuscharm sowie energie- und materialsparend. Dominierten in den ersten Jahren nach der Einführung in 2008 noch deutsche Anbieter von Mini-PCs den Markt, so sind es mittlerweile asiatische und US-amerikanische Anbieter, die in diesem Segment die maßgeblichen Marktanteile übernommen haben. Anders sieht dies im Marktsegment für Thin Clients aus. Auf dem deutschen Markt werden die meisten Geräte hier nach wie vor von deutschen Anbietern abgesetzt. Die Anzahl installierter Thin Clients in Büros in Deutschland ist von 2,2 Mio. in 2010 auf 5,9 Mio. Geräte in 2020 angestiegen. Damit hat sich der Anteil von Thin Clients an allen Computerendgeräten in diesem Zeitraum von 8,3 % auf 15,7 % erhöht.

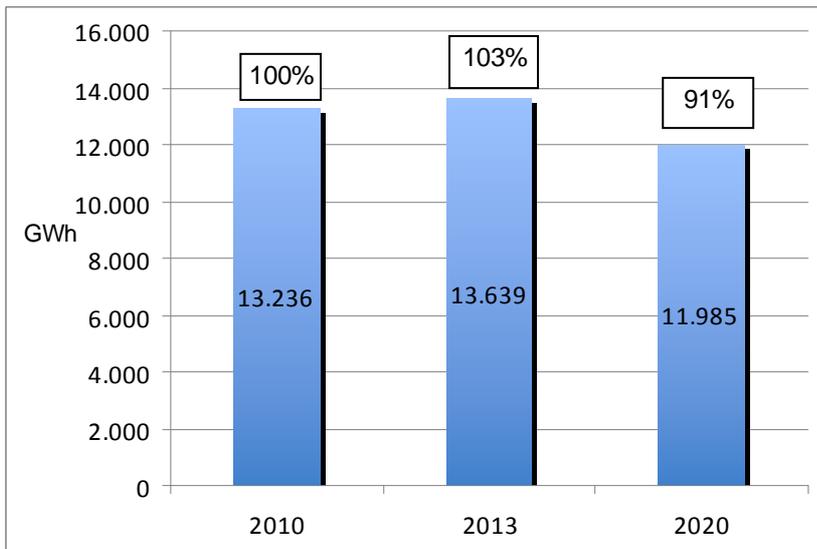
Abbildung 1: Anzahl Computerendgeräte in Büros (Unternehmen, Behörden, Bildung) in Deutschland bis 2020



Quelle: Eigene.

Obwohl die Computerendgeräte und die Server seit 2010 deutlich energieeffizienter geworden sind, ist der Gesamtenergieverbrauch (KEA) aller Computerarbeitsplätze in Deutschland zunächst von 13,24 TWh in 2010 auf 13,64 TWh in 2013 angestiegen und erst danach auf 11,99 TWh gefallen. Das entspricht gegenüber 2010 einem Anstieg von rund 3 % (2013) bzw. eine Reduktion von 9 % (2020).

Abbildung 2: Kumulierter Energieaufwand (KEA) aller Arbeitsplatzcomputer in Deutschland p.a. in GWh (inkl. Herstellung und Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitor) im Business-as-usual-Szenario



Quelle: Eigene.

Bei der Berechnung des kumulierten Energieaufwands (KEA) sind sowohl der Stromverbrauch der Computerendgeräte als auch der Verbrauch der Server und Rechenzentren (inkl. Infrastruktur wie Kühlung und Klimatisierung) eingerechnet, die durch die Computerarbeitsplätze in Anspruch genommen wurden. Eingerechnet ist auch die Energie, die zur Herstellung der Endgeräte und Server erforderlich war. Verantwortlich für die Zunahme des Energieverbrauchs bis 2013 ist die erheblich gestiegene Anzahl von Arbeitsplatzcomputern sowie die Tatsache, dass heute auch PC-, Mini-PC- und Notebook-Nutzer überwiegend im Rahmen von Server Based Computing (SBC), Hosted Virtual Desktop-Konzepten (HVD) und im Rahmen von Software as a Service (SaaS) arbeiten. Das bedeutet, dass heute (2020) bei PCs, Mini-PCs und Notebooks nur noch 25 % der Anwendungssoftware auf dem Endgerät selbst läuft. Die restlichen 75 % der Anwendungsprogramme werden bei diesen Geräten durch Terminalserver bereitgestellt. Im Jahr 2010 lief die Anwendungssoftware bei PCs, Mini-PCs und Notebooks noch zu 90 % auf dem Endgerät selbst (vgl. Tabelle 12). Bei Thin Clients läuft die Anwendungssoftware technologie- und konzeptbedingt immer zu 100 % auf zentralen Terminalservern.

Tabelle 12: Anteile der Softwarebereitstellung bei Computerendgeräten in Büros in Deutschland bis 2020 im Business-as-usual-Szenario

	2010				2013				2020			
	Lokale Software	SBC	HVD	SaaS	Lokale Software	SBC	HVD	SaaS	Lokale Software	SBC	HVD	SaaS
Desktop-PC, Mini-PC, Notebook	90	4	4	2	55	20	20	5	25	20	40	15
Thin Client	0	90	10	0	0	70	20	10	0	50	30	20

Quelle: Eigene (Basis ist die durchgeführte Delphi-Befragung).

Da sich die Wochenarbeitszeiten seit 2010 nicht wesentlich verändert haben, sind auch die Nutzungszeiten im Wesentlichen gleich geblieben. In Anlehnung an die 2009 durch Fraunhofer IZM und ISI angenommenen Werte werden Arbeitsplatzcomputer 1.920 Stunden im Idle- und Active-Mode betrieben (48 Wochen x 5 Tage x 8 Stunden), sind aber immer noch wenig ausgelastet, so dass der im Active-Mode etwas höhere Verbrauch keine messbaren Auswirkungen hat. Neben der eigentlichen Nutzungszeit (1.920 Stunden) werden stationäre Geräte (PC, Mini-PC, TC) an Arbeitstagen außerdem 9 Stunden im Netzwerk-Standby betrieben (3276 Stunden pro Jahr), die restliche Zeit befinden sich die Geräte im Schein-Aus-Zustand, in dem sie aber am Ende der Dekade nur noch eine sehr niedrige Leistungsaufnahme haben. Abweichend davon befinden sich Notebooks nur zwei Stunden pro Tag (728 Stunden pro Jahr) im Netzwerk-Standby, da sie oft transportiert werden und dann wirklich „aus“ sind.

Die Leistungsaufnahmen der Geräte hätten, käme es nur auf die Hardware an, das Potenzial gehabt deutlich zu sinken. Da aber immer anspruchsvollere Software weitere Leistungssteigerungen auf der Hardwareseite zur Folge hatte, wurden nur sehr kleine Reduktionen der Leistungsaufnahme wirksam. Beim PC sank dieser Wert bei Neugeräten von 65 Watt in 2010 auf 60 Watt in 2020, beim Mini-PC und beim Notebook von 30 Watt in 2010 auf 25 Watt in 2020 und beim TC 12 Watt in 2010 auf 10 Watt in 2020. Im Netzwerk-Standby sank die Leistungsaufnahme von 10 Watt auf 6 Watt (PC), von 3 Watt auf 2 Watt (Mini-PC und Notebook) und von 2 Watt auf 1 Watt (TC), im Schein-Aus auf durchgängig 0,5 Watt für alle Geräte. Tabelle 13 zeigt die Entwicklung der Jahresstromverbräuche von Neugeräten in den Jahren 2010 bis 2020. Vor diesem Hintergrund konnten die durchschnittlichen Jahresstromverbräuche der installierten Computerendgeräte an Arbeitsplätzen von 2010 bis 2020 ermittelt werden.

Tabelle 13: Durchschnittlicher Jahresstromverbrauch pro neuem Computerendgerät in Büros in Deutschland bis 2020 im Business-as-usual-Szenario

	Durchschnittlicher Jahresstromverbrauch pro neuem Computerendgerät an Computerarbeitsplätzen (ohne Monitor, ohne Server, ohne zentrale IT, nur Nutzungsphase) in kWh			
	PC	Mini-PC	Notebook	Thin Client
2010	166	71	61	33
2011	162	69	59	32
2012	158	67	58	31
2013	154	66	57	30
2014	152	65	56	29
2015	150	64	55	28
2016	148	64	55	27
2017	145	63	54	26
2018	142	62	53	25
2019	140	61	52	25
2020	137	60	51	24

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Delphibefragung.

Während die durchschnittlichen Jahresstromverbräuche der Arbeitsplatzcomputer seit 2010 kontinuierlich gefallen sind (vgl. Tabelle 13) hat sich an der durchschnittlichen Nutzungsdauer der Geräte seither nichts geändert. PC und Mini-PC werden nach wie vor im Durchschnitt 5 Jahre genutzt. Notebooks sind immer noch durchschnittlich 4 Jahre und Thin Clients 8 Jahre im Einsatz.

Die Verbesserung der Energieeffizienz von Computerarbeitsplätzen ist auch auf eine erhebliche Leistungssteigerung bei Servern zurückzuführen. Die durchschnittliche Leistungsaufnahme eines Volume-Servers im Bestand ist trotz einer massiven Steigerung der Rechenleistung (Arbeitsspeicher 24 GB in 2010, 256 GB in 2020) und der Festplattenkapazität (1 TB in 2010, 10 TB in 2020) von 400 Watt bei voller Auslastung in 2010 auf 369 Watt in 2020 gesunken. Noch stärker gesunken sind die Leistungsaufnahme im Idle-Betrieb (von 160 Watt in 2010 auf 118 Watt in 2020) und im heruntergefahrenen Zustand (20 Watt in 2010, 4 Watt in 2020). Gemeinsam mit der Möglichkeit zum automatisierten herunter- und wieder hochfahren führt dies seit dem Jahr 2010 zu einem kontinuierlich sinkenden absoluten Jahresstromverbrauch pro installiertem Terminalserver von 1984 kWh in 2010 auf 1475 kWh in 2020.

Tabelle 14: Durchschnittlicher Jahresenergieverbrauch eines Terminalserver bis 2020 in Deutschland im Business-as-usual-Szenario

	Durchschnittlicher Jahresstromverbrauch eines Terminalserver in kWh
2010	1984
2011	1953
2012	1918
2013	1883
2014	1843
2015	1801
2016	1747
2017	1686
2018	1621
2019	1551
2020	1475

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Delphi-Befragung.

Im Rahmen des Server Based Computing (SBC) konnte ein Server im Jahr 2010 durchschnittlich 50 Clients „bedienen“. Diese Zahl ist auf 80 im Jahr 2013 und auf 150 im Jahr 2020 angestiegen. Ähnliche Sprünge sind beim Hosted Virtual Desktop (HVD) und bei Software-as-a-Service (SaaS) zu verzeichnen. Beim HVD konnte im Jahr 2010 ein Terminalserver 25 Endgeräte versorgen, heute sind es 50. Auch bei SaaS hat sich diese Zahl innerhalb eines Jahrzehnts von 50 auf 100 verdoppelt.

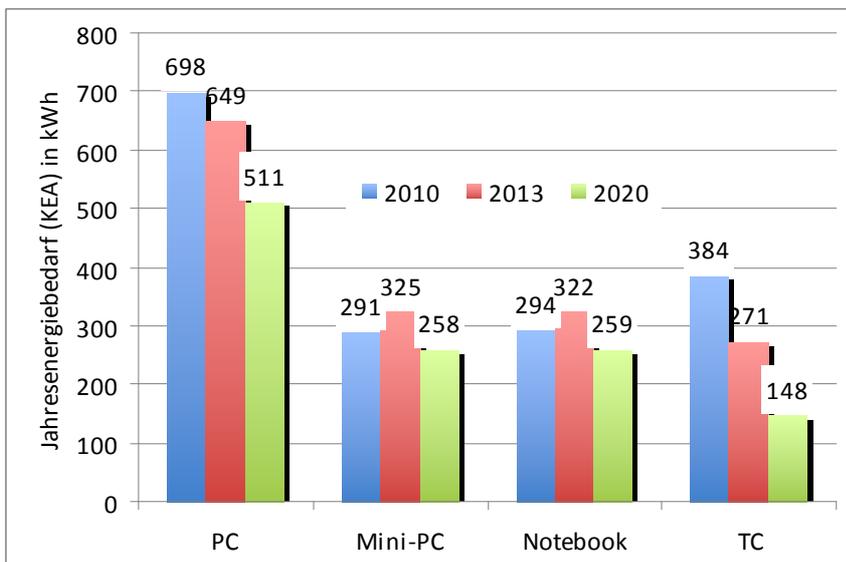
Auch eine Verbesserung des Energiemanagements in Rechenzentren hat zur gewachsenen Energieeffizienz von Computerarbeitsplätzen in Deutschland beigetragen. Die Energieeffizienz der Infrastruktur eines Rechenzentrums lässt sich durch das Verhältnis des Energieverbrauchs der IT und des Energieverbrauchs der Infrastruktur (Kühlung, Klimatisierung, Stromversorgung) darstellen. Die Infrastruktur-energieeffizienz (PUE) ist von 2,0 in 2010 auf 1,9 in 2013 auf schließlich 1,7 in 2020 gesunken.

Die genannten Steigerungen der Energieeffizienz haben in den vergangenen zehn Jahren bewirkt, dass der durchschnittliche Energieaufwand (KEA) pro Computerarbeitsplatz bei allen Gerätetypen gesunken ist. Hierbei sind alle Energieverbräuche einbezogen, die durch die Herstellung und Nutzung der Endgeräte und Server sowie die Nutzung der Rechenzentrumsinfrastruktur (Kühlung, Klimatisierung etc.) entstanden sind. Nicht einbezogen sind die Energieverbräuche von Monitoren und der sonstigen Büroinfrastruktur (Drucker, Telefon etc.), weil letztere für alle Computertypen als identisch angenommen werden können. Lediglich beim Notebook musste auch die Dockingstation berücksichtigt werden, da rund die Hälfte aller Notebook-Nutzer am Arbeitsplatz eine solche verwenden. Mit einer Leistungsaufnahme von 1 W kann der zusätzliche Energieverbrauch durch eine Docking-Station praktisch vernachlässigt werden.

Anders sieht dies beim Materialverbrauch aus, da die Dockingstation im Durchschnitt 400 g wiegt.

Den stärksten Fortschritt bei der Energieeffizienz hat das Thin Client & Server Based Computing gemacht. Bei der Nutzung eines Thin Clients fallen pro Arbeitsplatz heute nur noch 148 kWh an Primärenergie pro Jahr an (inkl. Terminalserver), dieser Wert lag in 2010 noch bei 384 kWh. Diese starke Senkung ist weniger auf die Effizienzsteigerung des Endgerätes als auf das deutlich verbesserte Verhältnis der Anzahl von Thin Clients pro Server zurückzuführen (s. o.). Lagen in 2010 Mini-PC und Notebook beim Energieeinsatz pro Arbeitsplatz noch etwas günstiger als der Thin Client, war bereits im Jahr 2013 der Thin Client eindeutig Spitzenreiter bei der Energieeffizienz. Im Jahr 2010 war er knapp um den Faktor 2 energieeffizienter als der PC, heute ist der Faktor größer als 3.

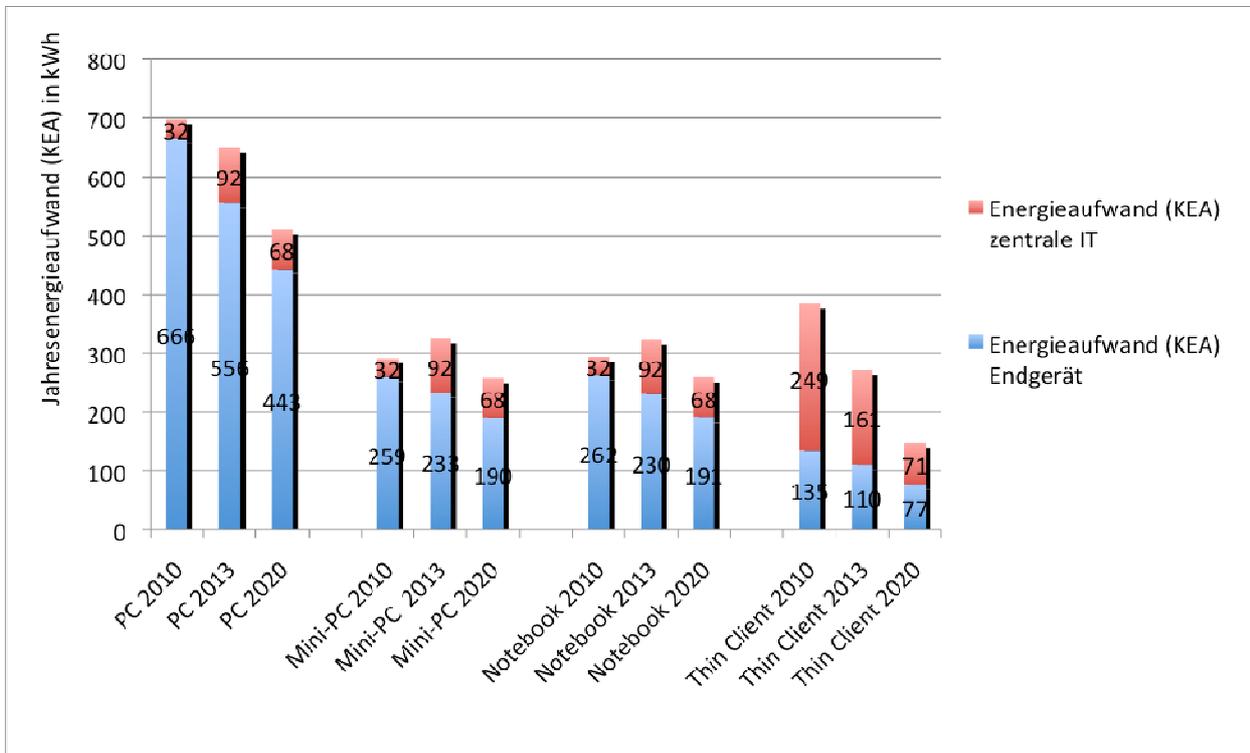
Abbildung 3: Kumulierter Energieaufwand (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer p.a. in kWh in Deutschland (inkl. Herstellung und Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitor) im Business-as-usual-Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen.

Differenziert man zwischen dem Energieverbrauch des Endgerätes und dem Energieverbrauch durch die Inanspruchnahme zentraler IT-Ressourcen (Terminalserver) durch Server Based Computing (SBC), Hosted Virtual Desktop-Konzepte (HVD) und Software as a Service (SaaS), so zeigt sich, dass der Energieverbrauch bei allen Endgerätetypen von 2010 bis 2020 abgenommen hat. Anders sieht das Bild beim Endverbrauch der Computerarbeitsplätze durch die Inanspruchnahme zentraler IT (Terminalserver) aus. Dieser hat sich bei PC-, Mini-PC- und Notebook-Nutzern von 32 kWh (KEA) in 2010 auf 92 kWh 2013 fast verdreifacht. Dies hat damit zu tun, dass in diesem Zeitraum an PC-, Mini-PC- und Notebook-Arbeitsplätzen verstärkt auf die zentrale Bereitstellung von Anwendungssoftware auf Terminalservern zurückgegriffen wurde (SBC, HVD, SaaS). Dieser Trend hat sich zwischen 2013 und 2020 weiter verstärkt, wobei dies nicht zu einer Zunahme des Energieverbrauchs bei der zentralen IT geführt hat, da bei Terminalserver und Rechenzentren erhebliche Verbesserungen in der Energieeffizienz erzielt werden konnten und außerdem heute ein Terminalserver wesentlich mehr Clients (Endgeräte) „versorgen“ kann als früher (s. o.).

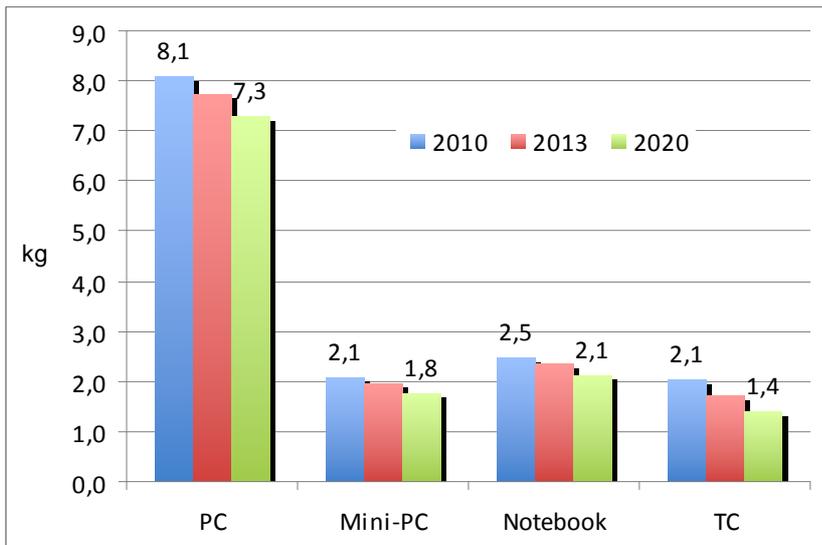
Abbildung 4: Kumulierter Energieaufwand (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer p.a. in kWh in Deutschland differenziert nach Endgerät (ohne Monitor) und Inanspruchnahme zentraler IT (Terminalserver) im Business-as-usual-Szenario



Quelle: Eigene.

Betrachtet man anstatt des Energieverbrauchs den Materialeinsatz pro Arbeitsplatz, ergibt sich ein ähnliches Bild. Addiert man das Produktgewicht eines Computerendgerätes und das anteilige Gewicht des genutzten Terminalserver zusammen, ergibt sich die in Abbildung 5 dargestellte Entwicklung der letzten zehn Jahre. Auch hier schneidet der Thin Client-Arbeitsplatz am günstigsten ab. Er hat heute noch ein Gewicht von ca. 1,4 kg (Thin Client plus Serveranteil). Ein PC-Arbeitsplatz (PC plus Serveranteil) hat dahingegen heute ein Gewicht von ca. 7,3 kg und ist damit um einen Faktor von mehr als 5 materialintensiver. Das liegt u.a. daran, dass das durchschnittliche Gewicht eines PCs nur relativ gering gefallen ist. In 2010 lag das durchschnittliche Gewicht eines neuen PC bei 8 kg, heute sind es noch 7 kg. Im Gegensatz zum Energieverbrauch rangiert beim Materialeinsatz der Mini-PC mit 1,8 kg auf Platz 2 und nicht das Notebook. Das Gewicht des Mini-PC selbst ist von 2 kg in 2010 auf 1,5 kg in 2020 gesunken. Auch das Notebook (von 2,2 auf 1,7 kg) und der Thin Client (von 1,5 auf 1,1 kg) haben in diesem Zeitraum jeweils ungefähr ein halbes Kilo „abgenommen“. Die Gewichtsreduktion fällt etwas anderes aus, wenn man Endgerät und anteiligen Terminalserver zusammenaddiert (vgl. Abbildung 5).

