



Klimaschutzpotenziale durch den Einsatz von Virtualisierung und Cloud Computing in privaten und öffentlichen Unternehmen

CliDiTrans Werkstattbericht

Ralph Hintemann – Stefan Iffländer

Impressum

Autoren:

Dr. Ralph Hintemann (Borderstep Institut) | hintemann@borderstep.de

Stefan Iffländer (KDO) | Stefan.Ifflaender@kdo.de

Projekt:

Klimaschutzpotenziale der Digitalen Transformation: Mikro- und Makroökonomische Evidenz zur Rolle von Nachfrageeffekten und Produktionsverlagerungen beim Einsatz von IKT (CliDiTrans)

Konsortialführung:

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH

Clayallee 323 | 14169 Berlin

Projektpartner:

ZEW - Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim

Zweckverband Kommunale Datenverarbeitung Oldenburg (KDO) GmbH

Zitiervorschlag:

Hintemann, Ralph; Iffländer, Stefan (2021): Klimaschutzpotenziale durch den Einsatz von Virtualisierung und Cloud Computing in privaten und öffentlichen Unternehmen. CliDiTrans Werkstattbericht. Berlin: Borderstep Institut.

Titelbild:

Bethany Drouin, Pixabay

Zuwendungsgeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung, Förderschwerpunkt „Ökonomie des Klimawandels“

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabellenverzeichnis | 4 |
| 1 Einleitung | 5 |
| 2 Zielsetzung | 5 |
| 3 Vorgehen/Methodik | 5 |
| 4 Datenaufnahme und Modellannahmen | 6 |
| 5 Ergebnisse | 8 |
| 5.1 Energieverbrauch in der Nutzungsphase | 8 |
| 5.2 Treibhausgas-Emissionen..... | 10 |
| 5.3 Wesentliche Ergebnisse der Interviews..... | 11 |
| 5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der Fallstudien..... | 11 |
| 6 Potenziale für Energie- und THG-Einsparungen durch Cloud- Computing in Deutschland | 12 |
| 7 Fazit | 12 |
| 8 Kurze Diskussion der Ergebnisse..... | 13 |
| 9 Literaturverzeichnis | 13 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Geräteausstattung der Kommunen vor der Cloud-Umstellung (Zahl der Geräte) | 6 |
| Tabelle 2: Geräteausstattung der Kommunen nach der der Cloud-Umstellung (Zahl der Geräte) | 7 |
| Tabelle 3: Leistungsaufnahmen der IKT-Geräte | 7 |
| Tabelle 4: Geräteausstattung der Kommunen vor der Cloud-Umstellung (Zahl der Geräte) | 8 |
| Tabelle 5: Jahresenergiebedarf der IKT vor der Cloud-Umstellung (in kWh/a) | 8 |
| Tabelle 6: Jahresenergiebedarf der IKT nach der Cloud-Umstellung (in kWh/a)..... | 9 |
| Tabelle 7: Jährliche THG-Emissionen der IKT vor der Cloud-Umstellung (in kg CO _{2eq} /a)..... | 10 |
| Tabelle 8: Jährliche THG-Emissionen der IKT nach der Cloud-Umstellung (in kg CO _{2eq} /a) | 11 |

1 Einleitung

Die Einführung von Virtualisierung und Cloud-Computing unterstützt Unternehmen darin, IT-Ressourcen flexibel und effizient bereitzustellen. Damit kann die Auslastung der genutzten Systeme erhöht und Ressourcen beim Anwender reduziert werden. So ermöglicht die Servervirtualisierung beispielsweise eine deutliche Reduktion der eingesetzten Hardware, indem auf einem einzigen physikalischen Server eine Vielzahl von virtuellen Servern installiert werden. Virtualisierung ist auch ein wesentliches Element der Bereitstellung von IT-Diensten aus der Cloud. Cloud-Computing bezeichnet die flexible Bereitstellung von IKT-Ressourcen über das Internet. Dies bietet den Vorteil, dass bei Anwendern selbst keine zentralen IKT-Strukturen betrieben werden müssen und „schlankere“ Endgeräte eingesetzt werden können.