Abbildung 5: Materialeinsatz pro Arbeitsplatzcomputer in Deutschland in kg (inkl. Serveranteil, ohne Monitor)



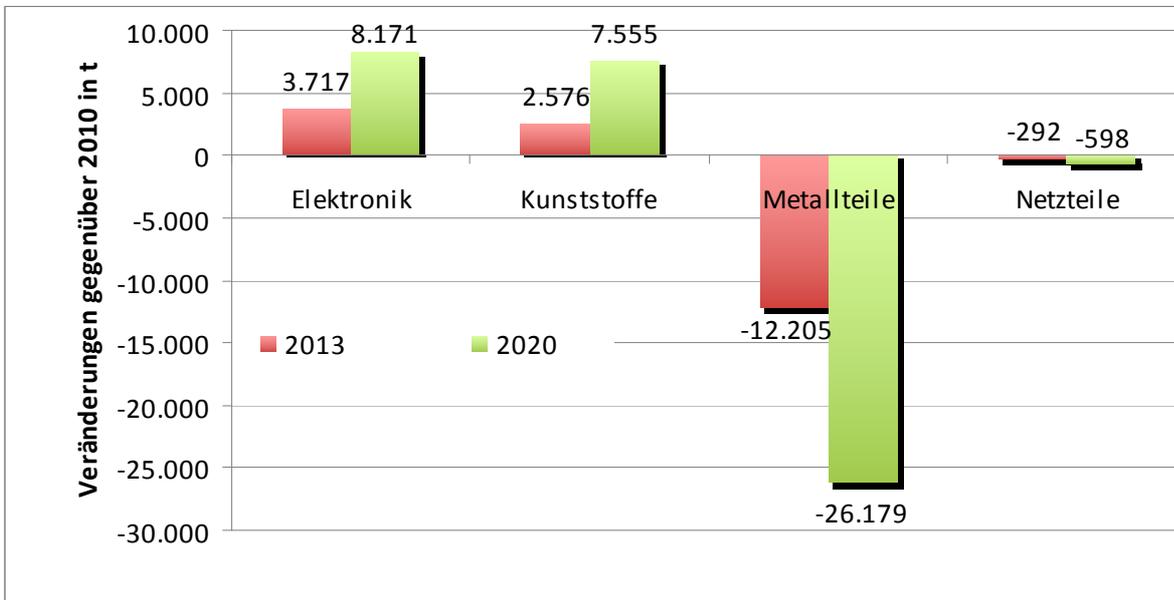
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Delphi-Befragungen.

Die umweltbezogenen Gesamteffekte der beschriebenen Entwicklung bei arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in Deutschland zeigen folgendes Bild:

- Der kumulierte Energieaufwand (KEA) aller Computerendgeräte an Arbeitsplätzen in Deutschland (Herstellung und Nutzung, inkl. anteiliger Nutzung von Terminalservern und Rechenzentrumsinfrastruktur) ist von 13,24 TWh in 2010 auf 11,99 TWh in 2020 leicht gesunken.
- Der kumulierte Energieaufwand (KEA) der durch Computerarbeitsplätze genutzten Terminalserver (Herstellung und Nutzung) und Rechenzentrumskapazitäten steigt von 1,32 TWh in 2010 auf 2,97 TWh in 2013 an und nimmt damit innerhalb von nur drei Jahren um den Faktor 2,3 zu. Seither ist der Energieverbrauch der zentralen IT (Terminalserver), die durch Computerarbeitsplätze in Anspruch genommen werden, fast auf diesem Niveau geblieben (2,56 TWh in 2020).
- Das Gewicht aller an deutschen Arbeitsplätzen (Unternehmen, Behörden, Schulen/Hochschulen) eingesetzten Computerendgeräte sinkt geringfügig um knapp 8 % auf ca. 125.000 t in 2020. Dabei zeigen sich allerdings bei den verschiedenen Materialanteilen (Elektronikkomponenten, Kunststoffe, Metallteile, Netzteile) sehr unterschiedliche Entwicklungen. Während der Materialeinsatz bei den Metallteilen sehr stark und bei den Netzteilen leicht abnimmt, steigt er bei der Elektronik und den Kunststoffen an (vgl. Abbildung 6).
- Das Gewicht aller durch Computerarbeitsplätze genutzten Terminalserver stieg von 2010 bis 2020 um das 3,5-fache auf über 10.000 t deutlich an. Dies liegt an der gestiegenen Nutzung zentraler IT-Infrastrukturen. Die Anzahl installierter Terminalserver für Büroarbeitsplätze in Deutschland ist in der letzten Dekade von 116.440 auf 409.200 deutlich angestiegen. Das durchschnittliche Gewicht eines Terminalserver ist dahingegen mit 25 kg gleich geblieben.
- Addiert man beide Zahlen zusammen, wird deutlich, dass die von allen Computerarbeitsplätzen in Deutschland genutzten Endgeräte und Server um 2 % geringfügig an Gewicht verlieren. Das Sinken der Tonnage an Gerätegewichten verdeutlicht einen reduzierten Materialeinsatz bei den IT-Endgeräten. Ob damit auch auf dem Entstehungsweg der Geräte, also bei der Gewinnung der Rohstoffe, ihrer Verarbeitung, der Komponentenherstellung und Montage tatsächlich weniger Ressour-

cen verbraucht werden, kann damit allerdings nach wie vor nicht abschließend beantwortet werden.

Abbildung 6: Veränderung des Gesamtgewichtes der Komponenten von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland in Tonnen (ohne Serveranteil, ohne Monitore) im Business-as-usual-Szenario

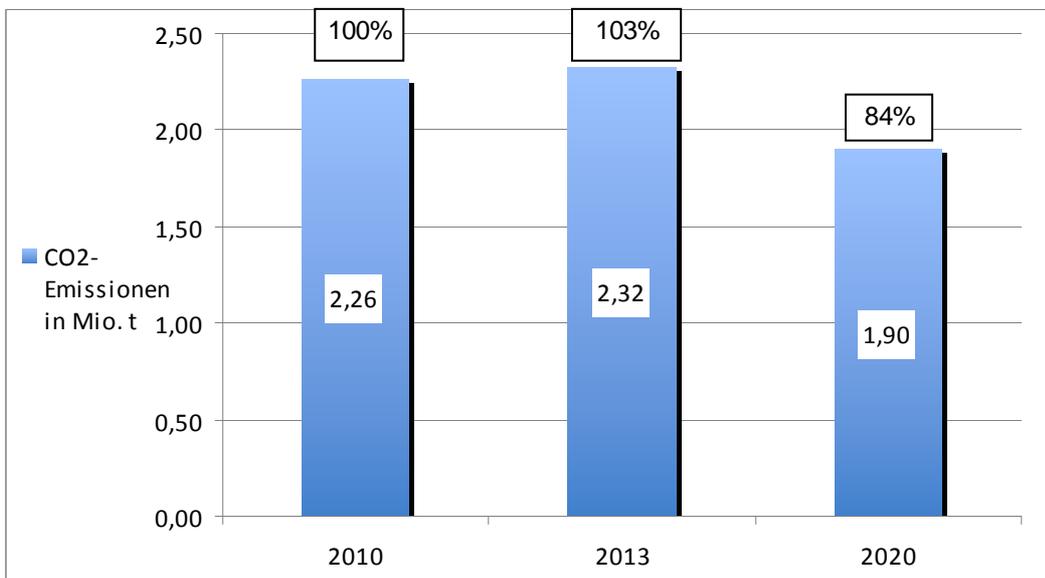


Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Delphi-Befragungen.

- Die Entwicklungen bei arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in den Jahren von 2010 bis 2020 haben keinen Beitrag zum Klimaschutz gebracht. Trotz der gestiegenen Energieeffizienz der Endgeräte und Server ist der Gesamtenergieverbrauch aller Computerarbeitsplätze in aufgrund der steigenden Gerätezahl und der zunehmenden Nutzung zentraler Serverressourcen um 2 % angestiegen. Bis zum Jahr 2013 führte insbesondere die Nutzung der zentralen Serverressourcen sogar zu einem Anstieg des Stromverbrauchs um 8 % und damit auch zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen. Bis 2020 ging die CO₂-Emissionen aus dem Stromverbrauch von Arbeitsplatzcomputern und ihrer anteiligen Nutzung von Rechenzentrumskapazitäten in Deutschland auf 1,90 Mio. t zurück. Diese Reduktion von 16 % erklärt sich allerdings ausschließlich daraus, dass der Strom in Deutschland in der vergangenen Dekade durch den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien deutlich sauberer geworden ist. So sanken die CO₂-Emissionen im deutschen Strommix von 580 g/kWh in 2010 auf 480 g/kWh in 2020⁴. Das entspricht einer Reduktion von rund 17 %.

⁴ Bei der Annahme einer Absenkung der CO₂-Emissionen im deutschen Strommix auf 480 g/kWh bis zum Jahr 2020 handelt es sich um eine Trendfortschreibung der Jahre 1990 bis 2009 (UBA 2010). Diese Annahme liegt im Mittel aktueller Prognosen (z. B. Nitsch 2008, EWI 2008).

Abbildung 7: CO₂-Emissionen durch den Stromverbrauch von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (inkl. Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitore) im Business-as-usual-Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Delphi-Befragungen.

7 Die Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“

Wie das BAU-Szenario zeigt, muss eine Ressourceneinsparstrategie bei Arbeitsplatzcomputern bei zwei Punkten ansetzen: Zum einen müssen die jeweiligen Gerätetypen und Systeme deutlich energie- und materialeffizienter werden, zum anderen ist aber auch ein „Strukturwandel“ bei den Gerätetypen notwendig. Der Desktop-PC wird als „Computer-Allround-Talent“ auch zukünftig bei einzelnen Anwendungen eine sinnvolle Lösung darstellen, für den ganz überwiegenden Teil von Büro- und Arbeitsplatzanwendungen stellen Mini-PCs, Notebooks und insbesondere das Thin Client & Server Based Computing (TC&SBC) unter ökologischen Gesichtspunkten aber eindeutig die besseren Alternativen dar.⁵ Für das TC&SBC können aber auch andere Vorteile wie ein geringerer Administrationsaufwand, höhere Sicherheit und geringere Total Cost of Ownership sprechen.

Vor diesem Hintergrund und aufbauend auf einer umfangreichen Analyse, warum sich Ansätze des Thin Client & Server Based Computing trotz bestehender Best Practice-Anwendungen in der Praxis bislang nur sehr schleppend verbreiten (Hemmnisanalyse), wurde von der Steuerungsgruppe des Roadmapping-Projektes „Thin Client & Server Based Computing“ (vgl. Liste der Mitglieder im Anhang) im ersten Halbjahr 2010 die folgende Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ ausgearbeitet.

Ziel der Roadmap ist ein nachhaltiger Strukturwandel bei arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in Deutschland bis 2020. Mit der Roadmap soll ein Leitmarkt für „Green Office Computing“ entwickelt werden, der zu folgenden wirtschaftlichen und ökologischen Zielen beiträgt:

- (1) Erhöhung des Anteils energie- und materialeffizienter Arbeitsplatzcomputerlösungen von heute 50 % auf über 60 % in 2013 und 85 % in 2020.⁶
- (2) Reduzierung des durchschnittlichen Primärenergieaufwands (KEA) von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland von heute 500 kWh pro Jahr (inkl. Herstellung und Terminalserveranteil, ohne Monitor) auf 400 kWh in 2013 und 200 kWh pro Jahr in 2020.
- (3) Reduzierung des durchschnittlichen Produktgewichts pro Arbeitsplatzcomputer (inkl. Serveranteil) von heute 5,2 kg (ohne Monitor) um 20 % bis 2013 und um mindestens 50 % bis 2020.

Die im Folgenden dargestellten Maßnahmen der Roadmap dienen dazu, die genannten Zielsetzungen zu erreichen. Die Umsetzung der Roadmap ist sowohl ökologisch als auch ökonomisch hoch attraktiv, da dadurch erhebliche Mengen an Energie, Material und Geld eingespart werden können und die internationale Wettbewerbsposition Deutschlands als Green IT-Pionier gestärkt wird.

⁵ Eindeutige ökologische Vorteile zeigen sich beim Energieverbrauch über den gesamten Produktlebenszyklus, bei der Vermeidung von Schadstoffen sowie dem Materialeinsatz (Gewicht) im Endprodukt. Wie umfangreiche Recherchen im Rahmen des Roadmapping-Projektes gezeigt haben, liegen Daten bezüglich des (kumulierten) Rohstoffaufwandes entlang des Produktlebensweges von Computerendgeräten und Servern bis dato nur sehr lückenhaft vor. Insbesondere fehlen detaillierte und wissenschaftlich fundierte Zahlen bei Elektronikbauteilen sowie Daten über den Rohstoffverbrauch im Herstellungsprozess. Auch fehlen Daten für jüngere Gerätegenerationen wie z. B. Mini-PCs komplett. Eine Ressourcenbewertung der untersuchten Computertypen anhand des Indikators „Kumulierter Rohstoffaufwand“ (KRA) wäre wünschenswert gewesen, weil dieser Indikator mit Blick auf die ökologische Richtungssicherheit zweifelsfrei aussagekräftiger ist als die Materialgewichte und Materialzusammensetzung der Endprodukte. Aufgrund mangelnder Daten konnte eine wissenschaftlich seriöse Berechnung von KRA-Werten aber nicht vorgenommen werden. In Abstimmung mit der Fachbegleitung im Umweltbundesamt wurde daher auf eine Berechnung von KRA-Werten oder vergleichbarer Indikatoren verzichtet und die Betrachtung der Materialeffizienz auf die Ermittlung der Materialgewichte der Endgeräte (Gesamtgewicht in kg) sowie auf deren Zusammensetzung (Gewichtsanteil von Elektronikbauteilen, Metallen, Kunststoffen und Netzteilen in kg) konzentriert. Bezüglich des (kumulierten) Rohstoffverbrauchs offenbart das Roadmapping-Projekt erheblichen Forschungsbedarf für die Zukunft.

⁶ Als „energie- und materialeffizient“ werden hier solche Computerlösungen betrachtet, die mindestens 20% weniger an Energie verbrauchen bzw. mindestens 20% weniger an Endgerätgewicht haben als eine durchschnittliche Arbeitsplatzcomputerlösung im Jahr 2010.

Das breite Spektrum an Maßnahmen sowie die umfangreichen Ressourcen, die zu ihrer Umsetzung notwendig sind, machen deutlich, dass die Realisierung der Roadmap nur in einer konzertierten Aktion von IT-Herstellern, IT-Anwendern, Politik und Wissenschaft gelingen kann. Während einzelne Maßnahmen der Roadmap von individuellen Akteuren aufgegriffen und umgesetzt werden können, ist die Realisierung der Roadmap als Ganzes auf ein breites Netzwerk öffentlicher und privater Partner angewiesen. Zur Durchführung der Roadmap wird hier daher die Gründung einer Initiative „Green Office Computing“ in der Form einer Öffentlich-Privaten-Partnerschaft vorgeschlagen. Als Netzwerk von Partnern, die ressourceneffiziente Computerlösungen in Unternehmen, Verwaltung und Bildungseinrichtungen fördern und voranbringen möchten, dient die Initiative als institutionelle „Plattform“, die sich um die Entwicklung der strategischen Partnerschaft sowie um die Koordination der Umsetzung der Roadmap-Maßnahmen kümmert.⁷ Die Initiative „Green Office Computing“ sollte durch die Bundesregierung, IKT-Anbieter, IKT-Anwender (Rat der IT-Beauftragten des Bundes, CIOcolloquium, etc.), Branchenverbände wie BITKOM sowie wissenschaftliche Einrichtungen getragen werden. Die Gründung sollte bis Ende 2011 erfolgen und die Umsetzung der Roadmap langfristig fördern und begleiten.

Für die Roadmap wurden vom Steuerungskreis des Roadmapping-Prozesses insgesamt 39 Einzelmaßnahmen (Tabelle 15) ausgearbeitet, für deren Umsetzung Zeitpunkte bzw. –räume sowie Zuständigkeiten für die Umsetzung festgelegt wurden.

⁷ Ein Beispiel, wie eine solche Öffentlich-Private-Partnerschaft institutionell ausgestaltet werden könnte, ist das Innovationszentrum Connected Living e.V. (vgl. www.connected-living.org).

Tabelle 15: Liste der Roadmapping-Maßnahmen

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
Geschäftsmodelle						
Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen	<p>Neue Geschäftsmodelle können insbesondere an folgenden Punkten ansetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Attraktive Margen für Systemhäuser - Weiterentwicklung von SaaS und Desktop as a Service-Angeboten - Angebote von Hardware/Dienste-Bundles (z. B. wie beim Mobilfunk) durch Diensteanbieter - Monatlich abgerechnete Angebote für Privathaushalte und Kleinunternehmen - TC-kompatible Lizenzmodelle für Software und ggf. Daten (z. B. elektronische Bücher) - Verbesserung der Verfügbarkeit von Thin Books 	2010-2015	Hard- und Software-Hersteller, Contentanbieter, Funknetzbetreiber, Systemhäuser,	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs	Erhöhung des Bestands Zahl von TCs gegenüber BAU ist schwer zu quantifizieren, die Wirkung der Maßnahme hängt stark vom konkreten Geschäftsmodell ab. Heute liegen die Kosten für einen gemanagten Arbeitsplatz bei ca. 35 bis 70 Euro/Monat. Gelingt es, Desktop as a Service Angebote zu entwickeln, die deutlich günstiger sind (z. B. 19,95 Euro pro Monat) so können die Potenziale erheblich sein.	Attraktive Geschäftsmodelle können die Verbreitung von TCs erheblich erhöhen, bis hin zum fast kompletten Ersatz der PCs. Ob sich Geschäftsmodelle sich als tragbar erweisen, wird sich am Markt entscheiden.
Initiative „Green Office Computing“						
Gründung einer Initiative „Green Office Computing“ als Öffentlich-Private-Partnerschaft	<p>Die Initiative „Green Office Computing“ sollte durch die Bundesregierung, IKT-Anbieter, IKT-Anwender (Rat der IT-Beauftragten des Bundes, CIOcolloquium etc.), Branchenverbände wie BITKOM sowie wissenschaftliche Einrichtungen getragen werden. Die Gründung sollte bis Ende 2011 erfolgen und die Umsetzung der Roadmap langfristig fördern und begleiten.</p> <p>Zweck: Förderung von Ressourceneffizienz und Klimaschutz</p>	<p>Gründung 2010 – 2011</p> <p>Fortführung 2011 - 2020</p>	Bundesregierung, BITKOM (AK Thin Client & Server Based Computing), IT-Anwender, Wissenschaft	Indirekte Wirkung	Indirekte Wirkung. Die Wirkung ergibt sich dadurch, dass die Initiative die Umsetzung der Roadmap unterstützt und koordiniert. Sie ist die institutionelle Basis zur Umsetzung der vorliegenden Roadmap.	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
	durch anwendergerechte und kosteneffiziente Green IT-Lösungen in Unternehmen, Verwaltung und Bildungseinrichtungen.					
Informationskampagne „Green Office Computing“						
Best Practice-Informationsmaterialien für verschiedene Zielgruppen (KMU, Behörden, usw.)	Ausarbeitung eines Konzeptes für Best Practice-Materialien; Auswahl relevanter Zielgruppen; ggf. Suche nach gesonderten (Ko-) Finanzierungsquellen (jenseits der „Grundfinanzierung aus der Initiative „Green Office Computing“); Ausarbeitung hersteller-/anbieterneutraler Best Practice-Materialien (Broschüren, Fallbeschreibungen usw. zu energie- und materialeffizienten Office Computing-Lösungen)	2010 – 2012 Überarbeitungen/ Aktualisierungen auf jährlicher/ zweijährlicher Basis (2013 – 2020)	Initiative „Green Office Computing“	Indirekte Wirkung	Keine Quantifizierung möglich	Basismaterial für die folgenden Bereiche der Informationskampagne
Informationskampagne „Green Office Computing“ in Kooperation mit Wirtschaftsmedien: Zielgruppe TOP-Management (keine IT-Fachleute)	Auswahl relevanter Wirtschafts- und Managementzeitschriften; Entwicklung eines Kampagnenkonzeptes; Akquisition von Budgetmitteln; Gewinnung von Medienpartnern für gemeinsame Informationskampagne; Vereinbarung von Artikelserien, Schwerpunktausgaben, Beilagen o.ä.; Bereitstellung von Basisinformationen (Neue „grüne“ arbeitsplatzbezogene Computerlösungen; Best Practice-Beispiele; wissenschaftliche Daten zur Einsparpotenzialen; Szenarien „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen“ usw.)	Schwerpunkt: 2010-2013 Fortführung 2014- 2020	Initiative „Green Office Computing“	Marktanteil/ Bestandsanteil TC, Mini-PC, Notebooks	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: Mini-PCs: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte Notebooks: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte TCs : in 2013 um 60.000 Geräte und in 2020 um 187.500 Geräte.	Um die genannte Wirkung zu erzielen wird von einem jährlichen Budget für Anzeigen etc. von 0,25 Mio. € ausgegangen.
Infokampagne „Green	Auswahl zentraler IT-Medienhäuser, z. B. Heise-Verlag; Ent-	2010 - 2013	Initiative	Marktanteil/	Erhöht die Anzahl installierter	Um die genannte

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
<p>Cloud Computing“ mit IT-Fachmedien: Zielgruppe Betriebliche IT-Entscheider und IT-Fachleute</p>	<p>wicklung eines Konzeptes für eine dreijährige Kampagne in IT-Fachmedien (z. B. regelmäßige redaktionelle Beiträge in iX, regelmäßiges Beiheft „Green Cloud Computing“ o.ä.)</p> <p>Kooperation mit wichtigen Multiplikatoren (CIOcolloquium etc.)</p> <p>Roadshow durch die Bundesländer (pro Jahr eine Veranstaltung pro Bundesland = 15 Veranstaltungen; z. B. halbtägige Veranstaltungen mit Präsentation Best Practice durch Anwender, Hersteller, eventuell Flankierung durch Wissenschaft)</p>		<p>„Green Office Computing“</p>	<p>Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks</p>	<p>Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario:</p> <p>Mini-PC: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte</p> <p>Notebooks: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte</p> <p>TC : in 2013 um 60.000 Geräte und in 2020 um 187.500 Geräte.</p>	<p>Wirkung zu erzielen, wird von einem jährlichen Budget von 0,3 Mio. € ausgegangen (je 0,15 Mio. € für Anzeigen und Roadshow).</p>
<p>Branchenbezogene und berufsgruppenbezogene Informationskampagne</p>	<p>Auswahl von Branchen und Berufsgruppen mit geringem Anteil an Thin Client & Server Based Computing-Lösungen (z. B. kleine Dienstleistungsunternehmen (Steuerberater, Rechtsanwälte, Notare usw.), Arztpraxen, Handwerk etc.); Ausarbeitung eines Konzeptes für die zielgruppengerechte Informationsversorgung; Nutzung von Best Practice-Materialien (s.o.); Kooperation mit Branchen- und Berufsverbänden; Kooperation mit Systemhäusern; Verbreitung von Informationsmaterialien (Broschüren, Flyer usw.); Durchführung zielgruppenspezifischer Veranstaltungen</p>	<p>Planung 2010 – 2011</p> <p>Umsetzung 2011 – 2012</p> <p>Betrieb 2012 – 2015 (Phase 1, ggf. Verlängerung)</p>	<p>Initiative „Green Office Computing</p>	<p>Marktanteil/ Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks</p>	<p>Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario:</p> <p>Mini-PCs: in 2013 um 30.000 Geräte und von in 2020 um 150.000 Geräte</p> <p>Notebooks: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte</p> <p>TCs: in 2013 um 60.000 Geräte und in 2020 um 187.500 Geräte.</p>	<p>Um die genannte Wirkung zu erzielen, wird von einem jährlichen Budget von 0,3 Mio. € ausgegangen.</p>
<p>Green IT-Truck</p>	<p>Kontinuierliche Roadshow mit Vorstellung von energieeffizienten Arbeitsplatzlösungen, regionale Auftritte, Auftritte auf</p>	<p>2011-2020</p>	<p>Initiative Green Office</p>	<p>Marktanteil/ Bestandsan-</p>	<p>Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs und TCs und verrin-</p>	<p>Siehe „Maßnahme“</p>

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
	<p>Messen, etc.</p> <p>Laufzeit: 2011 bis 2020. Annahmen: Pro Jahr ca. 40 Auftritte, auf denen im Durchschnitt ca. 40 Entscheider erreicht werden (=1.600 Entscheider). Durchschnittliche Zahl der Geräte pro Entscheider: 100. Überzeugungsquote 25 %: D. h. pro Jahr ca. 40.000 Geräte (TCs und Mini-PCs). Anlauf in 2012 und 2014 noch etwas langsam. (zum Vergleich: Geschätzter Aufwand der Aktion: ca. 500.000 € pro Jahr, d. h. 12,50 € pro Gerät.)</p>		Computing, IHKs, Hersteller,	teil TCs und Mini-PCs	<p>gert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario:</p> <p>TCs: um 30.000 Geräte in 2013 und um 200.000 Geräte in 2020</p> <p>Mini PCs: um 30.000 Geräte in 2013 und um 200.000 Geräte in 2020</p>	
Showroom „Green Office Computing“	<p>Ausarbeitung eines Konzeptes für einen Showroom „Green Office Computing“ als nationales und internationales „Schaufenster“ für IT-Entscheider aus Unternehmen, Behörden, Schulen usw. sowie IT-Interessierte (IT-Nachwuchskräfte usw.); Ausarbeitung Finanzierungskonzept; Akquisition von Mitteln (z. B. 50 %/50 %-Finanzierung öffentliche Mittel und private Mittel); Umsetzung z. B. in Berlin; Einrichtung soll private und insb. öffentliche Stellen neutral informieren und kompetent Fragen beantworten sowie die Möglichkeit zum Ausprobieren der Geräte und Lösungen erlauben.</p>	<p>Planung 2010 – 2011</p> <p>Umsetzung 2011 – 2012</p> <p>Betrieb 2012 – 2015 (Phase 1, ggf. Verlängerung)</p>	Initiative „Green Office Computing“	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks	<p>Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario:</p> <p>Mini-PCs um 15.000 Geräte in 2013 und um 150.000 Geräte in 2020</p> <p>Notebooks um 15.000 Geräte in 2013 und um 75.000 Geräte in 2020</p> <p>TCs um 30.000 Geräte in 2013 und 187.500 Geräte in 2020</p>	
Präsenz auf Messen (z. B. CeBIT) und wichtigen Großveranstaltungen		<p>Planung 2010 – 2011</p> <p>Umsetzung 2011 – 2012</p> <p>Betrieb 2012 – 2015 (Phase 1, ggf. Verlängerung)</p>	Initiative „Green Office Computing“	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks	<p>Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario:</p> <p>Mini-PCs um 10.000 Geräte in 2013 und um 50.000 Geräte in</p>	Budget: ca. 0,1 Mio. € p.a.