Zentrale, meist große Rechenzentren können die IT-Dienste deutlicher effizienter anbieten als kleine zentrale IKT-Strukturen bei den einzelnen Unternehmen (Bizo, 2019). Damit können Energie und Ressourcen eingespart werden. Eine Studie aus den USA ermittelte im Jahr 2014 ein Reduktionspotenzial von 87% durch den Einsatz Cloud-basierter Business-Software im Vergleich zum Eigenbetrieb der Systeme durch die einzelnen Unternehmen (Masanet et al., 2014). Die Vorteile von Cloud-Computing Nutzung führen dazu, dass die Nutzung von Cloud Diensten in Unternehmen kontinuierlich zunimmt (KPMG & Bitkom, 2021). Gemäß Eurostat wuchs der Anteil der Unternehmen in Deutschland, die Cloud-Dienste nutzen, von 22% im Jahr 2018 auf 33% im Jahr 2020. Im europäischen Vergleich ist die Cloud-Nutzung in Deutschland relativ gering, europaweit nutzen 36% der Unternehmen im Jahr 2020 Cloud-Dienste. In Finnland liegt der Anteil der Cloud-Nutzer bei den Unternehmen sogar schon bei 75%.

2 Zielsetzung

Die Zielsetzung im vorliegenden Paper ist es, auf Basis von konkreten Fallbeispielen der Umstellung auf Cloud-Lösungen die Klimaschutzpotenziale von Cloud-Computing zu ermitteln. Hierzu werden die Daten von Kunden des kommunalen IT-Dienstleisters „Zweckverband Kommunale Datenverarbeitung Oldenburg (KDO)“ ausgewertet und mit Hilfe eines am Borderstep Institut vorhandenen Modells der Rechenzentrumslandschaft in Deutschland Hochrechnungen vorgenommen.

3 Vorgehen/Methodik

Für sechs konkrete Fallstudien von Kommunen, die als KDO-Kunden in den Jahren 2016 bis 2019 ihre Computerarbeitsplätze vollständig auf KDO-Cloud-Arbeitsplätze umgestellt haben, konnten der durch die Arbeitsplätze bedingte Energiebedarf und die Treibhausgas (THG)-Emissionen in einer Vorher-/Nachher-Analyse bestimmt werden (Hintemann & Iffländer, 2021). Bei den Kunden handelt es sich jeweils um öffentliche Einrichtungen mit ca. 25 bis 100 Computerarbeitsplätzen.

In den Fallbeispielen wurde jeweils der Jahres-Energiebedarf der Nutzung der Endgeräte (PC, Notebook, Monitor, Tastatur, Maus), der verwendeten zentralen IT (Server, Speichersysteme, Netzwerktechnik) sowie der unterstützenden Systeme wie unterbrechungsfreier Stromversorgung und Klimatisierung berücksichtigt. Auch der im Falle der Cloud-Lösungen zusätzliche Energiebedarf durch die Nutzung der öffentlichen Telekommunikationsnetze ging in die Berechnung ein.

Die Berechnung der jährlichen THG-Emissionen erfolgte auf Basis der ermittelten Energiebedarfe und Zugrundelegung der durchschnittlichen CO₂-Intensität der Stromerzeugung in den Analysejahren. Zusätzlich wurden die THG-Emissionen in der Herstellung, Transport und Entsorgung der Endgeräte bestimmt. Hierzu konnte auf vorhandene Literaturdaten (Hintemann, Clausen, Beucker & Hinterholzer, 2021) zurückgegriffen werden. Die für die Berechnung notwendigen Nutzungsdauern der Geräte wurden von KDO bereitgestellt.

Die anonymisierte Auswertung KDO-Kundendaten wurde durch Expertenbefragungen als semistrukturierte Interviews ergänzt, um Wirkungsmechanismen zu identifizieren. Zur Berechnung des ganzheitlichen Energiebedarfs und der daraus resultierenden THG-Emissionen wird auf das am Borderstep Institut seit 2009 existierende und laufend weiter entwickelte Modell der Rechenzentrumslandschaft in Deutschland zurückgegriffen.