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
		gerung)			2020 Notebooks um 10.000 Geräte in 2013 und um 50.000 Geräte in 2020 TCs um 20.000 Geräte in 2013 und 62.500 Geräte in 2020	
Leuchtturmprojekte						
Leuchtturmprojekt z. B. im Bereich kleiner Dienstleistungsunternehmen, Arztpraxen, Handwerk, etc.	Ausarbeitung eines Konzepts für die Bereitstellung von „Desktop as a Service“-Angeboten für kleine Unternehmen, ggf. Gewinnung von Fördermitteln. Durchführung von Pilotvorhaben, breite Kommunikation, Präsentation auf Fachmessen und -kongressen.	2010 - 2014	Hersteller, Systemhäuser, Kommunikation: Initiative Green Office Computing, BITKOM AK Thin Client & Server Based Computing	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs und Mini-PCs	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: TCs: um 10.000 Geräte in 2013 und um 100.000 Geräte in 2020 Mini PCs: um 10.000 Geräte in 2013 und um 50.000 Geräte in 2020	
Leuchtturmprojekt Engineering-Arbeitsplätze	Engineering-Arbeitsplätze mit hohen Anforderungen (z. B. an die Graphikleistung) sind mit modernen Desktopvirtualisierungslösungen über TCs realisierbar. Leuchtturmprojekte könnten hier insbesondere bei großen Industrieunternehmen einen zusätzlichen Multiplikatoreffekt erreichen, da dann auch bei anderen Arbeitsplätzen TC-Lösungen eingesetzt werden. Serverzentralisierte Lösungen ohne direkten Datenaustausch bieten in der industriellen Zusammenarbeit mit Zulieferern große Datensicherheitsvorteile, so dass hier ein sehr breiter Einsatz möglich wäre (bislang sind hier TC-Lösungen die Ausnahme). Machbarkeit bei Engineering-Arbeitsplätzen bringt	2011-2012	Hersteller, Systemhäuser, Industrieunternehmen	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs	Erhöht die Anzahl installierter TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: TCs: um 100.000 Geräte in 2013 und um 300.000 Geräte in 2020	Siehe „Maßnahmen“

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
	großen Hebel bei allen anderen Büroarbeitsplätzen. Erste Leuchtturmprojekte laufen bereits an. Annahmen: ca. 3.000.000 Computerarbeitsplätze in der Industrie (verarbeitenden Gewerbe). 2013: 5.000 Engineering-Arbeitsplätze, 2020: 15.000 Engineering-Arbeitsplätze, (jeweils Hebel 20).					
Leuchtturmprojekt Wohnanlagen	Ausarbeitung eines Konzeptes für den Einsatz von TCs in Wohnanlagen, Gewinnung von Fördermitteln, Durchführung eines Pilotvorhabens, breite Kommunikation der Ergebnisse	2011 - 2014	Hersteller, Systemhäuser, Wissenschaft, Wohnanlagenbetreiber, Kommunikation	indirekte Wirkung	Keine Quantifizierung möglich	Da private Wohnungen nicht zum Untersuchungsgegenstand „arbeitsplatzbezogene Computerlösungen“ zählen, ist die Wirkung nur indirekt.
Leuchtturmprojekt Finanz	Aktualisierung der vorhandenen Daten zum Einsatz von TCs in Finanzinstituten, redaktionelle Aufbereitung, Durchführung von Fachveranstaltungen bzw. Auftritt auf Finanzmessen/-kongressen	2010/2011	Initiative Green Office Computing	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs	Erhöht die Anzahl installierter TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: TCs: um 20.000 Geräte in 2013 und um 100.000 Geräte in 2020	Aktuell hat ein bedeutendes deutsches Finanzinstitut ca. 150.000 TCs im Einsatz. Auch wenn die Verbreitung von TCs im Finanzbereich schon hoch ist, lassen sich hier durch entsprechende Kommunikation noch Potenziale heben.
Leuchtturmprojekt Schulverbände	Ausarbeitung eines Konzeptes für den schulübergreifenden Einsatz (Schulverbände) von Server Based Computing, ggf. Gewinnung von Fördermitteln, Durchführung eines Pilotvorhabens, breite Kommunikation der Ergebnisse	2010 - 2012	Schulträger, Hersteller, Systemhäuser, Kommu-	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs /Mini PCs in Schulen	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegen-	Annahme: Die Zahl der Arbeitsplatzgeräte an Schulen steigt bis 2020

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
			Initiative Green Office Computing		über BAU-Szenario: TCs: um 10.000 Geräte in 2013 und um 300.000 Geräte in 2020 Mini PCs: um 10.000 Geräte in 2013 und um 150.000 Geräte in 2020)	insgesamt auf ca. 2 Mio. Durch Nachahmung der Leuchtturmprojekte steigt der TC- und Mini-PC-Anteil signifikant, d. h. ca. 50 % der neu zu schaffenden Arbeitsplätze sind TC oder Mini-PC.
Bildung und Qualifizierung						
Informations- und Schulungsveranstaltungen für Systemhäuser und Reseller „Zukunftsmarkt Green Office Computing“	<p>Die Analysen im Rahmen des Roadmapping-Projektes haben gezeigt, dass viele, gerade kleinere Systemhäuser und Reseller noch nicht mit TC&SBC vertraut sind und/oder die Potenziale des TC&SBC nicht ausreichend kennen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausarbeitung eines Konzeptes für ein bundesweites, mehrjähriges Programm an Informations- und Schulungsveranstaltungen; in Kooperation mit IT-Veranstaltungsagenturen ▪ Möglicher Titel des Programms oder der Veranstaltungen „Zukunftsmarkt Green Office Computing: Mehrwert für Systemhäuser und Reseller“ ▪ Umsetzung maßgeblich als regionale Veranstaltungen, z. B. in Kooperation mit regionalen IT-Initiativen und Agenturen wie z. B. „Digitales Niedersachsen“ oder „IT Hannover“ 	2010 – 2011 Planung 2011 – 2013 Umsetzung	Initiative „Green Office Computing“ Federführung ausgewählte Hersteller	Marktanteil bzw. Bestandsanteil Mini-PCs, Notebooks, TCs	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: Mini-PCs: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte Notebooks: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte. TCs: in 2013 um 60.000 Geräte und in 2020 um 187.500 Geräte.	50 % der quantifizierbaren Wirkungen im Bereich „Bildung und Qualifizierung“. Es wird von ca. 5 Veranstaltungen p.a. mit jeweils 80 Teilnehmern (TN) ausgegangen (400 TN p.a.). Annahme: die Hälfte der TN (= 200 TN) verkauft anschließend p.a. anstatt PCs, 200 Mini-PCs, Notebooks oder TCs.
Branchenbezogene Schulungsreihe „Einfacher,	In kleinen Unternehmen und Organisationen gibt es in der Regel keine hauptamtlichen IT-Verantwortlichen, sondern	2010 – 2011 Planung	Initiative „Green Office	Marktanteil bzw. Be-	Erhöht den Bestandsanteil gegenüber BAU bei:	50 % der quantifizierbaren Wirkun-

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
sicherer, kostengünstiger: Intelligente Office Computing-Lösungen“, Zielgruppe: IT-Entscheider aus KMUs und Kleinorganisationen	<p>Entscheider, die IT-Entscheidungen „nebenamtlich“ und ohne professionelles IT-Wissen treffen müssen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausarbeitung eines Konzeptes für ein bundesweites, mehrjähriges Programm an Informations- und Schulungsveranstaltungen; in Kooperation mit IT-Veranstaltungsagenturen. ▪ Möglicher Titel des Programms oder der Veranstaltungen „Einfacher, sicherer, kostengünstiger: Intelligente Office Computing-Lösungen“, ▪ Umsetzung als regionale Veranstaltungen, z. B. in Kooperation mit regionalen IT-Initiativen und Agenturen wie z. B. „Digitales Niedersachsen“ oder „IT Hannover“ sowie in Zusammenarbeit mit regionalen Systemhäusern und Resellern 	2011 – 2013 Umsetzung	Computing“ Federführung ausgewählte Hersteller	standsanteil Mini-PCs, Notebooks, TCs	<p>Mini-PCs: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte</p> <p>Notebooks: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte.</p> <p>TCs: in 2013 um 60.000 Geräte) und in 2020 um 187.500 Geräte.</p>	gen im Bereich „Bildung und Qualifizierung“. Es wird von ca. 15 Veranstaltungen p.a. mit jeweils 50 Teilnehmern (TN) ausgegangen (750 TN p.a.). Annahme: zwei Drittel der TN (= 500 TN) kaufen anschließend anstatt 20 PCs dann Mini-PCs, Notebooks oder TCs (plus Multiplikator-Effekt, Mund-zu-Mund-Propaganda: x 3)
Aufnahme von TC&SBC und Green Computing in den universitären Bildungskanon (Informatik etc.)	<p>Konzepte und Möglichkeiten serverbasierter Office und Home Computing-Lösungen (TC&SBC etc.) sind bis dato kaum oder gar nicht im universitären Bildungskanon verankert. Es gilt daher in den kommenden Jahren diese Lücke zu schließen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Initiierung eines oder mehrerer Pilotvorhaben „Serverbasierte Computerlösungen“ und/oder „Green Office Computing“ zur Ausarbeitung von Konzepten und Materialien für die Verankerung der Themen in Informatik-und anderen relevanten Studiengängen ▪ Gespräche mit BMBF und zuständigen Einrichtungen zur Entwicklung von Hochschul-Curricula ▪ Eventuell Einrichtung eines Förderschwerpunktes „Bildungsoffensive Serverbasierte Computerlösungen / Green 	<p>Initiierung von Förderschwerpunkt (2010- 2011)</p> <p>Durchführung Pilotvorhaben (2011 – 2014)</p> <p>Transfer (2014 – 2020)</p>	Initiative Green Office Computing BMBF	Indirekte, langfristige Wirkung (ab. ca. 2015)	Keine Quantifizierung möglich	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
	Computing“ beim BMBF					
Stiftungslehrstühle „Serverbasierte Computerlösungen“ und „Green Office and Home Computing“	Präzisierung der inhaltlichen Ausrichtung der Stiftungslehrstühle (Alleinstellungsmerkmal) und Klärung der disziplinären Einbettung; Sondierung und Suche von Stiftern; Sondierung und Suche von Hochschulen bzw. Fakultäten, die Interesse an einem Stiftungslehrstuhl haben (inkl. Ko-Finanzierung bzw. Langfristabsicherung)	Sondierung 2011 – 2012 Einrichtung ab 2013	Initiative Green Office Computing BMBF	Indirekte, langfristige Wirkung (ab. ca. 2015)	Keine Quantifizierung möglich	
Aufnahme von TC&SBC und Green Computing in den Bildungskanon (Informatik-Unterricht etc.) in Schulen	Konzepte und Möglichkeiten serverbasierter Office und Home Computing-Lösungen (TC&SBC etc.) sind bis dato kaum oder gar nicht im schulischen Bildungskanon verankert. Es gilt daher in den kommenden Jahren diese Lücke zu schließen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Initiierung eines oder mehrerer Pilotvorhaben „Serverbasierte Computerlösungen“ und/oder „Green Office Computing“ zur Ausarbeitung von Konzepten und Materialien für die Verankerung der Themen im Informatik-Unterricht allgemein bildender Schulen sowie Berufs- und Fachschulen ▪ Gespräche mit BMBF und zuständigen Einrichtungen der Bundesländer zur Entwicklung von Curricula ▪ Eventuell Einrichtung eines Förderschwerpunktes „Bildungsoffensive Serverbasierte Computerlösungen / Green Computing“ beim BMBF und/oder Landesministerien 	Initiierung von Förderschwerpunkt (2010- 2011) Durchführung Pilotvorhaben (2011 – 2014) Transfer (2014 – 2020)	Initiative Green Office Computing BMBF	Indirekte, langfristige Wirkung (ab. ca. 2015)	Keine Quantifizierung möglich	
Informations- und Bildungsangebot „Green Computing Kids“ für	Neben der Verankerung von Themen wie serverbasierte Computerlösungen und Green Computing im Informatik-Unterricht soll ein Informationsangebot für Schulen geschaffen werden,	Ausarbeitung Konzept (2011)	Initiative Green Office Computing	Indirekte, langfristige Wirkung (ab.	Keine Quantifizierung möglich	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
Schulen	bei der diese für einzelne Stunden oder Halb-/Tagesveranstaltungen IT-/Green IT-Experten kostenlos in den Schulen einladen können. Die Experten referieren über neueste Lösungen, zeigen diese und lassen diese von den Kids erproben.	Umsetzung ab 2011	BMBF	ca. 2012)		
Gewerkschaften, Betriebs-, Personalräte	Ziel: Erhöhung der Akzeptanz bei den Arbeitnehmern					
Studie zu Auswirkungen und Akzeptanz serverbasierter Arbeitsplatz-Computer-Lösungen	Literaturrecherche zur IT-Technikakzeptanz generell, Fallstudien in 10 Unternehmen, die TC-SBC u.ä. einführen bzw. eingeführt haben, Befragungen von IT-Leitungen und Arbeitnehmervertretungen	2011	Borderstep in Kooperation mit der Stiftung Arbeit & Umwelt, Förderung durch Hans Böckler Stiftung	Indirekte, langfristige Wirkung (ab ca. 2012)	Keine Quantifizierung möglich	
Entwicklung einer Muster-Betriebsvereinbarung zu serverbasierten APC-Lösungen und Verbreitung von Ergebnissen der Studie	Aufbauend auf der Studie erfolgt die Ableitung von Konsequenzen auf Technologiegestaltung und Migrationsorganisation, Dokumentation in Form einer Musterbetriebsvereinbarung, Transfer. Durch die Veröffentlichung einer solchen Mustervereinbarung wird das Thema a) von einer ganz neuen Seite in die Unternehmen getragen b) bei den Arbeitnehmern potenzielle Hemmnisse abgebaut.	2011	Borderstep in Kooperation mit der Stiftung Arbeit & Umwelt, Förderung durch Hans Böckler Stiftung	Marktanteil SBC und HVD/Bestandsanteil TCs	Erhöht den TC-Bestand in 2013 um 15.000 und in 2020 um 60.000. In gleichem Umfang verringert sich die Anzahl installierter PCs	Siehe „Maßnahmen“
Dialoge mit Gewerkschaften, Technologieberatungsstellen, Betriebs- und Personalräten	Darstellung der Musterbetriebsvereinbarung auf 5 Konferenzen, 2 Zeitschriftenbeiträge jährlich, Initiierung von Folgeprojekten. Da TC neben den ökologischen auch deutliche ergonomische Vorteile (geräuschlos, drastisch weniger Abwärme etc.) mitbringen ist dies ebenfalls ein wirkungsvoller Ansatz	Ab 2012	Green-IT-Allianz BMAS BMW i	Marktanteil SBC und HVD/Bestandsanteil TCs	Erhöht den TC-Bestand in 2020 um 60.000. In gleichem Umfang verringert sich die Anzahl installierter PCs.	Siehe „Maßnahmen“

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
Technologieentwicklung und Standards						
Forschung und Entwicklung (F&E) zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz von TCs	Beschleunigung der Serieneinführung neuer energie- und materialsparender Komponenten in neue TC-Generationen.	Ab 2010	Hersteller und Importeure	Reduzierung der Leistungsaufnahme und des Gewichtes neuer TCs	Reduzierung der Leistungsaufnahme neuer TCs um 0,2W pro Jahr und des Gewichtes um 20g pro Jahr	Die Produktzyklen hängen von externen Faktoren ab. Auf diverse wichtige Bauteil bezogene Faktoren haben Hersteller kaum Einfluss “
High-Performance Server und High-Performance-Bandbreite für Engineering- und Grafik-Anwender	Erzielung der Serienreife für High-Performance Gesamtlösungen für TC-Engineering- und Medienanwendungen u.ä. auf SBC- oder HVD-Basis. Es gibt weiterhin einen hohen Bedarf an der zentralen Bereitstellung von Engineering Arbeitsplätzen. Dies ist erst jetzt effizient möglich. Dieser Arbeitsplatztyp bei entsprechenden Industriezweigen ist der wesentliche IT-Treiber. Insofern dieser zentral bereitgestellt werden kann und wird, ist eine Zentralisierung aller Office IT-Arbeitsplätze nur noch eine Frage der Zeit. Ergo haben diese Maßnahmen einen Effekt auf einen zusätzlichen SBC-Anwendungsbereich.	Ab 2011	Server-Hersteller, TC-Hersteller, Systemhäuser	Marktanteil SBC und HVD/Bestandsanteil TCs	Erhöht TC-Bestand in 2013 um 15.000 und in 2020 um 60.000 (ersetzen PCs)	Bandbreite ist in dieser Fragestellung aber tatsächlich immer noch ein Thema bei mittelständischen Engineeringunternehmen und in ländlichen Regionen.
Entwicklung von Softwarelösungen zur Steigerung des Verhältnisses von Clients pro Server im SBC, HVD und SaaS	Verbesserung der Performance von Betriebssystemen und Virtualisierungssoftware. Erweiterung und Verbesserung von Managementsoftware für Kapazitätsmanagement und für die dynamische Bereitstellung von Ressourcen.	Ab 2011	Hersteller von Betriebssystemen und Virtualisierungssoftware, Open-Source-Communities, Hochschulen	Steigerung des Verhältnisses von Clients pro Server	Steigerung des Verhältnisses von Clients pro Server im SBC, HVD und SaaS von heute durchschnittlich 50 (SBC), 50 (SaaS) bzw. 25 (HVD) auf 450 (SBC), 150 (HVD), bzw. 300 (SaaS) in 2020. Das Verhältnis von Clients zu Server ist damit im Jahr 2020 um einen Faktor 3 besser als im BAU-Szenario.	Dies verbessert die Total Cost of Ownership (TCO) deutlich und hilft damit den Unternehmen bei der Einführung

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
Steigerung der Energie- und Materialeffizienz von Servern	Vermehrter Transfer von Komponenten und Erfahrungen aus dem Notebookbau auf Server nach dem Vorbild des Mini-PCs. Das Vorbild von Mini-PC (25 Watt) und Servern aus Notebookteilen (Christmann 35 Watt, Apple 18 Watt) zeigen den Weg und den Zusammenhang von Gewicht und Stromverbrauch.	Ab 2010	Hersteller von Servern	Reduzierung der Leistungsaufnahme (LA) und des Gewichtes (G) neuer Server	Server: Reduzierung des Jahresenergieverbrauchs von Servern um 4 % p.a. und des Gewichts um 3 % p.a.	
Der Staat als IT-Anwender und Förderer						
Green Office Computing-Lösungen als Element der IKT-Strategie der Bundesregierung	Aufnahme der gezielten Förderung energie- und materialeffizienter Office-Computing-Lösungen (Mini-PCs, TC&SBC, Notebooks) in die IKT-Strategie der Bundesregierung	2010	BMWi, BMU und UBA	Indirekte Wirkung	Nicht quantifizierbar	Agenda Setting und Verbesserung der Rahmenbedingungen bzgl. Green Office Computing
Aufnahme von Green Office Computing-Lösungen in den Green IT Aktionsplan der Bundesregierung	Aufnahme der gezielten Förderung energie- und materialeffizienter Office-Computing-Lösungen (Mini-PCs, TC&SBC, Notebooks) in den Green IT Aktionsplan der Bundesregierung (Federführung BMWi)	2010	BMWi, BMU und UBA	Indirekte Wirkung	Nicht quantifizierbar	Agenda Setting und Verbesserung der Rahmenbedingungen bzgl. Green Office Computing
Bekanntmachung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ bei Bundes-, Landes- und Kommunalbehörden	Ausarbeitung einer Vortrags- und Informationsreihe zur Vorstellung der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ in Kooperation mit den zuständigen IT-Gremien (Rat der IT-Beauftragten etc.) auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene, Umsetzung der Vortrags und Informationsreihe	2010 - 2011	Umweltbundesamt und BMU	Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks. Jahresstromverbrauch pro Computerendgerät in der Nutzungsphase	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario bei Behörden: Mini-PC: in 2013 um 7.500 Geräte (bei Behörden) und in 2020 um 18.750 Geräte Notebooks: in 2013 um 7.500 Geräte (bei Behörden) und in 2020 um 18.750 Geräte TC : in 2013 um 7.500 Geräte (bei Behörden) und in 2020 um 37.500 Geräte	Die Wirkung (höhere Bereitschaft bei IT-Entscheidern, sich für Mini-PCs, TCs und Notebooks zu entscheiden) entfaltet sich in 2011 – 2013; anschließend (2014-2020) Wirkung durch daraus resultierende Lerneffekte

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
Bekanntmachung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ bei Bundestag, Landesparlamenten und Kommunalvertretungen	Zusendung der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ an für IT-Fragen zuständige Abgeordnete und Ausschüsse des Deutschen Bundestages sowie der Landesparlamente sowie Verantwortlichen auf kommunaler Ebene	2010 - 2011	Umweltbundesamt und BMU	Indirekte Wirkung, Agenda Setting und Verbesserung des Kenntnisstandes bzgl. Green Office Computing	Nicht quantifizierbar	
Anpassung von Beschaffungsrichtlinien und Rahmenverträgen der öffentlichen Beschaffung	z. B. Veränderung APC-Rahmenvertrag bei Zentrum für Informationsverarbeitung und Informationstechnik (ZIVIT) usw.	2010 - 2012	Projektgruppe „Green IT“ beim Rat der IT-Beauftragten, Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt	Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario bei Behörden: Mini-PCs: in 2013 um 15.000, in 2020 um 37.500 Geräte Notebooks: in 2013 um 15.000 und in 2020 um 37.500 Geräte TCs: in 2013 um 15.000 Geräte und in 2020 um 75.000 Geräte	Relativ starke Wirkung; die Schaffung geeigneter Rahmenverträge für APCs wurden bei der Befragung der Bundesbehörden in 2009 als eine zentrale Voraussetzung für den Einsatz von TCs genannt.
Blauer Engel für Thin Clients und Mini-PCs	Erarbeitung einer Vergabegrundlage für „Thin clients“ sowie „Mini-PCs“, Aufnahme dieser Produktgruppen in die Vergabe des Umweltzeichens	2011 - 2012	BMU, UBA, Jury Umweltzeichen, RAL	Indirekte, eher geringe Wirkung	Nicht quantifizierbar	Verbesserte die Sichtbarkeit der Energie- und Materialeffizienz von Mini-PCs und TCs
Grundlagenstudie zur Auswirkung von Anwendungs-Software auf den Energieverbrauch von IT	Beauftragung und Durchführung einer Studie, die den Zusammenhang zwischen Softwarearchitektur, energiesparender Programmierung und Energieverbrauch der Anwendung nachweist	Ab 2011	Umweltbundesamt	Indirekte Wirkung	Nicht quantifizierbar	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
Innovationsallianz „Green Office Computing“	Initiierung einer Innovationsallianz und eines neuen Förderschwerpunktes „Green Office Computing“ mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Initiierung: 2011 Umsetzung: 2012 - 2015	Green IT Allianz Wissenschaftsforum Green IT BMBF	Jahresstromverbrauch von Computerendgeräten	Reduzierung des durchschnittlichen jährlichen Energieverbrauchs von Computerendgeräten in 2020 um: PC (5 kWh), Mini-PC (3 kWh), Notebook (2 kWh) und Thin Clients (1 kWh)	Wirkung erst ab 2016, da die entwickelten energie- und materialeffizienten Lösungen erst ab 2016 in den Markt kommen.
Innovationsallianz „Energiesparende Anwendungs-Software“	Initiierung einer Innovationsallianz und eines neuen Förderschwerpunktes „Energiesparende Software“ mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) zur Förderung der Entwicklung und Diffusion energiesparender Anwendungs-Software; Dialog und Stakeholderprozess mit führenden Softwareanbietern, Transfer von Ergebnissen der Studie: Konferenzen, Zeitschriftenbeiträge etc. je nach Ergebnis der Studie.	Initiierung: 2011 Umsetzung: 2012 - 2015	Green IT Allianz Wissenschaftsforum Green IT BMBF	Reduzierung des Ressourcenbedarfs (Energie und Material) von Computerendgeräten aller Art	Steigerung der Energieeffizienz von Computerendgeräten ab 2012 um 2 % p.a. bis 2020	Die Arbeiten der AG 3 „Software“ der Green IT-Allianz sind zu berücksichtigen.
Green Office Computing-Lösungen als kontinuierlicher Schwerpunkt im Förderschwerpunkt „IT goes green“ des BMU	Green Office Computing-Lösungen sollen ein Fokus im Förderschwerpunkt „IT goes green“ im Umweltinnovationsprogramm des BMU werden und langfristig bleiben	2010 - 2020	BMU und UBA	Indirekte Wirkung	Nicht quantifizierbar	Leuchtturmprojekte erhöhen die Sichtbarkeit innovativer Green Office Computing-Lösungen;
Förderung der Diffusion von Mini-PCs	Transferaktivitäten zur Förderung der Bekanntheit und Verfügbarkeit von Mini-PCs für Office-Anwendungen	Ab 2010	Hersteller von Mini-PCs, BMU	Marktanteil Mini-PC/ Bestandsanteil Mini-PC	Erhöht Bestandsanteil von Mini-PCs in 2013 um 40.000 und in 2020 um 200.000 zulasten des PCs	
Maßnahmen zur Steigerung der durchschnittlichen Hardwareeffizienz von Rechenzentren	Erstellung einer Roadmap zu effizienten Server- und Storage-technologien in Rechenzentren	Ab 2010	Hersteller, BMU, BMWi, BITKOM AK Rechenzentrum & Infrastruktur	Energie- und Materialbedarf von Rechenzentren	Noch nicht vorhersehbar.	
Maßnahmen zur Steigerung des durchschnittlichen PUE von Rechenzentren in Deutschland	Erstellung einer Roadmap zu effizienten Infrastrukturtechnologien in Rechenzentren	Ab 2010	Hersteller, BMU, BMWi, BITKOM AK Rechenzent-	Energie- und Materialbedarf von Rechenzent-	Verbesserung des durchschnittlichen PUE von Rechenzentren in Deutschland von heute 1,9, auf 1,6 in 2013 und auf 1,3 in	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
			rum & Infrastruktur	ren	2020	

Quelle: Eigene.

8 Green IT-Szenario

Das folgende Szenario beschreibt die Entwicklung von arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in Deutschland **aus Sicht des Jahres 2020**. Der Unterschied zwischen dem BAU-Szenario und dem folgenden „Green IT-Szenario“ besteht darin, dass letzteres davon ausgeht, dass die im vorangegangenen Kapitel vorgestellte Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ umgesetzt wird und dass die dort angenommenen Wirkungen der Maßnahmen auf die Art und Anzahl genutzter (installierter) Computerendgeräte und die Steigerung der Energie- und Materialeffizienz so eingetreten sind.

Seit dem Jahr 2010 ist die Anzahl von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland von 26,5 Mio. auf 37,5 Mio. Geräten angestiegen. Durch die im Jahr 2011 von der Bundesregierung, der IT-Wirtschaft, IT-Anwendern und der Wissenschaft gegründete Initiative „Green Office Computing“ wurde die Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ entwickelt und in den Folgejahren konsequent umgesetzt. Durch diese Öffentlich-Private Partnerschaft konnte innerhalb von weniger als zehn Jahren ein grundlegender Strukturwandel bei der Art arbeitsplatzbezogener Computerlösungen erreicht werden. So konnte durch die im Jahr 2011 gestartete umfangreiche Informationskampagne „Green Office Computing“, diverse Leuchtturmprojekte sowie gezielte Schulungs- und Bildungsanstrengungen erreicht werden, dass IT-Entscheider, Händler und Systemhäuser sowie IT-Anwender besser über die Möglichkeiten energie- und materialeffizienter Computerlösungen im Bürobereich informiert sind. Dies hat dazu geführt, dass heute 85 % aller arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen als energie- und materialeffizient gelten können, d. h. mindestens 20 % weniger Energie pro Jahr verbrauchen bzw. mindestens 20 % weniger an Produktgewicht haben als der Durchschnitt aller Arbeitsplatzcomputer im Jahr 2010. Der durchschnittliche Jahresenergiebedarf (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer (ohne Monitor, inkl. Terminalservernutzung und Herstellung) lag in 2010 bei 499 kWh, das durchschnittliche Gewicht (ohne Monitor, inkl. Terminalserveranteil) bei 5,2 kg.

Während die heute (2020) noch im Einsatz befindlichen PCs trotz umfangreicher Effizienzmaßnahmen im Durchschnitt immer noch 402 kWh p.a. benötigen (ohne Monitor, inkl. Terminalservernutzung und Herstellung), liegt der durchschnittliche Wert bei Mini-PCs im Jahr 2020 bei 177 kWh, bei Notebooks bei 183 kWh und bei Thin Client & Server Based Computing bei 77 kWh pro Jahr und Arbeitsplatz (jeweils ohne Monitor, aber inkl. Terminalservernutzung und Herstellung).

Tabelle 16: Durchschnittlicher kumulierter Energieaufwand (KEA) unterschiedlicher Computerlösungen an Arbeitsplätzen in Deutschland im Szenario Green IT

	Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Jahr (KEA) und Arbeitsplatz in kWh (ohne Monitor, inkl. Terminalservernutzung)				
	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt
2010	698	291	294	384	499
2013	599	275	273	181	388
2020	402	177	183	77	190

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Delphi-Befragung.

Tabelle 17: Durchschnittlicher Materialeinsatz unterschiedlicher Computerlösungen an Arbeitsplätzen in Deutschland im Szenario Green IT

	Gerätegewicht (ohne Monitor, inkl. Terminalserveranteil) in kg				
	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt
2010	8,1	2,1	2,5	2,1	5,2
2013	7,6	1,8	2,2	1,5	4,2
2020	6,1	1,6	1,9	1,0	2,3

Quelle: Eigene.

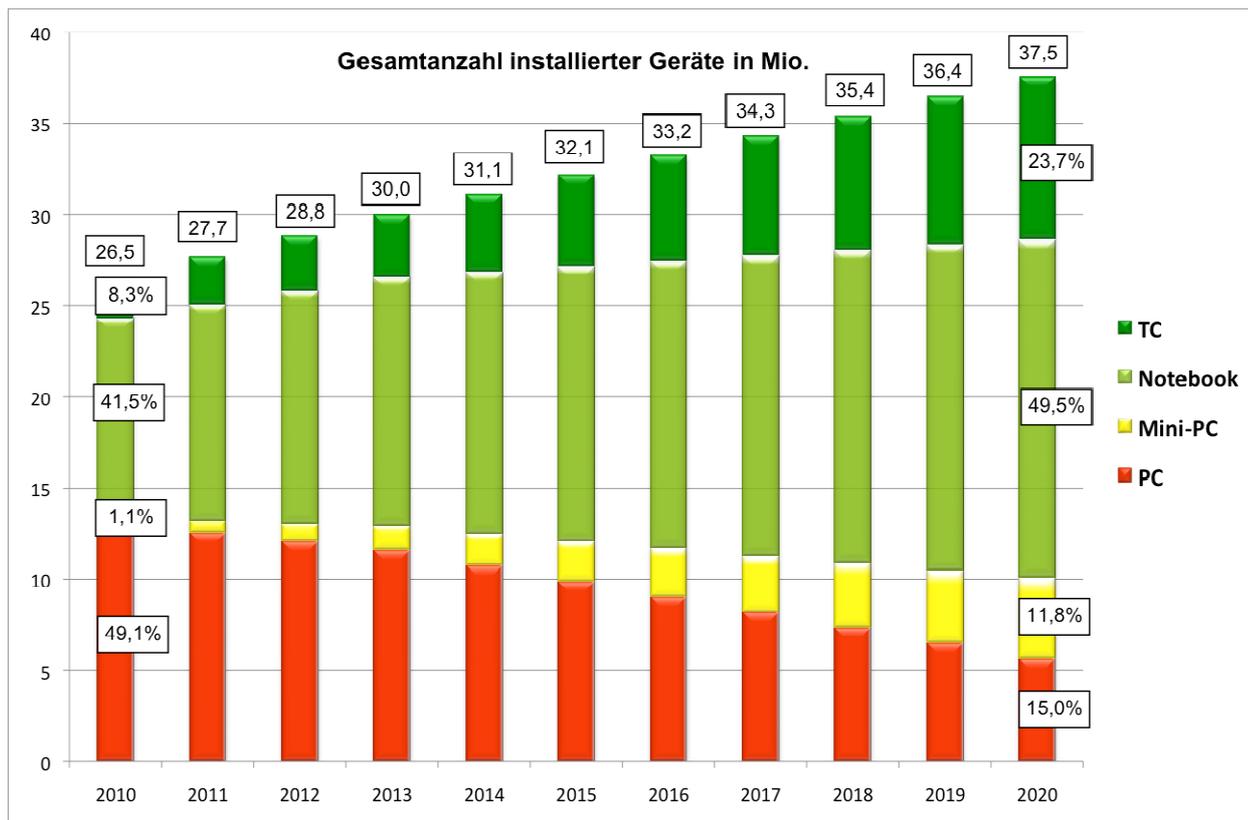
Die Erkenntnis, dass Mini-PCs, Notebooks und Thin Clients für die meisten Büroanwendungen deutlich energie- und materialeffizientere Computerlösungen darstellen als der klassische PC, hat zu einem grundlegenden Strukturwandel in der Geräteausstattung von Unternehmen, Behörden und (Hoch-) Schulen in Deutschland geführt. Lag der Anteil von PCs an allen Computerendgeräten in Büros im Jahr 2010 noch bei knapp 50 %, so ist dieser seither kontinuierlich gefallen und liegt heute gerade einmal noch bei rund 15 %. Vor zehn Jahren war der PC noch eindeutig die größte Geräteklasse bei den Arbeitsplatzcomputern, heute rangiert er gerade mal noch auf Platz 3.

Tabelle 18: Ausstattung von Unternehmen, Behörden und Schulen mit Arbeitsplatzcomputern in Deutschland

		PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt
2010	Installierte Geräte in Stück	13.000.000	300.000	11.000.000	2.200.000	26.500.000
	Ausstattungsstruktur	49,1 %	1,1 %	41,5 %	8,3 %	100,0 %
2013	Installierte Geräte in Stück	11.552.500	1.317.500	13.647.500	3.482.500	30.000.000
	Ausstattungsstruktur	38,5 %	4,4 %	45,5 %	11,6 %	100,0 %
2020	Installierte Geräte in Stück	5.629.000	4.427.500	18.567.500	8.876.000	37.500.000
	Ausstattungsstruktur	15,0 %	11,8 %	49,5 %	23,7 %	100,0 %

Quelle: Eigene.

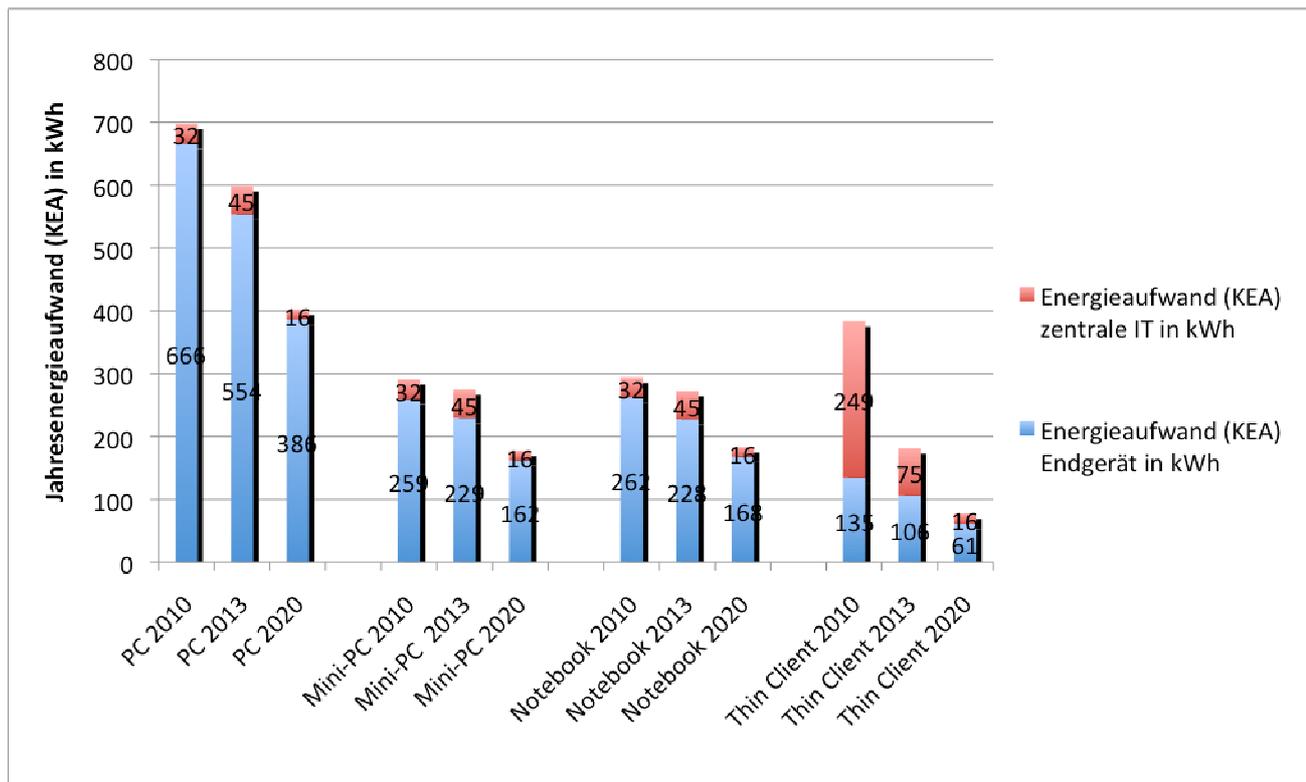
Abbildung 8: Anzahl Computerendgeräte an Arbeitsplätzen (Unternehmen, Behörden, Bildung) in Deutschland bis 2020 im Szenario Green IT



Quelle: Eigene.

Der Strukturwandel bei der Ausstattung von Büros mit Arbeitsplatzcomputern sowie die Umsetzung weiterer Maßnahmen der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ wie z. B. die Initiierung der Innovationsallianz „Green Office Computing“, die Entwicklung von Softwarelösungen für die Steigerung des Verhältnisses von Clients pro Terminalserver oder die erfolgreiche Entwicklung von High-Performance-Servern und High-Performance Bandbreite für Engineering- und Grafik-Anwender hatten erhebliche Auswirkungen auf den Gesamtenergieverbrauch des Office Computing in Deutschland. Die verschiedenen Maßnahmen haben dazu geführt, dass sich sowohl die Effizienz der Endgeräte als auch insbesondere die Effizienz der zentralen IT (Terminalserver, Verhältnis Clients pro Terminalserver etc.) erheblich verbessert haben (vgl. Abbildung 9).

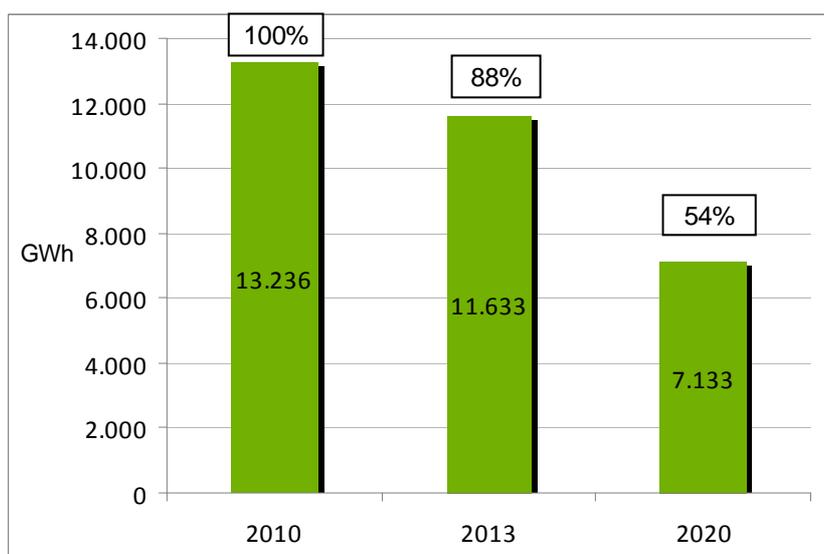
Abbildung 9: Kumulierter Energieaufwand (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer p.a. in kWh in Deutschland differenziert nach Endgerät (ohne Monitor) und Inanspruchnahme zentraler IT (Terminalserver) im Szenario Green IT



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Delphi-Befragungen.

Betrachtet man den Gesamtenergiebedarf (KEA) aller Arbeitsplatzcomputer in Deutschland (ohne Monitor, inkl. Terminalservernutzung und Geräteherstellung), so zeigt sich, dass die Umsetzung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ dazu geführt hat, dass der absolute Energieverbrauch von 13,24 TWh in 2010 auf 7,13 TWh in 2020 gesunken ist. Das entspricht einer Reduktion von 46 %.

Abbildung 10: Energieverbrauch aller Arbeitsplatzcomputer in Deutschland (KEA) p.a. in GWh (inkl. Herstellung und Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitor) im Szenario Green IT



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Delphi-Befragungen.

Die Öffentlich-Private Partnerschaft „Green Office Computing“ hat in den vergangenen zehn Jahren auch dazu beigetragen, dass sich der Materialeinsatz bei Arbeitsplatzcomputern insgesamt deutlich reduziert hat. Das Gewicht aller in deutschen Büros (Unternehmen, Behörden, Schulen/Hochschulen) eingesetzten Computerendgeräte ist trotz der gestiegenen Anzahl von Geräten (26,5 Mio. in 2010, 37,5 Mio. in 2020) von 134.300 t in 2010 auf 122.000 t in 2013 und auf nur noch knapp 83.000 t in 2020 gesunken.

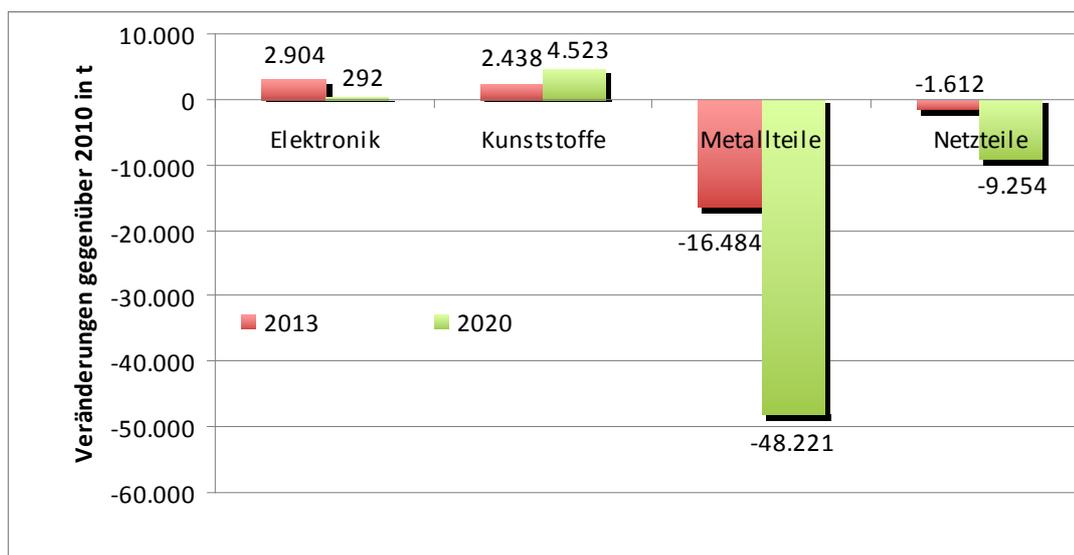
Tabelle 19: Gesamtgewicht aller Arbeitsplatzcomputer und Terminalserver in Deutschland

	2010	2013	2020
Gewicht aller Computerendgeräte in t	134.300	121.900	82.800
Gewicht aller benötigter Terminalserver in t	2.900	4.300	2.500
Gesamtgewicht in t	137.200	126.200	85.300

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Delphi-Befragungen (Zahlen gerundet).

Bei der Entwicklung des Materialeinsatzes für arbeitsplatzbezogene Computerlösungen zeigen sich allerdings bei den verschiedenen Materialanteilen (Elektronikkomponenten, Kunststoffe, Metallteile, Netzteile) sehr unterschiedliche Entwicklungen. Während der Materialeinsatz bei den Metallteilen und den Netzteilen sehr stark gesunken ist und bei der Elektronik-„Masse“ stagniert, steigt er konstruktionsbedingt bei den Kunststoffen an (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 11: Entwicklung des Gesamtgewicht der Komponenten von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland in Tonnen (ohne Serveranteil, ohne Monitore) im Szenario Green IT

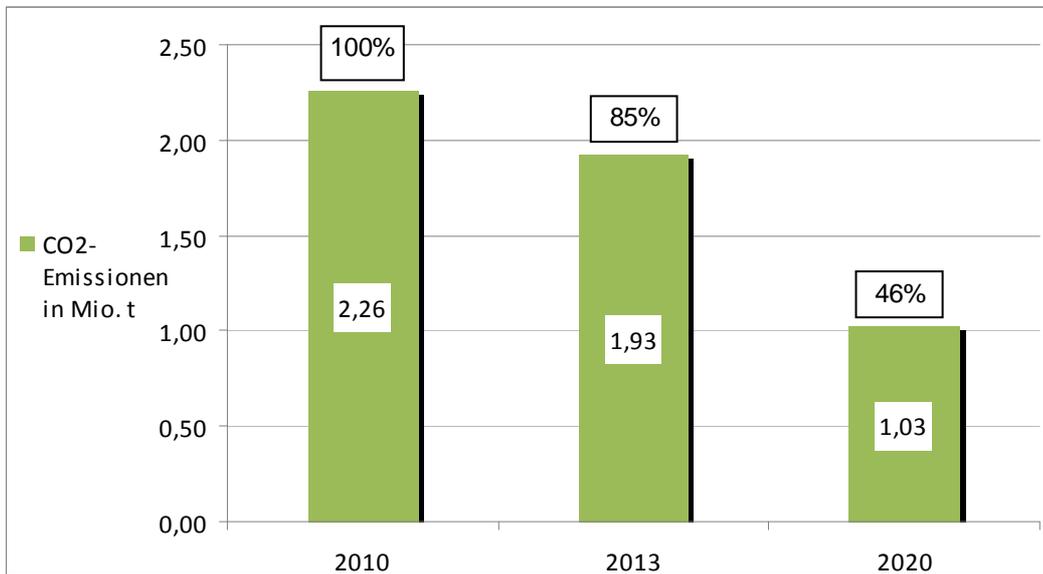


Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Delphi-Befragungen.