4 Datenaufnahme und Modellannahmen

Zur Bestimmung des Energiebedarfs und der THG-Emissionen wurden die Geräteausstattungen in den sechs Fallstudien vor und nach der Cloud-Umstellung erhoben. In Tabelle 1 ist die Geräteausstattung der sechs Kommunen vor der Cloud-Umstellung dargestellt. Die Cloud-Umstellungen geschahen in den Jahren 2016 bis 2019.

Tabelle 1: Geräteausstattung der Kommunen vor der Cloud-Umstellung (Zahl der Geräte)

| Anzahl Geräte | Fallbeispiel | | | | | |
|--|--------------|------|------|------|------|------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Notebook inkl. Monitor | - | 2 | - | - | - | 9 |
| PC inkl. Monitor | 78 | 29 | 81 | 26 | 74 | 75 |
| Server | 6 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 |
| SAN-System | 2 | - | - | - | - | 1 |
| NAS-System | 2 | - | - | 1 | - | 1 |
| Medienkonverter | - | 1 | - | - | - | - |
| Router, Gateway, Optical Switch | - | 4 | | 8 | 3 | - |
| Switch (Ports) | 114 | 56 | 120 | 48 | 144 | - |
| Firewall | 2 | 1 | | 1 | - | - |
| USV | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Jahr der Umstellung | 2016 | 2017 | 2017 | 2019 | 2018 | 2019 |

Tabelle 2 zeigt die Geräteausstattung der sechs Kommunen nach der Cloud-Umstellung. Die vorher überwiegend genutzten PCs und Notebooks wurden weitgehend durch ressourceneffiziente Thin Clients ersetzt. Bei einigen Kommunen ist die Zahl der Computerarbeitsplätze nach der Cloud-Umstellung deutlich angestiegen. In Summe stieg sie bei allen sechs Kommunen um 14% von 374 auf 427 Computerarbeitsplätze.

Statt der vorher vorhandenen eigenen zentralen IT-Systeme (Server, Speicher) werden jetzt die auf virtuellen Systemen bei KDO bereitgestellten Cloud-Dienste genutzt. Mit Hilfe der Zahl der verwendeten virtuellen Systeme konnte der Anteil der jeweiligen Kunden an der Server- und Netzwerk-Hardware beim Cloud-Dienstleister KDO bestimmt werden.

Tabelle 2: Geräteausstattung der Kommunen nach der der Cloud-Umstellung (Zahl der Geräte)

| Anzahl Geräte | Fallbeispiel | | | | | |
|---------------------------|--------------|------|------|------|------|------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Thin Client inkl. Monitor | 90 | 40 | 93 | 18 | 45 | 84 |
| Notebook inkl. Monitor | - | 2 | - | - | 1 | 1 |
| PC inkl. Monitor | 7 | 5 | 10 | 10 | 7 | 14 |
| Depot-Server | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Switch (Ports) | 96 | 160 | 72 | 126 | 164 | - |
| Firewall | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Anteilig Server KDO | 0,88 | 0,46 | 0,92 | 0,50 | 0,73 | 0,88 |
| Anteilig Netzwerk KDO | 1,76 | 0,92 | 1,83 | 0,99 | 1,45 | 1,76 |

Soweit möglich, wurden von den vorhandenen Geräten die tatsächlichen Leistungsaufnahmen in Watt ermittelt. Wenn dies nicht möglich war – z.B. weil die Hardware nicht mehr vorhanden war oder weil die genauen Nutzungsmuster unbekannt waren, wurden die Leistungsaufnahmen anhand der Gerätespezifikationen abgeschätzt. Als Basis für die Abschätzungen dienten frühere Studien des Borderstep-Instituts (Fichter, Clausen & Hintemann, 2012; Hintemann et al., 2021; Stobbe et al., 2015). Tabelle 3 stellt die ermittelten Leistungsaufnahmen der verschiedenen Geräte dar.