Auch mit Blick auf den Klimaschutz hat sich in der vergangenen Dekade eine erhebliche Veränderung bei den arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen vollzogen. Trotz eines Anstiegs der in Nutzung befindlichen Arbeitsplatzcomputer von 26,5 Mio. in 2010 auf 37,5 Mio. in 2020 haben sich die Gesamt-CO₂-Emissionen aus dem Stromverbrauch von Arbeitsplatzcomputern (ohne Monitor) und Terminalservern in Deutschland in den vergangenen zehn Jahren mehr als halbiert und liegen heute noch bei rund 1,03 Mio. t CO₂ pro Jahr. Die erhebliche Reduktion hat zwei zentrale Gründe. Zum einen ist der Strom in Deutschland sauberer geworden. So sanken die CO₂-Emissionen im deutschen Strommix von 580 g/kWh in 2010 auf 480 g/kWh in 2020. Das entspricht einer Reduktion von rund 17 %. Der zweite und noch wichtigere Grund für die Halbierung der CO₂-Emissionen durch die Nutzung von Arbeitsplatzcomputern liegt in der Umsetzung der insgesamt 39 Green IT-Maßnahmen

der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“. Die Initiative „Green Office Computing“ hat mit der Förderung und Umsetzung der Roadmap also nicht nur zur Energie- und Materialeffizienz bei Computerarbeitsplätzen beitragen, sondern auch einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz in Deutschland bewirkt.

Abbildung 12: CO₂-Emissionen durch den Stromverbrauch von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (ohne Monitore, inkl. Rechenzentrumsnutzung) im Szenario Green IT



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Delphi-Befragungen.

9 Nutzen der Roadmap: Unterschiede zwischen BAU- und Green IT-Szenario

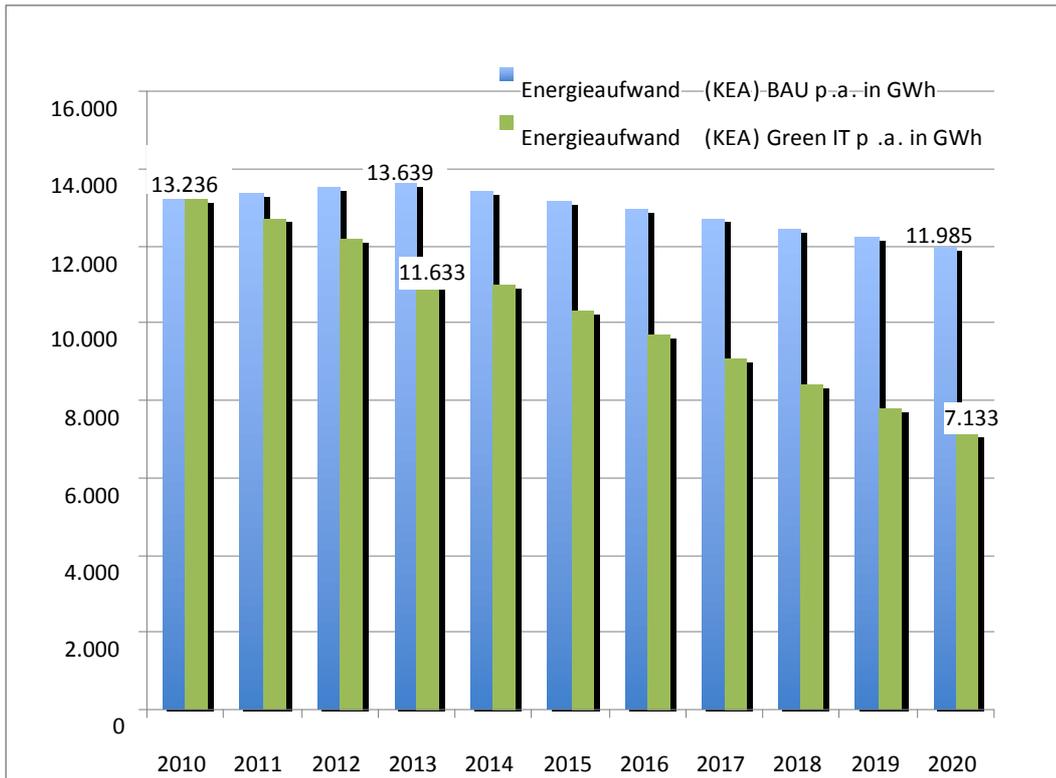
Das im vorangegangenen Kapitel vorgestellte Green IT-Szenario unterscheidet sich vom BAU-Szenario dadurch, dass es von der Umsetzung der in Kapitel 7 vorgestellten Roadmap ausgeht.⁸ Die Wirkung der Roadmap-Maßnahmen bildet sich also als Differenz zwischen BAU- und Green IT-Szenario ab. Nicht alle Wirkungen der Roadmap-Maßnahmen können quantifiziert werden. Daher wurden in die Wirkungsabschätzung nur jene Maßnahmen aufgenommen, deren Wirkung auf Basis von Expertenurteilen und Workshops hinreichend plausibel und begründet abgeschätzt werden konnte. Um den Effekt der nicht quantifizierbaren Maßnahmen zumindest näherungsweise einzubeziehen, wurden zusätzliche Substitutionen von PC durch energie- und materialeffiziente Arbeitsplatzcomputer angenommen. Diese wurden sehr „konservativ“ mit 20 % der Summe der quantifizierbaren Wirkungen abgeschätzt.

Im Folgenden werden die Unterschiede zwischen BAU- und Green IT-Szenario vorgestellt. Sie drücken aus, welchen Nutzen die Umsetzung der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ hat. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die tatsächlichen Wirkungen einer Roadmap-Umsetzung noch deutlich größer sein können, als sie hier zahlenmäßig ausgedrückt werden können. Dies liegt zum einen daran, dass nicht alle Wirkungen der einzelnen Roadmap-Maßnahmen ohne weiteres quantifiziert werden können, zum anderen aber auch daran, dass die möglichen wechselseitigen Verstärkungseffekte der Realisierung von Einzelmaßnahmen nicht verlässlich prognostiziert werden können. Insofern basieren folgenden Darstellungen des Nutzens einer Roadmap-Umsetzung auf „konservativen“ Annahmen und sind eher als Darstellung von Mindesteffekten zu verstehen.

Während in einem Business as usual-Szenario der jährliche kumulierte Energiebedarf (KEA) aller in Deutschland im Einsatz befindlichen Arbeitsplatzcomputer (inkl. Herstellung und Terminalservernutzung, ohne Monitor) von 13.236 GWh in 2010 auf 11.985 GWh nur leicht sinken würde, ermöglicht die Umsetzung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ eine erhebliche Energieeinsparung. Im Green IT-Szenario sinkt der jährliche Energieverbrauch zwischen 2010 und 2020 um rund 45 % (vgl. Abbildung 13).

⁸ Während ein „Szenario“ die Situation zu einem definierten Zeitpunkt in der Zukunft (z. B. im Jahr 2020) darstellt, beschreibt die „Roadmap“ den Entwicklungspfad dorthin.

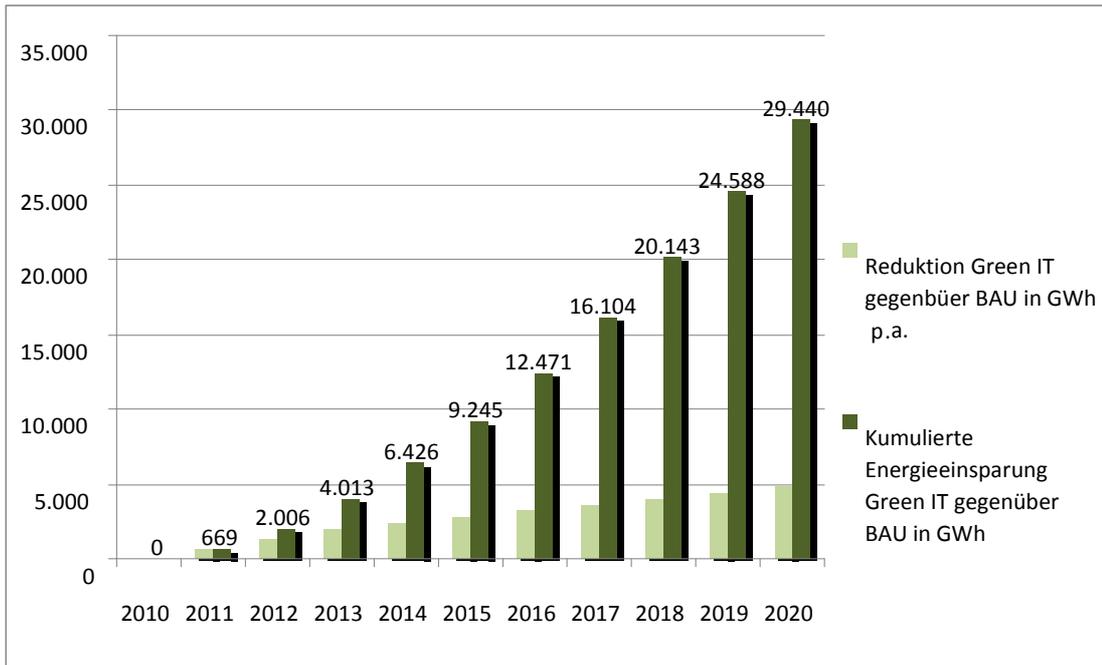
Abbildung 13: BAU- und Green IT-Szenario im Vergleich – Energiebedarf (KEA) von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (inkl. Herstellung und Terminalservernutzung, ohne Monitor)



Quelle: Eigene.

Die jährliche Primärenergieeinsparung (KEA) durch die Umsetzung der Roadmap-Maßnahmen beläuft sich im Jahr 2013 auf 2.006 GWh und beträgt im Jahr 2020 dann 4852 GWh. Betrachtet man den Stromverbrauch der Endgeräte und Server im Jahr 2020, so reduziert sich dieser durch die Umsetzung der Roadmap-Maßnahmen von 3.967 GWh auf 2.137 GWh.

Abbildung 14: Primärenergieeinsparung (KEA) durch die Umsetzung der Roadmap (Green IT-Szenario)

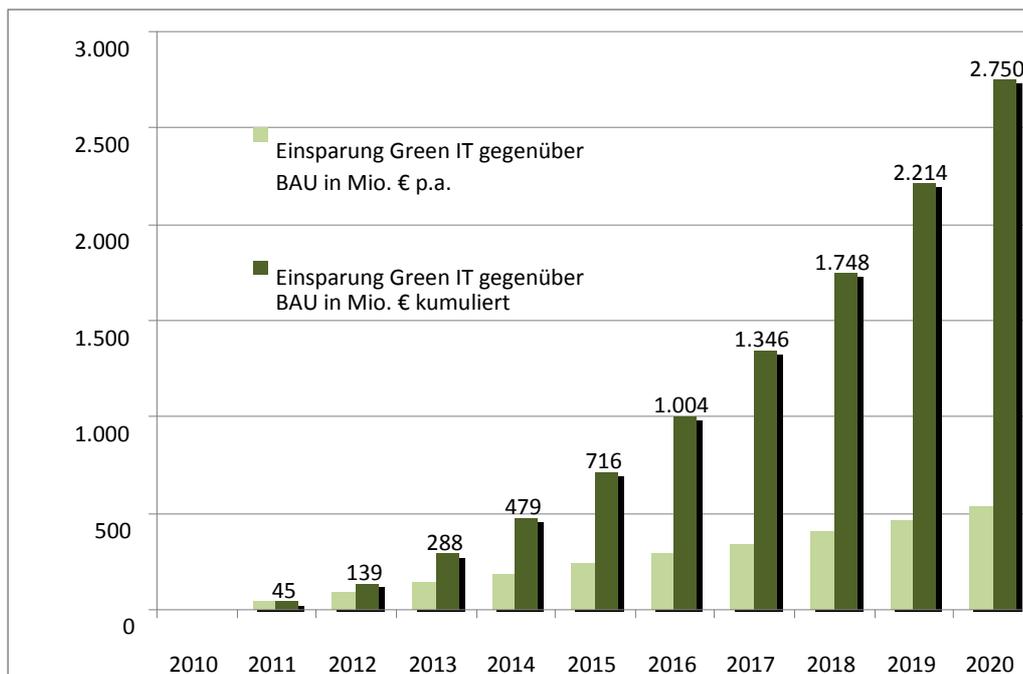


Quelle: Eigene.

Summiert man die jährlichen Primärenergieeinsparungen (KEA) des Green IT-Szenarios auf, so zeigt sich, dass sich bis 2013 eine Gesamtenergiemenge (KEA) von 4 TWh und bis 2020 eine Energiemenge von rund 30 TWh einsparen lassen (vgl. Abbildung 14).

Mit der durch die Umsetzung der Roadmapmaßnahmen bewirkten Stromeinsparung sinken auch die Stromkosten für Arbeitsplatzcomputer und zentrale IT (Terminalserver) erheblich. Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen in Deutschland würden durch den verstärkten Einsatz energieeffizientere Computerlösungen (Mini-PCs, Notebooks, Thin Clients) bis 2020 Stromkosten von rund 2,75 Mrd. € einsparen (vgl. Abbildung 15).

Abbildung 15: Einsparung von Stromkosten⁹ durch Umsetzung der Roadmap (Green IT-Szenario)

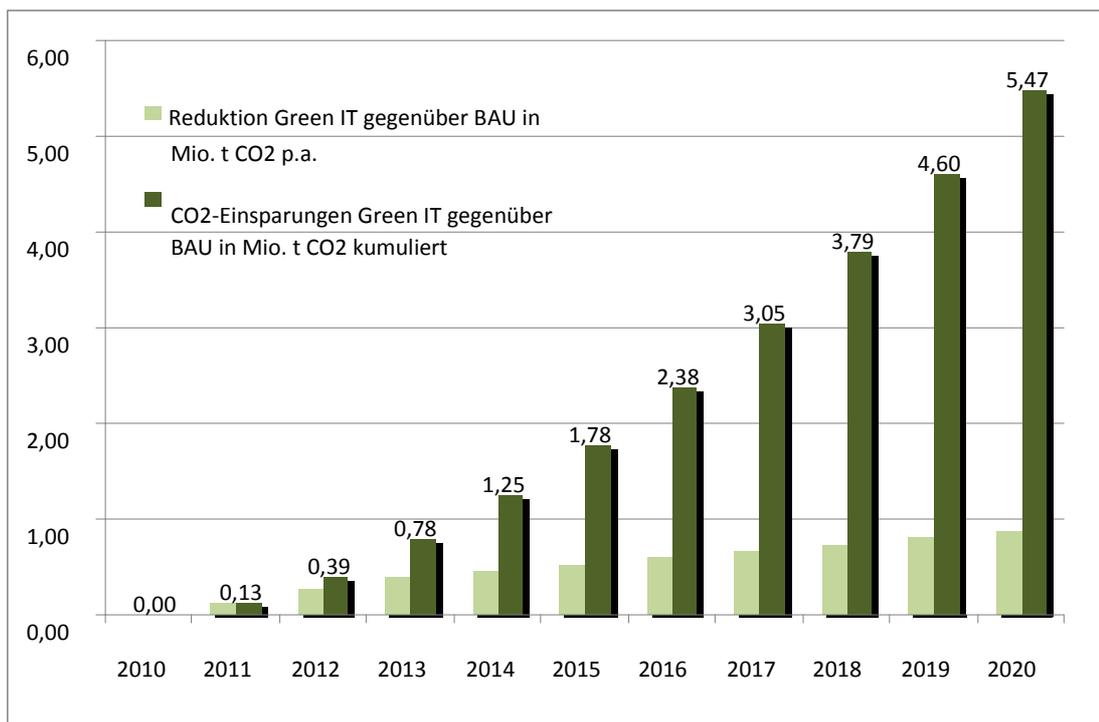


Quelle: Eigene.

Die Umsetzung der Roadmap bringt auch erhebliche Vorteile für den Klimaschutz. So zeigen die Berechnungen zu den Effekten der Roadmap-Maßnahmen, dass sich durch deren Umsetzung bis zum Jahr 2020 insgesamt rund 5,5 Mio. t CO₂ einsparen lassen.

⁹ Bei der Berechnung der Stromkosten wurden von einem durchschnittlichen Strompreis bei gewerblichen Kunden von 0,18 €/kWh in 2010 und einem Preisanstieg von 5 % p.a. in den Folgejahren ausgegangen.

Abbildung 16: Reduzierung von CO₂-Emissionen durch die Umsetzung der Roadmap (Green IT-Szenario)



Quelle: Eigene.

Die Roadmap umfasst insgesamt 39 Maßnahmen in acht Maßnahmenbereichen, wobei sich nur sechs Maßnahmenbereiche in ihren Auswirkungen auf Energieverbrauch, Stromkosten, CO₂-Emissionen und Materialeinsatz quantifizieren lassen. Der Maßnahmenbereich „Gründung einer Initiative Green Office Computing“ als institutionelle Plattform für die Umsetzung der Roadmap ist von grundlegender Bedeutung für den ökologischen und ökonomischen Erfolg der Roadmap, kann allerdings aufgrund seiner indirekten Wirkung auf die Energie- und Materialeinsparung nicht quantifiziert werden. Auch der Maßnahmenbereich „Geschäftsmodelle“ ist von zentraler Bedeutung für die Diffusion energie- und materialeffizienter Computerlösungen, kann in seinen Auswirkungen derzeit allerdings ebenfalls noch nicht wissenschaftlich fundiert quantifiziert werden. Die jeweiligen Beiträge der verbleibenden sechs Maßnahmenbereiche der Roadmap auf den Energieeinsparung, CO₂-Reduktion und Stromkosteneinsparung sind in Tabelle 20 dargestellt. Die Maßnahmenfelder „Bildung und Qualifizierung“ und „Gewerkschaften, Betriebs- und Personalräte“ wurden in der Darstellung zusammengefasst.

Tabelle 20: Energie-, CO₂- und Stromkostenreduktion durch die verschiedenen Roadmap-Maßnahmenbereiche

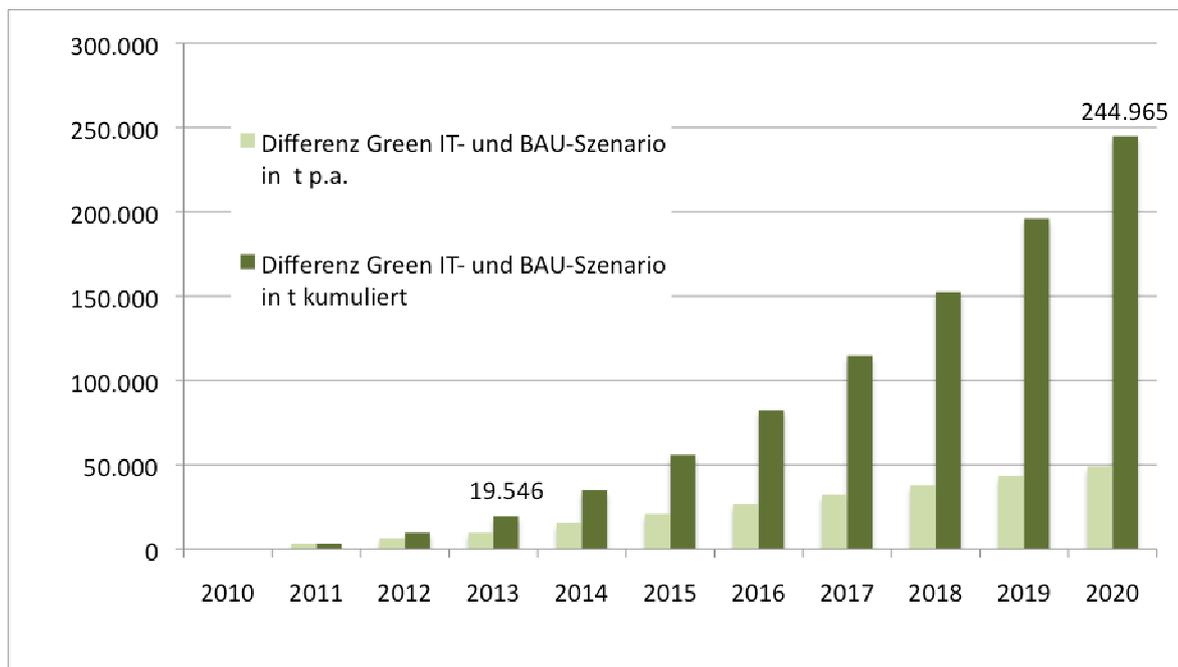
Roadmap-Maßnahmenbereich	Einsparung Green IT gegenüber BAU	2013	2020
Informationskampagne „Green Office Computing“	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	350	3.779
Leuchtturmprojekte	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	115	1.650
Bildung, Qualifizierung und Arbeitnehmervertretung	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	173	1.756
Technologieentwicklung und Standards	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	2.560	13.862
Der Staat als IT-Anwender und Förderer	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	1.168	10.513
Gesamt (alle Roadmap-Maßnahmenbereiche)¹⁰	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	4.013	29.440
Informationskampagne „Green Office Computing“	CO ₂ -Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	57.960	606.140
Leuchtturmprojekte	CO ₂ -Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	18.329	255.982
Bildung, Qualifizierung und Arbeitnehmervertretung	CO ₂ -Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	28.626	282.506
Technologieentwicklung und Standards	CO ₂ -Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	512.184	2.697.376
Der Staat als IT-Anwender und Förderer	CO ₂ -Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	242.317	2.135.223
Gesamt (alle Roadmap-Maßnahmenbereiche)¹⁰	CO₂-Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	784.925	5.474.801
Informationskampagne „Green Office Computing“	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	21	315
Leuchtturmprojekte	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	7	135
Bildung, Qualifizierung und Arbeitnehmervertretung	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	11	146
Technologieentwicklung und Standards	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	188	1.308
Der Staat als IT-Anwender und Förderer	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	89	1.097
Gesamt (alle Roadmap-Maßnahmenbereiche)¹⁰	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	288	2.750

Quelle: Eigene.

Das Vorhaben „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“, in welches das Roadmapping-Projekt „Thin Client & Server Based Computing“ eingebettet ist, zielt nicht nur auf die Steigerung der Energieeffizienz, sondern vor allem auch auf die Verbesserung der Materialeffizienz und die Ressourcenschonung. Wie Abbildung 17 zeigt, trägt die Umsetzung der Roadmap zu einer erheblichen Materialeinsparung bei. Bis zum Jahr 2020 würden allein bei den Arbeitsplatzcomputern und Terminalservern knapp 245.000 t an Material eingespart. Bei dieser Berechnung wurden lediglich die Gewichtsreduzierungen bei den Endprodukten (Arbeitsplatzcomputer und Terminalserver) berücksichtigt. Würde man zusätzlich auch noch die damit verbundenen Veränderungen beim Material- und Rohstoffeinsatz entlang des Produktlebensweges berücksichtigen, lägen die Zahlen wesentlich höher. Eine Berechnung der Veränderung beim Rohstoffverbrauch konnte aber mangels verfügbarer Daten zum kumulierten Rohstoffaufwand nicht vorgenommen werden (vgl. dazu Fußnote 5).

¹⁰ Die Effekte einer Umsetzung aller Maßnahmenbereiche ist nicht identisch mit der Summe der Umsetzung einzelner Maßnahmenbereiche, da sich die einzelnen Maßnahmenbereiche bei gleichzeitiger Umsetzung gegenseitig beeinflussen und z. T. in ihrer Wirkung reduzieren.

Abbildung 17: Materialeinsparung bei Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (inkl. Terminalserveranteile, ohne Monitor) durch die Umsetzung der Roadmap (Green IT – Szenario)



Quelle: Eigene.

Wie Tabelle 21 zeigt, tragen alle Maßnahmenbereiche der Roadmap in erheblichem Maße zur Materialeinsparung bei. Die relativ größte Wirkung würde vom Maßnahmenbereich Technologieentwicklung und Standards ausgehen und damit von einem Bereich, der in erster Linie durch die F&E-Eigenanstrengungen der IT-Hersteller geprägt ist. Weiterhin haben die Maßnahmenbereiche eine hohe Wirkung, die primär dazu führen, dass weniger materialintensive PCs eingesetzt werden - also zu einer Veränderung des Nutzerverhaltens führen, wie die Informationskampagne „Green Office Computing“ oder „Bildung, Qualifizierung und Arbeitnehmervertretung“.

Tabelle 21: Beitrag verschiedener Roadmap-Maßnahmenbereiche zur Materialeinsparung

Roadmap-Maßnahmenbereich	Einsparung Green IT gegenüber BAU	2013	2020
Informationskampagne „Green Office Computing“	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	6.057	69.531
Leuchtturmprojekte	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	1.919	28.037
Bildung, Qualifizierung und Arbeitnehmervertretung	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	2.971	31.864
Technologieentwicklung und Standards	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	7.195	101.393
Der Staat als IT-Anwender und Förderer	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	1.239	12.543
Gesamt (alle Roadmap-Maßnahmenbereiche)	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	19.546	244.965

Quelle: Eigene.

Die folgende Tabelle 22 gibt noch einmal einen Überblick der Wirkungen, die von der Umsetzung der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computertlösungen 2020“ ausgeht.

Tabelle 22: Nutzen der Roadmap: Unterschiede zwischen BAU- und Green IT-Szenario

Einsparung Green IT gegenüber BAU	2010	2013	2020
Energiebedarf (KEA) BAU p.a. in GWh	13.236	13.639	11.985
Energieverbrauch Green IT p.a. in GWh	13.236	11.633	7.133
Reduktion Green IT gegenüber BAU in GWh p.a.	0	2.006	4.852
Kumulierte Energieeinsparung Green IT gegenüber BAU in GWh		4.013	29.440
Stromkosten für gewerbliche Kunden netto in € (Preisanstieg 5 % p.a.)	0,18	0,21	0,29
Stromkosten BAU-Szenario in Mio. €	702	879	1.163
Stromkosten Green IT-Szenario in Mio. €	702	730	627
Einsparung Green IT gegenüber BAU in Mio. €	0	149	536
Einsparung Green IT gegenüber BAU in Mio. € kumuliert		288	2.750
BAU-Szenario: Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO ₂ äq. p.a. in t	2.262.888	2.319.490	1.903.978
BAU-Szenario: Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO ₂ äq. p.a. in t	2.262.888	1.927.027	1.025.856
Reduktion Green IT gegenüber BAU in t CO ₂ p.a.	0	392.463	878.122
CO ₂ -Einsparungen Green IT gegenüber BAU in t CO ₂ kumuliert		784.925	5.474.801
Materialeinsatz BAU-Szenario in t p.a.	137.211	135.932	134.303
Materialeinsatz Green IT-Szenario in t p.a.	137.211	126.159	85.277
Differenz Green IT- und BA-Szenario in t p.a.	0	9.773	49.025
Differenz Green IT- und BAU-Szenario in t kumuliert		19.546	244.965

Quelle: Eigene

10 Projekteigene Datenquellen

- Clausen, J. (2009): Technologische, marktbezogene und politische Trends mit Einfluss auf die Entwicklung des Thin Client & Server Based Computing, Arbeitspapier im Rahmen „Roadmapping-Projektes „Thin Client & Server Based Computing: Entwicklung von Leitmärkten für ressourceneffiziente IKT-Nutzung“, Berlin.
- Clausen, J.; Fichter, K. (2010): Optionen des ressourceneffizienten Computereinsatzes in kleinen Dienstleistungsunternehmen, Sektorstudie im Rahmen „Roadmapping-Projektes „Thin Client & Server Based Computing: Entwicklung von Leitmärkten für ressourceneffiziente IKT-Nutzung“, Berlin.
- Clausen, J.; Fichter, K. (2009): Ressourceneffiziente IT in Schulen. Optionen des energie- und materialeffizienten Einsatzes von Informationstechnik. Ratgeber herausgegeben vom Umweltbundesamt. Online unter www.uba.de. Auch publiziert als: Clausen, J.; Fichter, K. (2010): Ressourceneffiziente IT in Schulen. Optionen des energie- und materialeffizienten Einsatzes von Informationstechnik. MaRes Paper 9.1. Online unter <http://ressourcen.wupperinst.org>.
- Clausen, J.; Fichter, K. & Hintemann, R. (2009): Hemmnisse der Umsetzung des Thin Client & Server Based Computing, Eine Zusammenfassung bisheriger Erkenntnisse aus dem MaRes-Roadmapping-Projekt „Thin Client & Server Based Computing“, Berlin, Stand: 11.09.2009.
- Fichter, K. (2010): Ergebnisse einer Befragung von Bundesbehörden zum Thema Thin Client & Server Based Computing, Foliensatz im Rahmen „Roadmapping-Projektes „Thin Client & Server Based Computing: Entwicklung von Leitmärkten für ressourceneffiziente IKT-Nutzung“, Berlin, Stand: August 2010.
- Fichter, K.; Clausen, J. (2008): Diskussionspapier „Ressourceneffizienzpotenzial Thin Client & Server Based Computing. Eine Potenzialanalyse als Grundlage für die Auswahl von Leitmärkten der Ressourceneffizienz in AP9 des MaRes-Vorhabens, Berlin, 01.07.2008.
- Fichter, K.; Clausen, J. (2008): Computerausstattung nach Marktsegmenten 2007 und Potenziale für Thin Clients bis 2015, Arbeitspapier vom 11.09.2008, Berlin.

11 Weitere Datenquellen

Clausen, J.; Fichter, K. & Hintemann, R. (2009): Diskussionspapier: Ökologische Bewertung des Thin Client & Server Based Computing, Berlin.

eco – Verband der deutschen Internetwirtschaft e.V. (2009): Bestandsaufnahme effiziente Rechenzentren in Deutschland.

Fichter, K.; Clausen, C. & Eimertenbrink, M.; herausgegeben vom BMU (2009): Energieeffiziente Rechenzentren - Best-Practice Beispiele aus Europa, USA und Asien, 2. Auflage Berlin.

Fichter, K.; Beucker, S.; Clausen, J. & Hintemann, R. (2009): Vorstudie für IKT-bezogene Förderungen im ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramm sowie im UIP-Förderschwerpunkt „IT goes green“. Unveröffentlichte Studie für das Green IT Beratungsbüro bei BITKOM, Berlin.

Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) in Kooperation mit Fraunhofer Institut für System und Innovationsforschung (ISI) (2009): Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft, Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin, Karlsruhe, Dezember 2008.

Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT (2008): Ökologischer Vergleich der Klimarelevanz von PC und Thin Client Arbeitsplatzgeräten 2008, Oberhausen.

IDC (2009a): IDC EMEA Thin Client Tracker Q2, August 2009.

IDC (2009b): IDC Q2 2009 Enterprise Thin Client Q-View, September 2009.

Hintemann, R.; Fichter, K. (2010): Materialbestand der Rechenzentren in Deutschland, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.

Standard Performance Evaluation Corporation (Nov. 2009): All Published SPECpower_ssj2008 Results. Online unter http://www.spec.org/power_ssj2008/results/power_ssj2008.html

TCO-Development, IVL, IVF (2007): Lot 3 Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors Final Report (Task 1-8). Studie für die European Commission DG TREN. Preparatory studies for Eco-design Requirements of EuPs. (Contract TREN/D1/40-2005/LOT3/S07.56313).

12 Anhang: Fragebögen und Ergebnisse der Delphi-Befragungen

Fragebogen und Ergebnisse zu Bestands- und Marktzahlen bei Computerendgeräten in Büros in Deutschland bis 2020



Ergebnisse der Delphi-Befragung

Marktzahlen Computerendgeräte in Deutschland bis 2020

Schlussfolgerungen von Borderstep (Zahlen, die für die Szenarien herangezogen werden) in Blau

Sehr geehrte Damen und Herren,

vielen Dank für Ihre Teilnahme an der ersten Runde der Delphi-Befragung. Parallel zu Ihnen haben drei weitere Experten geantwortet. Sie erhalten hier die Antworten aller Experten in anonymisierter Form und können auf dieser Basis Ihre Einschätzung noch einmal prüfen und ggf. verändern. Bitte schicken Sie uns Ihre Einschätzung bis zum **22. Januar 2010** abermals zurück. Seitens des Borderstep Instituts werden wir die Antworten auswerten und zusammenfassen und Ihnen abschließend die Ergebnisse zur Verfügung stellen.

Ihre Antworten bleiben anonym. Die gebündelten Antworten und Einschätzung werden wir im Rahmen von Szenarien zum Thema „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ verwenden, die im Sommer 2010 veröffentlicht werden und die wir Ihnen dann gerne zur Verfügung stellen.

Für Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung (Tel. 030.306 45-1000, fichter@borderstep.de).

Mit besten Grüßen

PD Dr. Klaus Fichter, Borderstep Institut, Berlin

Bestandszahlen Computerendgeräte in Büros in Deutschland

Nach Berechnungen des Borderstep Instituts waren im Jahr 2007 in Deutschland insgesamt rund 24,5 Mio. Computerendgeräte in Büros im Einsatz (ohne Privathaushalte). Die Gesamtzahl der in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen (Schulen/Hochschulen) installierten Geräte setzte sich in 2007 zusammen aus 13,0 Mio. Desktop-PCs, 10,8 Mio. Notebooks und knapp 0,7 Mio. Thin Clients. Da hier Computerlösungen für den stationären Büroeinsatz im Mittelpunkt stehen, werden PDAs, Smart Phones usw. nicht betrachtet.

Frage 1: Wie wird sich Ihrer Meinung die Gesamtzahl installierter Computerendgeräte in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen (Schulen, Hochschulen) bis 2020 in Deutschland entwickeln? (ohne Privathaushalte)

Anzahl installierter Computerendgeräte in Büros (Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen) in Deutschland in Stück				
	2007	2010	2013	2020
Computerendgeräte insgesamt (Desktop-PCs, Mini- PCs, Notebook, Thin Clients)	24,5 Mio.	27,0 Mio. (E1) 27,0 Mio. (E2) 26,8 Mio. (E3) 25,5 Mio. (E4) 26,5 Mio.	30,0 Mio. (E1) 28,5 Mio. (E2) 30,4 Mio. (E3) 26,5 Mio. (E4) 30,0 Mio.	36,0 Mio. (E1) 35,0 Mio. (E2) 37,0 Mio. (E3) 28,5 Mio. (E4) 37,5 Mio.

Frage 2: Was wird die Entwicklung der Gesamtanzahl an Computerendgeräte in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen in Deutschland am stärksten beeinflussen? - Nennen Sie mindestens drei zentrale Einflussfaktoren und vermerken Sie, ob dieser eher zur Erhöhung des Bestandes an Computerendgeräten beiträgt oder zur Verringerung.

Experte 1: Einflussfaktor	Trägt zur <u>Erhöhung</u> des Bestandes bei	Trägt zur <u>Verringerung</u> des Bestandes bei
1. Zunehmende Mobilität	X	
2. PC (+Applikations)-Virtualisierung (zentral bereitgestellter Rechenleistung)	X	X
3. Trend zu kleineren Formfaktoren („kleiner, leichter, dünner“)	X	
4. Sinkende Preise	X	
5. Ausbau des mobilen Netzes	X	
6. „Ressourcen schonen“ (Energieeffizient/CO ₂ -neutral)		X
Experte 2: Einflussfaktor	Trägt zur <u>Erhöhung</u> des Bestandes bei	Trägt zur <u>Verringerung</u> des Bestandes bei

1. erhöhte Mobilität – Notebook als Zweitgerät	+	
2. alle Arbeitsplätze/Schulen verfügen über IT-Anwendungen	+	
3. neue Anwendungen/bessere Bandbreiten/Ausstattung der Fläche mit UMTS o.ä.	+	
Weitere:		
Experte 3: Einflussfaktor	Trägt zur <u>Erhöhung</u> des Bestandes bei	Trägt zur <u>Verringerung</u> des Bestandes bei
1.	Investitionen im Bildungsbereich	
2.	Sinkende Anschaffungskosten	
3.	Weitere Digitalisierung	
Weitere:		
Experte 4: Einflussfaktor	Trägt zur Erhöhung des Bestandes bei	Trägt zur Verringerung des Bestandes bei
1. Weitere Computerisierung von Arbeitsplätzen, die bislang ohne Computer auskamen, z. B. im Handel und im Handwerk	X	
2. Weitere Rückgang von Industrie-arbeitsplätzen (sekundärer Sektor) zu Gunsten von Dienstleistungsarbeitsplätzen (tertiärer Sektor) mit Computern	X	
3. Strukturelle Verschiebungen innerhalb des Sekundären Sektors (Rückgang der Beschäftigten in Bereichen mit geringer Computerquote wie z.B. „Bau“ zu Gunsten von Bereichen mit höherer Computerquote	X	
Weitere: Allgemeiner Rückgang der Anzahl Beschäftigter in der Bundesrepublik		X

Im Folgenden werden nun nicht mehr die Bestandszahlen an Computerendgeräten, sondern die Verkaufszahlen betrachtet!

Nach Marktzahlen von TechConsult und IDC wurden im Jahr 2008 in Deutschland an Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen 2,61 Mio. PCs, 2,81 Mio. Notebooks und rund 0,32 Mio. Thin Clients verkauft (ohne Privathaushalte). Da Mini-PCs erst in jüngster Zeit am Markt verfügbar sind, können für diese Geräteklasse für 2008 noch keine Verkaufszahlen genannt werden.

Frage 3a: Wie werden sich die Verkaufszahlen von Computerendgeräten in Deutschland bis 2020 entwickeln? Bitte schätzen Sie die Zahlenwerte.

Endgerätetyp	Verkaufszahlen Computerendgeräte an Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen in Deutschland in Stück			
	2008	2010	2013	2020
Desktop-PC	2,61 Mio.	2,3 Mio. (E1) 2,0 Mio. (E2) 2,5 Mio. (E3) 2,2 Mio. (E4) 2,3 Mio.	1,8 Mio. (E1) 1,5 Mio. (E2) 2,2 Mio. (E3) 1,8 Mio. (E4) 2,0 Mio.	1,0 Mio. (E1) 1,0 Mio. (E2) 1,5 Mio. (E3) 1,1 Mio. (E4) 1,5 Mio.
Mini-PC / Nettop	---	0,15 Mio. (E1) 0,10 Mio. (E2) 0,10 Mio. (E3) 0,15 Mio. (E4) 0,15 Mio.	0,4 Mio. (E1) 0,2 Mio. (E2) 0,2 Mio. (E3) 0,2 Mio. (E4) 0,25 Mio.	0,8 Mio. (E1) 0,4 Mio. (E2) 0,6 Mio. (E3) 0,45 Mio. (E4) 0,6 Mio.
Notebook (Netbooks /Smartbooks)	2,81 Mio.	3,2 Mio. (E1) 3,0 Mio. (E2) 3,2 Mio. (E3) 3,2 Mio. (E4) 3,2 Mio.	3,8 Mio. (E1) 3,3 Mio. (E2) 3,9 Mio. (E3) 3,6 Mio. (E4) 3,7 Mio.	5,0 Mio. (E1) 3,7 Mio. (E2) 4,7 Mio. (E3) 4,5 Mio. (E4) 4,7 Mio.
Thin Client	0,32 Mio.	0,45 Mio. (E1) 0,6 Mio. (E2) 0,4 Mio. (E3) 0,35 Mio. (E4) 0,4 Mio.	0,8 Mio. (E1) 1,0 Mio. (E2) 0,6 Mio. (E3) 0,45 Mio. (E4) 0,6 Mio.	1,4 Mio. (E1) 1,4 Mio. (E2) 1,1 Mio. (E3) 0,95 Mio. (E4) 1,0 Mio.

Frage 3b: Worauf stützen Sie Ihre Schätzung? (Prognosen von Marktforschungseinrichtungen, Trends, Kundenanforderungen, technische Potenziale etc.)

Experte 1

1. Prognosen von Marktforschungsinstituten
2. Markttrends und Entwicklungen von IT-Technologien und -Produkten
3. Historische Entwicklungen

Experte 2

1. technische Potentiale des Thin Client/Notebooks/Nettops
2. Verfügbarkeit der Applikationen im Netz/Firmennetz und damit mobil
3. Kundenanforderungen

Experte 3

1. Trends (hin zu mobilen, kostengünstigen Geräten; weitere Digitalisierung der Geschäftsprozesse; Stärkere PC-Nutzung in Schulen)
2. Kundenanforderungen

Experte 4

1. Gartner Dataquest Insight: Desk-Based PC Form Factor Evolution Forecast, 2010-2014, 21 December 2009
2. Gartner Dataquest Telebriefing: EMEA State of the Market, PC Industry Insights, 2Q094 August 2009
3. Gartner Forecast: PCs, EMEA, June 2009 Update 8 June 2009
4. IDC Q1 2009 Enterprise Thin Client Forecast Pivot Table
5. Eigene Hochrechnungen

Frage 4: Welche aktuellen oder zukünftigen Trends bestimmen die Verkaufszahlen der jeweiligen Endgerätypen?

Experte 1	Bei welchen Endgeräten erhöhen sich dadurch die Verkaufszahlen (plus)	Bei welchen Endgeräten vermindern sich dadurch die Verkaufszahlen (minus)
1. Zunehmende Mobilität	Notebooks/Netbooks	Desktops, stationäre Geräte
2. Trend zu kleineren Formfaktoren, d. h. „kleiner, leichter, dünner“	Notebooks/Netbooks („Smart-Books“), Nettops, Mini-PCs	Desktops
3. PC-Virtualisierung mit zentral bereitgestellter Rechenleistung	Thin Clients, Mobile PCs, Nettops, Mini-PC	Desktops
4. Sinkende Preise	Alle	
5. „Ressourcen schonen“ (Energieeffizienz und CO ₂ -neutral)	Thin Clients, Nettops, Mini-PC	Desktops
6. Ausbau des mobilen Net-	Notebooks/Netbooks („	Stationäre Geräte

zes	Smart-Books“)	
Experte 2	Bei welchen Endgeräten erhöhen sich dadurch die Verkaufszahlen (plus)	Bei welchen Endgeräten vermindern sich dadurch die Verkaufszahlen (minus)
Trend 1: erhöhte Mobilität	Notebook	
Trend 2: Applikation auf Servern verfügbar	Notebook/Thin Client/Nettop	Desktop-PC
Trend 3: schnellere Bandbreiten flächendeckend zur Verfügung	Notebook/Thin Client/Nettop	Desktop-PC
Weitere: neue Dienste	Notebook/Thin Client	
Experte 3	Bei welchen Endgeräten erhöhen sich dadurch die Verkaufszahlen (plus)	Bei welchen Endgeräten vermindern sich dadurch die Verkaufszahlen (minus)
Trend 1: Mobile, Kostengünstige Geräte	Alle außer Desktop-PC	Desktop-PC
Trend 2: Digitalisierung	Alle	
Trend 3: PCs an Schulen	Alle außer Desktop-PC	
Weitere:		
Experte 4	Bei welchen Endgeräten erhöhen sich dadurch die Verkaufszahlen (plus)	Bei welchen Endgeräten vermindern sich dadurch die Verkaufszahlen (minus)
Trend 1: Desktop PCs werden, durch Notebook ersetzt, da Notebooks leistungsfähig und platzsparend und energiesparend sind	+ Notebooks	- PCs
Trend 2: MiniPCs oder Nettops ersetzen PCs	+ Mini PCs und Nettops	- PCs
Trend 3: Thin Clients ersetzen PCs	+ Thin Client	- PC
Weitere: Vorhandene PCs werden durch Thin Client Software zu Thin PCs, dadurch werden weniger neue PCs gekauft	Kein Hardware-Wachstum	- PC

Leistungsaufnahme, Gewicht und Nutzungsdauer von Computerendgeräten bis 2020

Fragebogen

Frage 1: Wie werden sich die Leistungsaufnahme und die durchschnittliche Nutzungsdauer neuer Endgeräte bis 2020 entwickeln? Bitte schätzen Sie die Zahlenwerte für Neugeräte, die in den jeweiligen Jahren verkauft werden und geben Sie jeweils die wichtigsten Faktoren an, die die Entwicklung der Zahlenwerte bestimmen:

Endgerätetyp	Leistungsaufnahme neuer Endgeräte „IDLE“ in Watt (ohne Monitor etc.)			durchschnittliche Nutzungsdauer neuer Endgeräte in Jahren		
	2010	2013	2020	2010*	2013	2020
Desktop-PC				5		
Mini-PC / Nettop				5		
Notebook				4		
Thin Client				8		

*) Ausgangswerte für 2010 auf Basis von Schätzungen im Steuerungskreis des Projektes haben wir bereits eingetragen. Bitte korrigieren, wenn sie die Zahlen anders sehen.

Leistungsaufnahme:

Faktor 1: _____

Faktor 2: _____

Faktor 3:

Nutzungsdauer:

Faktor 1: _____

Faktor 2: _____

Faktor 3:

Frage 2: Wie wird sich das Produktgewicht der Endgerätetypen bis 2020 entwickeln? Bitte schätzen Sie die Zahlenwerte neuer Geräte, die in den jeweiligen Jahren verkauft werden, und geben Sie die zwei wichtigsten Faktoren an, die die Entwicklung der Zahlenwerte bestimmen:

Produktgewicht	Desktop	Mini-PC / Nettop	Notebook	Thin Client
2010 in kg *	8	2	2	1,5
2013 in kg				
2020 in kg				

*) Ausgangswerte für 2010 haben wir auf Basis aktueller Datenblätter von verschiedenen Anbietern bereits eingetragen. Bitte korrigieren, wenn sie die Zahlen anders sehen.

Produktgewicht:

Faktor 1: _____

Faktor 2: _____

Faktor 3:

Frage 3: Wie werden sich die Gewichtsanteile der verschiedenen Komponenten bis 2020 entwickeln? Bitte schätzen Sie die Zahlenwerte und geben Sie die wichtigsten Faktoren an, die die Entwicklung der Zahlenwerte bestimmen:

Gewichtsanteile*	Desktop		Mini-PC / Net-top**		Notebook***		Thin Client	
	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Anteil Elektronikkomponenten in %	11		30		28		22	
Anteil Kunststoffe in %	4		30		28		4	
Anteil Metallteile in %	67		25		22		61	
Anteil Netzteil in %	19		15		8		13	

*) Die Zahlen zu den Gewichtsanteilen basieren auf der EU-Studie „Lot 3 Personal Computers (desktops and laptops)“ sowie auf der Fraunhofer Umsicht Studie zu Thin Clients.

**) Beim Mini-PC haben wir ein Kunststoffgehäuse angenommen, aber es gibt auch Metallvarianten.

***) Die Gewichtsanteile im Notebook summieren sich nicht auf 100%, da das LCD ca. 14% wiegt.

Ausgangswerte für 2010 haben wir bereits eingetragen. Bitte korrigieren, wenn sie die Zahlen anders sehen.