Tabelle 3: Leistungsaufnahmen der IKT-Geräte

| Geräte | Leistungsaufnahme in Watt |
|--|---------------------------|
| Notebook inkl. Monitor | 49 |
| PC inkl. Monitor | 69 |
| Server in Kommunen | 150 |
| Depot-Server in Kommunen nach Umstellung | 15 |
| Server bei KDO | 322 |
| SAN-System | 150 |
| NAS-System | 35-150 |
| Medienkonverter | 11 |
| Router, Gateway, Optical Switch | 10-23,5 |
| Switch (Ports) | 1,4-2,1 |
| Firewall | 9-35 |
| USV | 10 |

Die THG-Emissionen, die durch die Nutzung der Geräte entstehen, wurden mit Hilfe der spezifischen CO₂-Emissionen in der deutschen Stromproduktion (UBA, 2021) berechnet. Im Jahr 2016 lagen die CO₂-Emissionen im deutschen Strommix bei 523 g/kWh, im Jahr 2020 bei 366 g/kWh. Allein durch die Verbesserung im Strommix wurde daher die durch die IKT-Nutzung in den Kommunen verursachten CO₂-Emissionen deutlich abgesenkt. Um diesen Effekt in der Bewertung ausklammern zu können, wurde auch für die Situation vor der Cloud-Umstellung mit dem Strommix aus dem Jahr 2020 gerechnet.

Zur Berechnung der jährlichen THG-Emissionen in der Herstellung wurden die in Tabelle 4 dargestellten Annahmen verwendet. Sie basieren auf Literaturanalysen und vorangegangenen Studien des Borderstep-Instituts (Bieser, Hintemann, Beucker, Schramm & Hilty, 2020; Hintemann et al., 2021).

Tabelle 4: Geräteausstattung der Kommunen vor der Cloud-Umstellung (Zahl der Geräte)

| Geräte | THG-Emissionen in der Herstellung (in kg CO _{2eq}) | Nutzungsdauer |
|---------------------------------|--|---------------|
| Notebook inkl. Monitor | 380 | 5 |
| PC inkl. Monitor | 400 | 5 |
| Server | 600 | 5 |
| SAN-System | 600 | 5 |
| NAS-System | 300 | 5 |
| Medienkonverter | 100 | 5 |
| Router, Gateway, Optical Switch | 42 | 10 |
| Switch (Ports) | 30 | 10 |
| Firewall | 240-300 | 10 |

5 Ergebnisse

5.1 Energieverbrauch in der Nutzungsphase

Tabelle 5 stellt die mit den oben dargestellten Daten berechneten Jahresenergiebedarfe durch die IKT in den sechs Fallstudien vor der Cloud Umstellung dar.

Tabelle 5: Jahresenergiebedarf der IKT vor der Cloud-Umstellung (in kWh/a)

| Geräte | Fallbeispiel | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Notebook inkl. Monitor | - | 172 | - | - | - | 776 |
| PC inkl. Monitor | 9.472 | 3.522 | 9.837 | 3.157 | 8.987 | 9.108 |
| Server | 7.884 | 2.628 | 5.256 | 2.628 | 5.256 | 5.256 |
| SAN-System | 2.628 | - | - | - | - | 1.314 |
| NAS-System | 1.069 | - | - | 1.314 | - | 307 |
| Medienkonverter | - | 96 | - | - | - | - |
| Router, Gateway, Optical Switch | - | 823 | - | 1.410 | 263 | - |
| Switch (Ports) | 1.498 | 701 | 2.208 | 631 | 1.892 | - |
| Firewall | 210 | 298 | - | 131 | - | - |
| USV | 263 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 |
| Gesamt | 23.024 | 8.328 | 17.388 | 9.360 | 16.485 | 16.848 |
| Energiebedarf pro Arbeitsplatz | 295 | 269 | 215 | 360 | 223 | 201 |

Die höchsten Energiebedarfe werden jeweils durch die PCs und die in den Kommunen vorhandenen Server verursacht. Bezogen auf den einzelnen Computerarbeitsplatz liegt der Jahresenergiebedarf zwischen 201 kWh/a und 360 kWh/a.