Gewichtsanteile:

Faktor 1: _____

Faktor 2: _____

Faktor 3:

Frage 4: Durch Innovationen kann und wird sich vieles ändern. Welche grundsätzlichen Entwicklungen könnten den Materialeinsatz für oder die Leistungsaufnahme von Computerendgeräten verändern und mit welchen Chancen oder Risiken wären sie verbunden?

Grundsätzliche Entwicklungen bei Computerendgeräten bis 2020 und die damit zusammenhängenden ökologischen Chancen und Risiken:

Entwicklung 1: _____

Entwicklung 2: _____

Entwicklung 3:

Für Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung: Ansprechpartner für Sie ist Dr. Jens Clausen, Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit – Büro Hannover, Hausmannstr. 9-10, 30159 Hannover, Tel.: 0511-1640345, E-Mail: clausen@borderstep.de.

Bitte mailen Sie uns die Antworten auf die Fragen **bis 8. Januar 2010 zurück**. Sie erhalten dann bis 15. Januar 2010 die Antworten der anderen Experten und sollten uns dann bis 22. Januar eine nochmalige Rückmeldung geben.

Ergebnisse generell

Trends Energie und Material

Folgende Trends wurden von den Delphiteilnehmern benannt:

Entwicklung 1: Mehr CPU-Leistung bei weniger Verlustleistung, dadurch kleinere Netzteile.

Entwicklung 2: Miniaturisierung von Komponenten verringert Materialeinsatz und Leistungsaufnahme, aber Geräte werden weniger modular, können schwerer erweitert werden (alles on-board) und müssen bei Defekt ggf. komplett getauscht werden.

Entwicklung 3: Erreichung von Größen- und Effizienzgrenzen bei Technologien, so müssen beispielsweise Schalter und Stecker etc. von Menschen bedienbar sein und können daher nicht unendlich schrumpfen.

Ergebnisse mit Bezug zu Leistungsaufnahme und Nutzungsdauer

Trends Geräte und Betrieb

Folgende Trends wurden von den Delphiteilnehmern benannt:

Entwicklung 1: Zunehmender Anteil Desktopvirtualisierung und SBC

Entwicklung 2: Verstärkter Einsatz von Thin Clients und Nettops

Trends Leistungsaufnahme:

Folgende Trends, die sich anteilig in Richtung auf höhere bzw. niedrigere Leistungsaufnahme auswirken werden, wurden von den Delphiteilnehmern benannt:

Faktoren für geringere Leistungsaufnahme

Faktor 1: Komponenten benötigen immer weniger Strom, z .B. SSD statt Festplatten.

Faktor 2: Ein intelligentes Strommanagement wird häufiger angewendet.

Faktor 3: Der Wirkungsgrad der Netzeile steigt.

Faktoren für höhere Leistungsaufnahme

Faktor 3: Der Leistungshunger bei der Grafik, z. B. durch größere Bildschirme, steigt weiter.

Faktor 4: Gerade im Bereich SBC/SaaS ist der Trend zu beobachten, zur Leistungssteigerung der Remote-Protokolle Rechenaufgaben – insbesondere Grafik und Multimedia – an den Client auszulagern. Die Leistungsaufnahme wird sich daher nicht beliebig senken lassen.

Nutzungsdauer:

Im Kontext der Nutzungsdauer gab es keine Struktur von Trends, die von den Delphiteilnehmern benannt worden wären. Es wurden eher Thesen nebeneinander gestellt, die sich teilweise widersprechen.

These 1: Es gibt kaum Veränderungen der Nutzungsdauern.

These 2: Die Nutzungsdauer wird bei PCs durch das Betriebssystem und die Software-Anforderungen sowie die Abschreibung bestimmt, und bleibt daher unverändert bei ca. 4 bis 5 Jahren.

These 3: Notebooks halten aufgrund gebrauchsbedingtem Verschleiß nur 4 Jahre.

These 4: Für Thin Clients sind 8 Jahre ist bereits eine sehr lange Haltbarkeit für die Komponenten, diese wird daher sicher nicht länger, sollte aber auch nicht kürzer werden.

These 5: Die Nutzungsdauer von Thin Clients passt sich der Mean Time between Failure (MTBF) von 22 Jahren und mehr an.

Zusammenfassung der Daten:

Auf Basis der in der Tabelle dokumentierten, durch die Delphiteilnehmer genannten Zahlenwerte, wurden unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Trends die in der Tabelle aufgeführten Werte für die Weiterarbeit an den Szenarien abgeleitet:

Endgerätetyp	Leistungsaufnahme neuer Endgeräte „IDLE“ in Watt (ohne Monitor etc.)			durchschnittliche Nutzungsdauer neuer Endgeräte in Jahren		
	2010	2013	2020	2010	2013	2020
Desktop-PC (Werte der Teilnehmer)	35	30	25	4	4	4
	60	50	40	5	5	5
	65	55	45	5	5	5
	90	85	70	5		5
	5			5		
Wert für die Szenarien	65	55	45	5	5	5
Mini-PC / Net-top (Werte der Teilnehmer)	30	20	15	4	4	4
	30	25	20	5	5	5
	35	30	25	5	6	6
				5		
			5			
Wert für die Szenarien	30	25	20	5	5	5
Notebook (Werte der Teilnehmer)	25	20	15	4	4	4
	30	20	15	4	4	4
	35	25	20	4	4	4
				4		
Wert für die Szenarien	30	20	15	4	4	4
Thin Client (Werte der Teilnehmer)	4	3	2	4	4	4
	10	8	6	8	8	8
	15	10	8	8	8	8
	15	10	8	8	8	8

	15	12	10	12	16	20
Wert für die Szenarien	12	9	7	8	8	8

Ergebnisse mit Bezug zum Produktgewicht

Folgende Trends, die sich anteilig in Richtung auf ein höheres bzw. niedrigeres Produktgewicht auswirken werden, wurden von den Delphiteilnehmern benannt:

Faktoren leichter

Faktor 1: Es ist mit fortschreitender Miniaturisierung der Halbleiter und Kabelverbinder zu rechnen.

Faktor 2: Immer mehr Komponenten werden on-board integriert und damit nicht mehr modular austauschbar sein.

Faktor 3: Es werden zunehmend SSD statt Festplatten verwendet.

Faktor 4: Langfristig werden die Netzteile kleiner und leichter.

Faktoren schwerer

Faktor 1: Notebooks mit größeren Displays >15" liegen im Trend. Schwerere Akkus (mehr Laufzeit) und Laufwerke (blue ray) bestimmen bei Notebooks das Gewicht.

Faktor 2: Desktops werden kurzfristig in 2013 nicht leichter, die Grafikleistung steigt und überkompensiert CPU Optimierung

Zusammenfassung der Daten:

Auf Basis der in der Tabelle dokumentierten, durch die Delphiteilnehmer genannten Zahlenwerte, wurden unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Trends die in der Tabelle aufgeführten Werte für die Weiterarbeit an den Szenarien abgeleitet:

	Desktop	Mini-PC / Nettop	Notebook	Thin Client
2010 in kg	8	2	2	0,28
(Werte der Teilnehmer)	8	2	2	1,5
	8	2	2	1,5
	8	2	3,5	1,5
				1,5
Wert für die Szenarien	8	2	2,2	1,5

2013 in kg	7	1,5	1,5	0,21
(Werte der Teilnehmer)	7	1,5	1,5	1
	8	1,7	1,9	1,2
	8	2	3	1,4
				1,5
Wert für die Szenarien	7,5	1,7	1,9	1,2
2020 in kg	5	1,5	1,3	0,18
(Werte der Teilnehmer)	6	1,5	1,5	0,8
	6	1,5	1,8	1
	6	2	3	1
				1
Wert für die Szenarien	6	1,5	1,7	1

Ergebnisse mit Bezug zu den Gewichtsanteilen

Folgende Faktoren, die sich auf die Anteil der verschiedenen Materialklassen in den Geräten auswirken werden, wurden von den Delphiteilnehmern benannt:

Faktor 1: Es kommt zu einer Abnahme der Elektronikkomponentenanteile durch höhere Integration der Bauteile.

Faktor 2: Der Anteil der Metallteile geht bauartbedingt zurück. Die Substitution von Metall durch Kunststoffverwendung und durch kleinere Gehäuse bedingt einen geringeren Metallanteil.

Faktor 3: Der Plastikanteile an den Gehäusen steigt.

Faktor 4: Obwohl die Netzteile kleiner werden, steigt Ihr Gewichtsanteil, da die übrigen Metallteile weniger werden und der Plastikanteil steigt. Durch neue Netzteiltechnologien verschieben sich Gewichtsanteile beim Ultra Thin Client.

Zusammenfassung der Daten:

Auf Basis der in der Tabelle dokumentierten, durch die Delphiteilnehmer genannten Zahlenwerte, wurden unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Trends die in der Tabelle aufgeführten Werte für die Weiterarbeit an den Szenarien abgeleitet:

	Desktop		Mini-PC / Nettop		Notebook		Thin Client	
Gewichtsanteile	Desktop		Mini-PC / Nettop		Notebook		Thin Client	
	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Anteil Elektronikkomponenten in % (Werte der Teilnehmer)	11	10 15 20 31	30	25 25 30	28	25 28 30	10	20 20 25 30 31
Wert für die Szenarien	11	20	30	25	28	28	22	25
Anteil Kunststoffe in % (Werte der Teilnehmer)	4	4 5 10 25	30	30 30 32	28	28 29 30	4	4 5 20 30 30
Wert für die Szenarien	4	10	30	30	28	28	10	20
Anteil Metallteile in % (Werte der Teilnehmer)	67	45 50 50 67	25	25 27 30	22	15 22 22	15	10 20 30 55 62
Wert für die Szenarien	67	50	25	30	22	22	55	35
Anteil Netzteil in % (Werte der Teilnehmer)	19	15 15 19 20	15	15 15 16	8	8 10 9	13	10 13 15 20 50
Wert für die Szenarien	18	20	15	15	8	8	13	20

Anmerkung: Beim Notebook addieren sich die Werte nicht zu 100%, da noch der Bildschirm dazu kommt, der hier aber nicht mit betrachtet wurde.

Formen der Softwarebereitstellung für arbeitsplatzbezogene Computerlösungen bis 2020

Fragebogen

Frage 1: Wie wird sich die Softwarebereitstellung für die verschiedenen Endgerätetypen bis 2013 und bis 2020 entwickeln? Bitte schätzen Sie die Zahlenwerte und geben Sie jeweils die wichtigsten Faktoren an, die die Entwicklung der Zahlenwerte bestimmen:

	2013*				2020			
	Lokale Software	SBC	HVD	Cloud	Lokale Software	SBC	HVD	Cloud
Desktop-PC, Mini-PC, Notebook								
Thin Client	0				0			

*) Für Anfang 2010 gehen wir davon aus, dass Thin Clients noch zu 100% unter SBC laufen und PCs und Notebooks noch zu über 90% mit lokaler Software und zu ca. 10% in der Cloud (im Internet) arbeiten. Bitte korrigieren das, wenn sie die Zahlen anders sehen.

Softwarebereitstellung:

Faktor 1: _____

Faktor 2: _____

Faktor 3:

Frage 2: Wie viele Clients wird ein physischer Server in Zukunft gleichzeitig bedienen können? Bitte schätzen Sie die Zahlenwerte und geben Sie die zwei wichtigsten Faktoren an, die die Entwicklung der Zahlenwerte bestimmen:

Clients pro physischem Server	2010	2013	2020
Als Terminalserver im Server Based Computing	35		
Als Server für Hosted Virtual Desktop	25		
Als Server im Cloud Computing			

*) Zwei Ausgangswerte für 2010 haben wir auf Basis von Schätzungen im Steuerkreis des Projektes bereits eingetragen. Bitte korrigieren, wenn sie die Zahlen anders sehen.

Zahl von Clients pro Server:

Faktor 1: _____

Faktor 2: _____

Faktor 3:

Ergebnisse mit Bezug zur Art der Softwarebereitstellung

Ausgangssituation Softwarebereitstellung

Auf Basis der Antworten wurde die Ausgangsannahme modifiziert. Für Anfang 2010 gehen wir nunmehr davon

aus,

- dass Thin Clients zu 90% unter Server Based Computing und zu 10% unter HVD laufen und
- PCs, Mini-PCs und Notebooks noch zu 90% mit lokaler Software und zu ca. 10% auf zentralen Ressourcen auf privaten Servern und in der Cloud (im Internet) arbeiten.

Trends Softwarebereitstellung

Folgende generelle Trends wurden von den Delphiteilnehmern benannt:

- Die Komplexität von zentralen IT-Plattformen steigt an. Hier für liegt ein Grund im Zusammenspiel der unterschiedlichen Systeme (Hypervisor, Provisioning, Applikationsvirtualisierung etc.).
- Gespräche mit Kunden zeigen, dass eine Mehrheit, die heute noch nicht zentralisiert hat, extreme Verständnisprobleme über die Funktionalität der einzusetzenden Systeme hat. Dies bewirkt ferner eine emotionale und somit faktische Ablehnung der neuen Technologien.

Faktoren der Softwarebereitstellung:

Eine Reihe von Faktoren verändert aus Sicht der Teilnehmer die zukünftige Art der Softwarebereitstellung sowohl in den Bereichen Technik und Kosten wie auch im Bereich der hier notwendigen, neuen Geschäftsmodelle.

Technik und Kosten

Faktor 1: Es kommt zu sinkenden Kosten serverbasierter Softwarebereitstellung.

Faktor 2: Die Kundenanforderungen an Sicherheit nehmen weiter zu.

Faktor 3: Die Notwendigkeit einer WLAN-Verbindung treibt die für die erforderliche Infrastruktur aufzubringenden Kosten in die Höhe.

Faktor 4: Die Verfügbarkeit von Client-Hypervisoren fördert die Offline-Nutzung virtueller Desktops auch auf Notebooks.

Faktor 5: SaaS wird sich eher langsam verbreiten, nicht auf Grund technischer Gründe, sondern aufgrund von Vorbehalten bzgl. Sicherheit und rechtlicher Aspekte.

Geschäftsmodelle

Faktor 1: Neue Lizenzmodelle sind seitens der Softwarehersteller notwendig und werden auch kommen.

Faktor 2: Leistungsfähige Provider, die dieses Geschäftsmodell etablieren, drängen in den Markt.

Zusammenfassung der Daten:

Auf Basis der in der Tabelle dokumentierten, durch die Delphiteilnehmer genannten Zahlenwerte, wurden unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Trends die in der Tabelle aufgeführten Werte für die Weiterarbeit an den Szenarien abgeleitet:

	2013				2020			
	Lokale Software	SBC	HVD	SaaS	Lokale Software	SBC	HVD	SaaS
Desktop-PC, Mini-PC, Notebook	40	10	10	5	10	10	35	10
(Werte der Teilnehmer)	55	20	30	5	25	10	40	20
	65	25	30	10	30	35	60	25
Wert für die Szenarien	55	20	20	5	25	20	40	15
Thin Client	0	70	10	5	0	10	30	10
(Werte der Teilnehmer)		75	20	10	0	45	30	20
		80	20	10	5	55	70	25
Wert für die Szenarien	0	70	20	10	0	50	30	20

Ergebnisse mit Bezug zur Zahl der Clients pro Server

Die bisher oft getroffene Annahme von ca. 35 Benutzern pro Terminalservern basierte noch auf der Voraussetzung, dass ein 32-Bit Betriebssystem direkt auf dem Server ausgeführt wird. Durch die 64-Bit Technik und die Virtualisierung kann bereits heute ein physischer Server mehrere virtuelle Systeme und damit deutlich mehr Benutzer versorgen.

Per SaaS werden primär einzelne Spezial-Anwendungen und keine kompletten Desktop-Umgebungen bereitgestellt. Entsprechend sind mehr Benutzer pro Server möglich. Die Benutzerzahlen pro Server werden im Bereich SaaS aber langsamer wachsen, da die Möglichkeiten von und damit die Anforderungen an SaaS zunehmen werden.

Folgende Faktoren, die sich auf die Zahl der Clients pro Server auswirken werden, wurden über diese generellen Anforderungen hinaus von den Delphiteilnehmern benannt:

Faktor 1: Bandbreite und Netzinfrastruktur

Faktor 2: Rechenleistung, CPU Performance und I/O Verhalten der Apps

Faktor 3: Speicherbedarf (RAM)

Faktor 4: Verfügbare HSP Größe

Faktor 5: Security Konzepte

Faktor 6: Performance Anforderungen der Applikationen (z. B. Datenbanken bei SaaS)

Faktor 7: Die Leistung der Server wird weiter exponentiell steigen.

In der Diskussion im Rahmen des Treffens am 25.1.2010 wurde mit Blick auf die Werte in der folgenden Tabelle die Frage aufgeworfen, wie die einzelnen Teilnehmer einen „Server“ definiert haben. Hierunter kann ein klassischer Rackserver, einzelnes Blade oder auch ein Chassis mit mehreren Einschüben verstanden werden. U.U. werden in den nächsten 10 Jahren auch komplett andere Lösungen entstehen, z. B. Clusterserver mit vielen hundert Rechenkernen, wie sie schon heute im High Performance Computing verwendet werden.

Es trafen hierzu folgende Antworten ein:

- „Wir gehen bei unser Einschätzung von einem Server, also einer Einheit die y CPUs mit einem Board, RAM, Bussystem etc. integriert, aus. Im x86-Umfeld sind wir inzwischen bei Servern mit bis zu 4 Prozessoren mit bis zu 6 Kernen angekommen.“
- „Die Zahl der Kerne pro Server (und der adressierbare RAM) werden kontinuierlich weiter wachsen und sind ein Hauptgrund, warum wir uns ein expotentiell Wachstum der zu betreibenden Clients pro physischem Server vorstellen können.“
- „Ich bin von einem Quad-Core-Prozessor ausgegangen. Angesichts von deutlich höheren Hauptspeicher-Reserven die solche Systeme durch 64-Bit Adressierung bedienen können, ließe sich argumentieren, dass folglich auch die Benutzerzahlen exponentiell steigen müssten. Diesbezüglich bin ich aber skeptisch, da zeitgleich auch der Ressourcenbedarf der Anwendungen immer weiter steigt. Konnte zu Zeiten von Windows NT 4.0 beispielsweise eine komplette Benutzersitzung mit 65 MB auskommen, benötigt heute allein ein einzelnes Outlook schnell 2-3x soviel Speicher. Entsprechend habe ich den Anstieg der Nutzerzahlen eher defensiv geschätzt.“

Diese Aussagen führten in der Konsequenz dazu, dass wir die „Werte für die Szenarien“ eher konservativ im unteren Bereich der von den Teilnehmern genannten Werte angesetzt haben. Hierbei legen eher einen moderat steigenden Pfad der Serverleistung zugrunde und gehen nicht davon aus, dass in 2020 ein Server hunderte von Rechenkernen haben wird.

Zusammenfassung der Daten:

Auf Basis der in der Tabelle dokumentierten, durch die Delphiteilnehmer genannten Zahlenwerte, wurden unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Trends die in der Tabelle aufgeführten Werte für die Weiterarbeit an den Szenarien abgeleitet:

Clients pro physischem Server	2010	2013	2020
Als Terminalserver im Server Based Computing (Werte der Teilnehmer)	35	140	300
	50	150	400
	100	200	1.100
Wert für die Szenarien	50	150	300
Als Server für Hosted Virtual Desktop (Werte der Teilnehmer)	25	50	100
	25	70	150
	35	100	1.000
Wert für die Szenarien	25	50	100
Als Server im SaaS (Werte der Teilnehmer)	50	100	200
	200	300	450
Wert für die Szenarien	50	100	200

Umweltrelevante Kennzahlen bei Servern und Rechenzentren in Deutschland bis 2020

Ergebnisse der Delphi-Befragung „Rechenzentren in Deutschland bis 2020“

Anmerkungen und Schlussfolgerungen des Borderstep Instituts in Blau

Frage 1: Wie werden sich die Leistungsaufnahme und die durchschnittliche Nutzungsdauer von Servern (x86/Volume) bis 2020 entwickeln? Bitte schätzen Sie die Zahlenwerte für Neugeräte, die in den jeweiligen Jahren verkauft werden. Bei der Nutzungsdauer geben Sie bitte die Gesamtnutzungsdauer bis zur endgültigen Außerbetriebnahme an.

Antworten nach der zweiten Runde:

		Ø Leistungsaufnahme eines neuen Servers in Watt (bei voller Auslastung)			Ø Gesamtnutzungsdauer eines Servers in Jahren		
		2010	2013	2020	2010	2013	2020
X86/Volume-server	E1	400	350	150	4	4	4
	E2	350	380	420	4	4	4
	E3	400	380	360	4	5	6
	E4	250	400	200	3	4	5
	E5	500	600	700	4	5	6

Wie zu erkennen ist, sind die Antworten (auch nach der zweiten Runde) zum Teil gegenläufig. Daher wurde in der zweiten Runde zusätzlich abgefragt, wie durchschnittlicher physikalischer Server definiert wurde. Die Antworten sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

	2010					2020				
	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
Anzahl der Prozessoren	1	2	16	2	2	4	2	64	2	2
Anzahl der Kerne pro Prozessor	4	6	8	4	4	64	>128	16	16	64
Größe Arbeitsspeicher (in GB)	4	24	2048	16	64	32	512	4096	128	1000
Festplattenkapazität (in TB)	0	1	1	2	0,6	0	10	1	10	6

Der Vergleich der Antworten unter Berücksichtigung der zugrunde gelegten Serverdefinitionen lässt folgende Aussagen zu:

- Im Jahr 2010 wird der durchschnittliche Energiebedarf pro Server mit 250 bis 500 Watt angesetzt. Mit einer Ausnahme liegen die definierten Server eng zusammen. Als Durchschnittswert ließe sich ein Energiebedarf

von ca. 400 Watt für ein System mit folgender Ausstattung definieren: 2 Prozessoren mit je 4 Kerne, 24 GB Arbeitsspeicher und eine Festplatte mit 1 TB Speicherkapazität.

- Für das Jahr 2013 liegen die angegebenen Energieverbräuche eng zusammen. Hier kann im Durchschnitt ein Energiebedarf von ca. 400 Watt angenommen werden. Dabei wird das System ebenfalls über 2 Prozessoren, aber über mehr Kerne pro Prozessor (z. B. 8) und über mehr Arbeitsspeicher (z. B. 48 GB) verfügen.
- Die Angaben zum Energiebedarf im Jahr 2020 liegen weit auseinander (zwischen 150 und 700 Watt pro Server). Diese Schwankungen lassen sich nicht durch deutlich andere Annahmen hinsichtlich der Serverausstattungen begründen. Die Annahme einer geringfügigen Absenkung des Energiebedarfs auf 350 Watt für ein System mit dann 2 Prozessoren, 32 Kernen pro Prozessor, 256 GB Arbeitsspeicher und einer 10 Terabyte-Festplatte erscheint hier plausibel.
- Die durchschnittliche Nutzungsdauer der Server wird eher konstant bleiben mit einer leichten Tendenz zu längeren Nutzungsdauern. Sie liegt zwischen 4 und 5 Jahren.
- Die Effizienzentwicklung bei Highend- und Midrange-Servern wird ähnlich verlaufen wie die Entwicklung bei Volume-Servern.

Frage 2: Wie beurteilen Sie die künftigen Möglichkeiten, den Energieverbrauch von Servern zu senken, indem entweder nicht benötigte Server automatisch heruntergefahren werden und bei Lastanforderungen wieder rechtzeitig hochgefahren werden? Geben Sie bitte eine Schätzung an, wie hoch künftig der Anteil der Server (x86/Volume) ist, bei denen diese Funktionalität **genutzt** wird.

Antworten nach der zweiten Runde:

		2010	2013	2020
Anteil der Server (x86/Volume), die automatisch heruntergefahren werden können (in %)	E1	10 %	20 %	60 %
	E2	0 %	10 %	25 %
	E3	5 %	10 %	20 %
	E4	5 %	20 %	80 %
	E5	10 %	30 %	50 %

Der Vergleich der Antworten lässt folgende Aussage zu:

- Der Anteil der Server, die bei Nichtbenutzung automatisch herunter gefahren werden wird zunehmen. Im Jahr 2010 beträgt der Anteil ca. 5 %, im Jahr 2013 wird er bei ca. 20 % liegen. Für das Jahr 2020 ist mit ca. 50 % zu rechnen.

Eine weitere Möglichkeit, die Energieeffizienz von Servern zu verbessern, besteht darin, über verschiedene technische Maßnahmen den Energieverbrauch von unausgelasteten Servern abzusenken. Geben Sie Schätzungen dafür an, auf wie viel Prozent der Leistungsaufnahme bei Vollaustattung der Energieverbrauch eines Servers (x86/Volume) im IDLE-Betrieb sinken wird. Geben Sie die Zahlenwerte bitte für Neugeräte in den jeweiligen Jahren an.

Antworten nach der zweiten Runde:

		2010	2013	2020
Leistungsaufnahmen eines Servers (x86/Volume) im IDLE-Betrieb im Verhältnis zum Volllastbetrieb	E1	40 %	25 %	15 %
	E2	40 %	25 %	10 %
	E3	30 %	40 %	50 %
	E4	33 %	25 %	10 %
	E5	50 %	40 %	30 %

Bis auf E3 wird von allen Experten eine Abnahme der Leistungsaufnahme im IDLE-Betrieb im Vergleich zum Volllast-Betrieb erwartet. Daher wird die Aussage von E3 in der Zusammenfassung nicht berücksichtigt.

Der Vergleich der Antworten lässt folgende Aussage zu:

- Die Leistungsaufnahme eines Servers im IDLE-Betrieb wird im Jahr 2010 bei ca. 40 % der Leistungsaufnahme im Volllastbetrieb liegen. Im Jahr 2013 ist eine weitere Absenkung auf ca. 30 % zu erwarten. Im Jahr 2020 wird die Leistungsaufnahme voraussichtlich bei unter 20 % liegen.

Frage 3: Wie wird sich das Produktgewicht der Server (x86/Volume) bis 2020 entwickeln? Und wie wird sich der prozentuale Anteil der Elektronikkomponenten (ohne Netzteile) daran entwickeln? Bitte schätzen Sie diese Werte für Neugeräte, die in den jeweiligen Jahren verkauft werden.

Antworten nach der zweiten Runde:

	Produktgewicht in kg					Gewichtsanteil Elektronikkomponenten (ohne Netzteile)				
	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
2010	18	28	20	10	25	30 %	15 %	40 %	-	-
2013	16	28	25	15	25	35 %	15 %	50 %	-	-
2020	14	28	30	10	25	40 %	15 %	60 %	-	-

Die Antworten zur Entwicklung des Produktgewichts gehen etwas auseinander. Während zwei Experten (E2, E5) ein konstantes Produktgewicht annehmen und ein Experte (E4) eine zwischenzeitliche Erhöhung im Jahr 2013 mit anschließender Absenkung annimmt, ist die Prognose der weiteren zwei Experten gegenläufig. Die drei vorhandenen Antworten zum Gewichtsanteil der Elektronikkomponenten unterscheiden sich auch relativ stark.

Der Vergleich der Antworten lässt folgende Aussage zu:

- Das Gewicht eines Servers wird relativ konstant bleiben. Es liegt bei ca. 25 kg. Der Elektronikanteil liegt bis ca. 30-40 % und wird tendenziell etwas ansteigen.
- Hinweis: Hier könnten zumindest zum Abgleich der Zahlen auch die Ergebnisse des Forschungsvorhabens Prod.IKT herangezogen werden, in dem durchschnittliche Ausstattungen und Gewichte von unterschiedlichen Servertypen für die Jahre 2008 und 2015 ermittelt wurden.

Frage 4: Der Energieverbrauch von Rechenzentren wird ganz maßgeblich auch vom Energieverbrauch der Rechenzentrumsinfrastruktur (Klimatisierung, Stromversorgung) beeinflusst. Als Maß zur Betrachtung dieses Energieanteils wird die Power Usage Effectivness (PUE) herangezogen, d. h. das Verhältnis des Gesamtenergieverbrauchs eines Rechenzentrums zum Energieverbrauch der IT im Rechenzentrum. Wie wird sich die durchschnittliche PUE Ihrer Meinung nach bis zum Jahr 2020 entwickeln?

Antworten nach der zweiten Runde:

		2008	2010	2013	2020
PUE	E1	2,0	1,6	1,5	1,4
	E2	2,0	2,0	1,9	1,8
	E3	2,0	1,9	1,8	1,7
	E4	2,0	1,8	1,7	1,4
	E5	2,0	1,8	1,5	1,3

Die durchschnittliche PUE für 2010 stammt aus einer Borderstep-Untersuchung zum Energiebedarf von Rechenzentren aus dem Jahre 2008.

Alle Experten gehen von einer Verbesserung des PUE-Wertes aus, wobei das Ausmaß der Verbesserung unterschiedlich stark ist.

Der Vergleich der Antworten lässt folgende Aussage zu:

- Der durchschnittliche PUE der Rechenzentren wird sich verbessern und im Jahr 2013 ca. 1,7 und im Jahr 2020 ca. 1,5 betragen.

13 Anhang: Mitglieder im Steuerungskreis des Roadmapping-Prozesses

Name	Organisation
Dr. Jens Clausen	Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH
Kay Uwe Claussen	Citrix Systems GmbH
Wolfgang Dorst	ORACLE Deutschland B.V. & Co KG
Prof. Dr. Klaus Fichter	Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH
Heiko Gloge	IGEL Technology GmbH
Jürgen Graf	Fujitsu Technology Solutions GmbH
Thomas Heinz	acentrix GmbH
Dr. Ralph Hintemann	Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH
Rolf Kleinwächter	Fujitsu Technology Solutions GmbH
Christian Knermann	Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
Marina Köhn	Umweltbundesamt, Fachgebiet Z 7-B
Dr. Frank Lampe	IGEL Technology GmbH
Guido Maßfeller	Citrix Systems GmbH
Holger Skurk	BITKOM e.V.
Bernhard Weinkamp	Finanz Informatik GmbH & Co. KG, Produkt & Verfahrensmanagement

14 Anhang: Berechnungstabelle BAU-Szenario

	Basisjahr 2010					BAU 2013					BAU 2020				
	PC	Mini-PC	Note-book	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Note-book	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Note-book	TC	Gesamt
Bestand an Computerendgeräten															
Anzahl Geräte in 1.000 Stück	13.000	300	11.000	2.200	26.500	12.610	1.030	13.450	2.910	30.000	11.650	2.500	17.450	5.900	37.500
Ausstattungsstruktur in Prozent	49,1	1,1	41,5	8,3	100,0	42,0	3,4	44,8	9,7	100,00	31,07	6,67	46,53	15,73	100,00
Form der Softwarebereitstellung															
Anteil Nutzung lokaler Software	90%	90%	90%	0%		55%	55%	55%	0%		25%	25%	25%	0%	
Anteil SBC	4%	4%	4%	90%		20%	20%	20%	70%		20%	20%	20%	50%	
Anteil HVD	4%	4%	4%	10%		20%	20%	20%	20%		40%	40%	40%	30%	
Anteil SaaS	2%	2%	2%	0%		5%	5%	5%	10%		15%	15%	15%	20%	
Energieverbrauch															
Jahresstromverbrauch pro Computerendgerät p.a. in kWh (ohne Monitor etc.) in der Nutzungsphase	201	74	65	43		171	70	60	36		145	63	53	27	
In Prozent von 2010						85%	95%	92%	85%		72%	85%	82%	64%	
Energieaufwand Nutzung Endgeräte (KEA) in kWh/a	549	202	177	117		447	184	157	95		341	147	126	64	
Jahresstromverbrauch aller Endgeräte in GWh	2.610	22	713	94	3.439	2.151	72	805	105	3.133	1.691	157	933	160	2.940
Herstellungsenergie (KEA) für Endgerät in kWh	584	285	340	141		548	242	293	122		511	213	262	103	
Nutzungsdauer in Jahren	5	5	4	8		5	5	4	8		5	5	4	8	
Herstellungsenergie pro Nutzungsjahr in kWh (KEA)	117	57	85	18		110	48	73	15		102	43	66	13	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Gerät p.a. in kWh (KEA)	666	259	262	135		556	233	230	110		443	190	191	77	
Herstellungs- und Nutzungsenergie aller Geräte in GWh (KEA)	8.659	78	2.886	296	11918	7.016	240	3.094	320	10.670	5.162	475	3.336	453	9.425
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei SBC	50	50	50	50		80	80	80	80		150	150	150	150	
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei HVD	25	25	25	25		32,5	32,5	32,5	32,5		50	50	50	50	
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei SaaS	50	50	50	50		65	65	65	65		100	100	100	100	
Stromverbrauch Terminalserver p.a. in kWh	1984	1984	1984	1984		1883	1883	1883	1883		1475	1475	1475	1475	
PUE Serverraum / Rechenzentrum	2	2	2	2		1,9	1,9	1,9	1,9		1,7	1,7	1,7	1,7	
Stromverbrauch pro Terminalserver zzgl. Infrastruktur p.a. in kWh	3.968	3.968	3.968	3.968		3.577	3.577	3.577	3.577		2.508	2.508	2.508	2.508	
Stromverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen p.a. in kWh pro CAP	11,11	11,11	11,11	87,31		33,71	33,71	33,71	58,81		27,17	27,17	27,17	28,42	
Stromverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen aller Geräte in GWh	144	3	122	192		425	35	453	171		316	68	474	168	
Energieaufwand Nutzung Server (KEA)	10.858	10.858	10.858	10.858		9.372	9.372	9.372	9.372		5.891	5.891	5.891	5.891	
Herstellungsenergie pro Terminalserver in kWh (KEA)	1.825	1.825	1.825	1.825		1.825	1.825	1.825	1.825		1.825	1.825	1.825	1.825	
Nutzungsdauer Terminalserver in Jahren	4	4	4	4		4,3	4,3	4,3	4,3		5	5	5	5	
Herstellungsenergie Terminalserver pro Jahr in kWh (KEA)	456	456	456	456		424	424	424	424		365	365	365	365	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Terminalserver p.a. in kWh (KEA)	11.314	11.314	11.314	11.314		9.796	9.796	9.796	9.796		6.256	6.256	6.256	6.256	
Energieverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen p.a. in kWh pro CAP (KEA)	32	32	32	249		92	92	92	161		68	68	68	71	

	Basisjahr 2010					BAU 2013					BAU 2020				
	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt
Energieverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen aller Geräte in GWh (KEA)	412	10	348	548	1.317	1.164	95	1.242	469	2.969	790	169	1.183	418	2.560
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Computerarbeitsplatz p.a. in kWh (KEA)	698	291	294	384	499	649	325	322	271	455	511	258	259	148	320
Herstellungs- und Nutzungsenergie für alle Geräte p.a. in GWh	9.071	87	3.234	844	13.236	8.180	335	4.336	789	13.639	5.951	644	4.519	871	11.985
Stromverbrauch gesamt pro Computerarbeitsplatz p.a. in kWh	212	85	76	130	147	204	104	94	95	141	172	90	81	56	106
Stromverbrauch für alle Geräte p.a. in GWh	2.754	26	836	286	3.902	2.576	107	1.258	276	4.217	2.007	225	1.407	328	3.967
Vergleich 2010 und 2013 bzw. 2020 in Prozent										108,09%					101,67%

Materialeinsatz

Produktgewicht Gerät in kg	8	2	2,2	1,5		7,5	1,7	1,9	1,3		7	1,5	1,7	1,1	
Gewicht Dockingstation Notebook (Nutzung bei 50% der Notebooks) in kg			0,4					0,4					0,3		
Produktgewicht gesamt in kg	8	2	2,4	1,5		7,5	1,7	2,1	1,3		7	1,5	1,85	1,1	
Anteil Elektronikkomponenten	11%	30%	28%	22%		15%	28%	28%	23%		20%	25%	28%	25%	
Anteil Kunststoffe	4%	30%	28%	10%		6%	30%	28%	14%		10%	30%	28%	20%	
Anteil Metallteile	67%	25%	22%	55%		60%	27%	22%	48%		50%	30%	22%	35%	
Anteil Netzteil	18%	15%	8%	13%		19%	15%	8%	15%		20%	15%	8%	20%	
Gewicht aller Endgeräte in t	104.000	600	26.400	3.300	134.300	94.575	1.751	28.245	3.783	128.354	81.550	3.750	32.283	6.490	124.073
Gewicht Elektronikkomponenten in t	11.440	180	7.392	726	19.738	14.186	490	7.909	870	23.455	16.310	938	9.039	1.623	27.909
Gewicht Kunststoffe in t	4.160	180	7.392	330	12.062	5.675	525	7.909	530	14.638	8.155	1.125	9.039	1.298	19.617
Gewicht Metallteile in t	69.680	150	5.808	1.815	77.453	56.745	473	6.214	1.816	65.248	40.775	1.125	7.102	2.272	51.274
Gewicht Netzteile in t	18.720	90	2.112	429	21.351	17.969	263	2.260	567	21.059	16.310	563	2.583	1.298	20.753
Produktgewicht Server in kg	25	25	25	25		25	25	25	25		25	25	25	25	
Anteil Elektronikkomponenten Server	30%	30%	30%	30%		35%	35%	35%	35%		40%	40%	40%	40%	
Anzahl aller benötigter Terminalserver p.a.	36.400	840	30.800	48.400	116.440	118.825	9.706	126.740	47.847	303.118	126.208	27.083	189.042	66.867	409.200
Gewicht aller benötigter Terminalserver p.a. in t	910	21	770	1.210	2.911	2.971	243	3.169	1.196	7.578	3.155	677	4.726	1.672	10.230
Gewicht Elektronikkomponenten aller benötigter Terminalserver in t	273	6	231	363		1.040	85	1.109	419		1.262	271	1.890	669	
Gewicht aller Endgeräte und Server in t	104.910	621	27.170	4.510	137.211	97.546	1.994	31.414	4.979	135.932	84.705	4.427	37.009	8.162	134.303
Reduktion zwischen 2010 u. 2013 bzw. 2020 in Prozent										99,1%					97,9%
Gewicht Endgerät, Serveranteil und Infrastruktur pro Arbeitsplatz in kg	8,07	2,07	2,47	2,05	5,18	7,74	1,94	2,34	1,71	4,53	7,27	1,77	2,12	1,38	3,58

Umweltwirkungskategorien

CO2-Emissionsfaktor dt. Strommix g/kWh	580	580	580	580	580	550	550	550	550	550	480	480	480	480	480
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO2 äq. p.a. pro Computerarbeitsplatz in kg	122,9	49,4	44,1	75,4	85,4	112,3	57,2	51,4	52,2	77,3	82,7	43,1	38,7	26,7	50,8
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO2 äq. p.a. in 1.000 t	1.597	15	485	166.	2.263	1.417	59	692	152	2.319	963	108	675	157	1.904
Vergleich 2010 u. 2013 bzw. 2020 in Prozent										102,5%					84,1%

15 Anhang: Berechnungstabelle Green IT-Szenario

	Basisjahr 2010					Green IT 2013					Green IT 2020				
	PC	Mini-PC	Note-book	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Note-book	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Note-book	TC	Gesamt
Bestand an Computerendgeräten															
Anzahl Geräte in 1.000 Stück	13.000	300	11.000	2.200	26.500	11.553	1.318	13.648	3.483	30.000	5.629	4.428	18.568	8.876	37.500
Ausstattungsstruktur in Prozent	49,1	1,1	41,5	8,3	100,0	38,5	4,4	45,5	11,6	100,0	15,01	11,81	49,51	23,67	100,00
Form der Softwarebereitstellung															
Anteil Nutzung lokaler Software	90%	90%	90%	0%		55%	55%	55%	0%		25%	25%	25%	0%	
Anteil SBC	4%	4%	4%	90%		20%	20%	20%	70%		20%	20%	20%	50%	
Anteil HVD	4%	4%	4%	10%		20%	20%	20%	20%		40%	40%	40%	30%	
Anteil SaaS	2%	2%	2%	0%		5%	5%	5%	10%		15%	15%	15%	20%	
Energieverbrauch															
Jahresstromverbrauch pro Computerendgerät p.a. in kWh (ohne Monitor etc.) in der Nutzungsphase	201	74	65	43		169	69	59	35		121	51	43	22	
In Prozent von 2010						84%	93%	91%	82%		60%	69%	67%	50%	
Energieaufwand Nutzung Endgeräte (KEA) in kWh/a	549	202	177	117		444	181	154	92		284	119	102	51	
Jahresstromverbrauch aller Endgeräte in GWh	2.610	22	713	94	3.439	1.958	91	804	122	2.975	681	224	806	191	1.902
Herstellungsenergie (KEA) für Endgerät in kWh	584	285	340	141		548	242	293	116		511	213	262	84	
Nutzungsdauer in Jahren	5	5	4	8		5	5	4	8		5	5	4	8	
Herstellungsenergie pro Nutzungsjahr in kWh (KEA)	117	57	85	18		110	48	73	15		102	43	66	11	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Gerät p.a. in kWh (KEA)	666	259	262	135		554	229	228	106		386	162	168	61	
Herstellungs- und Nutzungsenergie aller Geräte in GWh (KEA)	8.659	78	2.886	296	11918	6.395	302	3.106	370	10.174	2.175	716	3.110	543	6.545
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei SBC	50	50	50	50		150	150	150	150		450	450	450	450	
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei HVD	25	25	25	25		50	50	50	50		150	150	150	150	
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei SaaS	50	50	50	50		100	100	100	100		300	300	300	300	
Stromverbrauch Terminalserver p.a. in kWh	1984	1984	1984	1984		1756	1756	1756	1756		1319	1319	1319	1319	
PUE Serverraum / Rechenzentrum	2	2	2	2		1,6	1,6	1,6	1,6		1,3	1,3	1,3	1,3	
Stromverbrauch pro Terminalserver zzgl. Infrastruktur p.a. in kWh	3.968	3.968	3.968	3.968		2.809	2.809	2.809	2.809		1.715	1.715	1.715	1.715	
Stromverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen p.a. in kWh pro CAP	11,11	11,11	11,11	87,31		16,38	16,38	16,38	27,15		6,19	6,19	6,19	6,48	
Stromverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen aller Geräte in GWh	144	3	122	192		189	22	224	95		35	27	115	58	
Energieaufwand Nutzung Server (KEA)	10.858	10.858	10.858	10.858		7.359	7.359	7.359	7.359		4.028	4.028	4.028	4.028	
Herstellungsenergie pro Terminalserver in kWh (KEA)	1.825	1.825	1.825	1.825		1.666	1.666	1.666	1.666		1.346	1.346	1.346	1.346	
Nutzungsdauer Terminalserver in Jahren	4	4	4	4		4,3	4,3	4,3	4,3		5	5	5	5	
Herstellungsenergie Terminalserver pro Jahr in kWh (KEA)	456	456	456	456		387	387	387	387		269	269	269	269	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Terminalserver p.a. in kWh (KEA)	11.314	11.314	11.314	11.314		7.747	7.747	7.747	7.747		4.298	4.298	4.298	4.298	
Energieverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen p.a. in kWh pro CAP (KEA)	32	32	32	249		45	45	45	75		16	16	16	16	

	Basisjahr 2010					Green IT 2013					Green IT 2020				
	PC	Mini-PC	Note-book	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Note-book	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Note-book	TC	Gesamt
Energieverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen aller Geräte in GWh (KEA)	412	10	348	548	1.317	522	60	617	261		87	69	288	144	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Computerarbeitsplatz p.a. in kWh (KEA)	698	291	294	384	499	599	275	273	181	388	402	177	183	77	190
Herstellungs- und Nutzungsenergie für alle Geräte p.a. in GWh	9.071	87	3.234	844	13.236	6.917	362	3.723	631	11.633	2.262	785	3.399	687	7.133
Stromverbrauch gesamt pro Computerarbeitsplatz p.a. in kWh	212	85	76	130	147	186	85	75	62	117	127	57	50	28	57
Stromverbrauch für alle Geräte p.a. in GWh	2.754	26	836	286	3.902	2.147	113	1.027	216	3.504	716	252	921	249	2.137
Vergleich 2010 und 2013 bzw. 2020 in Prozent										87,89%					53,89 %

Materialeinsatz

Produktgewicht Gerät in kg	8	2	2,2	1,5		7,5	1,7	1,9	1,24		6	1,5	1,7	0,9	
Gewicht Dockingstation Notebook (Nutzung bei 50% der Notebooks) in kg			0,4					0,4					0,3		
Produktgewicht gesamt in kg	8	2	2,4	1,5		7,5	1,7	2,1	1,24		6	1,5	1,85	0,9	
Anteil Elektronikkomponenten	11%	30%	28%	22%		15%	28%	28%	23%		20%	25%	28%	25%	
Anteil Kunststoffe	4%	30%	28%	10%		6%	30%	28%	14%		10%	30%	28%	20%	
Anteil Metallteile	67%	25%	22%	55%		60%	27%	22%	48%		50%	30%	22%	35%	
Anteil Netzteil	18%	15%	8%	13%		19%	15%	8%	15%		20%	15%	8%	20%	
Gewicht aller Endgeräte in t	104.000	600	26.400	3.300	134.300	86.644	2.240	28.660	4.318	121.862	33.774	6.641	34.350	7.988	82.754
Gewicht Elektronikkomponenten in t	11.440	180	7.392	726	19.738	12.997	627	8.025	993	22.642	6.755	1.660	9.618	1.997	20.030
Gewicht Kunststoffe in t	4.160	180	7.392	330	12.062	5.199	672	8.025	605	14.500	3.377	1.992	9.618	1.598	16.585
Gewicht Metallteile in t	69.680	150	5.808	1.815	77.453	51.986	605	6.305	2.073	60.969	16.887	1.992	7.557	2.796	29.232
Gewicht Netzteile in t	18.720	90	2.112	429	21.351	16.462	336	2.293	648	19.739	6.755	996	2.748	1.598	12.097
Produktgewicht Server in kg	25	25	25	25		22,82	22,82	22,82	22,82		18,44	18,44	18,44	18,44	
Anteil Elektronikkomponenten Server	30%	30%	30%	30%		35%	35%	35%	35%		40%	40%	40%	40%	
Anzahl aller benötigter Terminalserver p.a.	36.400	840	30.800	48.400	116.440	67.390	7.685	79.610	33.664	188.350	20.327	15.988	67.049	33.532	136.896
Gewicht aller benötigter Terminalserver p.a. in t	910	21	770	1.210	2.911	1.538	175	1.816	768	4.298	375	295	1.236	618	2.524
Gewicht Elektronikkomponenten aller benötigter Terminalserver in t	273	6	231	363		538	61	636	269		150	118	494	247	
Gewicht aller Endgeräte und Server in t	104.910	621	27.170	4.510	137.211	88.181	2.415	30.476	5.086	126.159	34.149	6.936	35.586	8.607	85.277
Reduktion zwischen 2010 u. 2013 bzw. 2020 in Prozent															
Gewicht Endgerät, Serveranteil und Infrastruktur pro Arbeitsplatz in kg	8,07	2,07	2,47	2,05	5,18	7,63	1,83	2,23	1,46	4,21	6,07	1,57	1,92	0,97	2,27

Umweltwirkungskategorien

CO2-Emissionsfaktor dt. Strommix g/kWh	580	580	580	580	580	550	550	550	550	550	480	480	480	480	480
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO2 äq. p.a. pro Computerarbeitsplatz in kg	122,9	49,4	44,1	75,4	85,4	102,2	47,0	41,4	34,2	64,2	61,0	27,3	23,8	13,5	27,4
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO2 äq. p.a. in 1.000 t	1.597	15	485	166.	2.263	1.181	62	565	119	1.927	344	121	442	119	1.026
Vergleich 2010 u. 2013 bzw. 2020 in Prozent										85,2%					45,3%