Nach der Cloud-Umstellung sind die Energiebedarfe durch die IKT-Nutzung der Kommunen zum Teil sehr deutlich gesunken (Tabelle 6). Die Umstellung auf Cloud-Arbeitsplätze hat bei allen betrachteten Kommunen zu Energieeinsparungen geführt. Die Spannweite der Energieeinsparungen lag zwi-

schen 7% und 47%, abhängig von den vor der Umstellung betriebenen Systemen und von der Entwicklung der Zahl der Arbeitsplätze. Die Reduktion des Stromverbrauchs ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass bei den Kunden deutlich weniger zentrale IT-Ressourcen (Server, Speichersysteme) betrieben werden mussten. Die gleiche Leistung konnte im KDO-Rechenzentrum mit einem aufgrund der Nutzung von Virtualisierung und Cloud-Technologien deutlich geringeren Energieaufwand bereitgestellt werden.

Durch den Einsatz von Thin Clients statt PCs konnte auch am Arbeitsplatz der Energiebedarf sehr deutlich reduziert werden. Die Erhöhungen des Energiebedarfs durch die zusätzliche Datenübertragung zwischen Kunden und KDO und durch das Rechenzentrum von KDO ist im Vergleich zu den Einsparungen im Bereich zentraler IT und Arbeitsplätze sehr gering.

Bezogen auf den einzelnen Computerarbeitsplatz sind die Energieeinsparungen in den Kommunen noch deutlicher. Teilweise hat sich der Energiebedarf pro Arbeitsplatz mehr als halbiert. Im Durchschnitt der Fallstudien konnte der jährliche Stromverbrauch pro Arbeitsplatz um 42% von 240 kWh/a auf 140 kWh/a abgesenkt werden.

Insgesamt konnte der Stromverbrauch aller Computerarbeitsplätze der betrachteten Kommunen um 33% reduziert werden. Dass diese Reduktionen etwas geringer ausfallen als die Reduktion an den Arbeitsplätzen liegt daran, dass die Gesamtzahl der Computerarbeitsplätze zugenommen hat.

Tabelle 6: Jahresenergiebedarf der IKT nach der Cloud-Umstellung (in kWh/a)

| Geräte | Fallbeispiel | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Thin Client inkl. Monitor | 5.544 | 2.464 | 5.729 | 1.109 | 2.772 | 5.174 |
| Notebook inkl. Monitor | - | 172 | - | - | 86 | 86 |
| PC inkl. Monitor | 850 | 607 | 1.214 | 1.214 | 850 | 1.700 |
| Depot-Server | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 |
| Anteilig Server KDO | 2.479 | 1.294 | 2.586 | 1.400 | 2.047 | 2.479 |
| Switch (Ports) | 1.261 | 2.102 | 946 | 1.656 | 2.155 | - |
| Firewall | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 |
| Anteilig Netzwerk KDO | 24 | 12 | 25 | 13 | 20 | 24 |
| Anteilig RZ-Infrastruktur | 759 | 396 | 791 | 429 | 627 | 758 |
| Datenübertragung Netz | 1.088 | 527 | 1.156 | 314 | 595 | 1.111 |
| Gesamt | 12.216 | 7.785 | 12.657 | 6.346 | 9.362 | 11.543 |
| Energiebedarf pro Arbeitsplatz | 126 | 166 | 123 | 227 | 177 | 117 |

5.2 Treibhausgas-Emissionen

Tabelle 7 stellt die berechneten THG-Emissionen für die Situation vor der Cloud-Umstellung dar. Pro Computerarbeitsplatz lagen die jährlichen THG-Emissionen zwischen 161 und 231 kg CO_{2eq}/a.

Tabelle 7: Jährliche THG-Emissionen der IKT vor der Cloud-Umstellung (in kg CO_{2eq}/a)

| Geräte | Fallbeispiel | | | | | |
|--|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Notebook inkl. Monitor | - | 152 | - | - | - | 684 |
| PC inkl. Monitor | 6.240 | 2.320 | 6.480 | 2.080 | 5.920 | 6.000 |
| Server | 720 | 240 | 480 | 240 | 480 | 480 |
| SAN-System | 240 | - | - | - | - | 120 |
| NAS-System | 120 | - | - | 60 | - | 60 |
| Medienkonverter | - | 20 | - | - | - | - |
| Router, Gateway, Optical Switch | - | 17 | 0 | 34 | 13 | - |
| Switch (Ports) | 342 | 168 | 360 | 144 | 432 | - |
| Firewall | 48 | 30 | - | 30 | - | - |
| USV | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 7.710 | 2.947 | 7.320 | 2.588 | 6.845 | 7.344 |
| THG Nutzung (Stromix 2020) | 8.427 | 3.048 | 6.364 | 3.426 | 6.034 | 6.166 |
| Summe THG | 16.137 | 5.995 | 13.684 | 6.013 | 12.878 | 13.510 |
| THG-Emissionen pro Arbeitsplatz | 207 | 193 | 169 | 231 | 174 | 161 |

In Tabelle 8 sind die THG-Emissionen nach der Cloud-Umstellung dargestellt. In Summe wurden die durch die Computerarbeitsplätze der sechs Kommunen verursachten THG-Emissionen durch die Umstellung auf Cloud-Arbeitsplätze um 27% reduziert. Eine Kommune (B) hatte allerdings einen Anstieg der THG-Emissionen zu verzeichnen. Dies ist durch die deutliche Erhöhung der Zahl der Computer-Arbeitsplätze begründet.

Im Durchschnitt der Fallstudien konnten die jährlichen THG-Emissionen pro Arbeitsplatz um 32% von 171 kg CO_{2eq}/a auf 116 kg CO_{2eq}/a abgesenkt werden. Es konnten sowohl die durch den Stromverbrauch bedingten THG-Emissionen abgesenkt werden, als auch die THG-Emissionen, die durch die Herstellung, Transport und Entsorgung der Geräte und Anlagen entstehen. Da die THG-Emissionen durch den Strombedarf die Geräte und Anlagen stärker abnehmen, nimmt der Anteil der THG-Emissionen durch Herstellung, Transport und Entsorgung an den Gesamtemissionen von 51% auf 56% zu. Ein Grund dafür, dass die herstellungsbedingten THG-Emissionen nur in geringem Umfang gesunken sind, liegt darin, dass die Nutzungsdauer der Geräte kürzer als notwendig ist. Dies betrifft insbesondere die Thin Clients. Aktuell werden Thin Clients nur 5 Jahre genutzt, auch wenn sie von der Ausstattung und Leistung problemlos doppelt so lange genutzt werden könnten. Grund für die Beschränkung der Nutzungsdauer sind die Gewährleistungs- und Wartungskonditionen der Hersteller.

Tabelle 8: Jährliche THG-Emissionen der IKT nach der Cloud-Umstellung (in kg CO_{2eq}/a)

| Geräte | Fallbeispiel | | | | | |
|---|--------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | A | B | C | D | E | F |
| TC inkl. Monitor | 4.500 | 2.000 | 4.650 | 900 | 2.250 | 4.200 |
| Notebook inkl. Monitor | - | 152 | - | - | 76 | 76 |
| PC inkl. Monitor | 560 | 400 | 800 | 800 | 560 | 1.120 |
| Depot-Server | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Anteilig Server KDO | 105 | 55 | 110 | 60 | 87 | 105 |
| Switch (Ports) | 576 | 960 | 432 | 756 | 984 | - |
| Firewall | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Anteilig Netzwerk KDO | 11 | 6 | 11 | 6 | 9 | 11 |
| Datenübertragung Netz | 44 | 21 | 47 | 13 | 24 | 45 |
| Gesamt | 5.862 | 3.660 | 6.116 | 2.601 | 4.056 | 5.623 |
| THG-Emissionen in der Nutzung (Stromix 2020) | 4.434 | 2.826 | 4.595 | 2.304 | 3.398 | 4.190 |
| Summe THG | 10.296 | 6.486 | 10.711 | 4.904 | 7.454 | 9.813 |
| THG pro Arbeitsplatz | 106 | 138 | 104 | 175 | 141 | 99 |

5.3 Wesentliche Ergebnisse der Interviews

Ergänzend zu den Berechnungen wurden Interviews mit den verantwortlichen IT-Managern geführt. Durch diese Interviews konnten insbesondere zwei wesentliche Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die Motivation zur Cloud-Umstellung lag nicht in den möglichen Einsparungen beim Energiebedarf und bei den THG-Emissionen. Als wesentliche Gründe wurden für Cloud-Umstellung wurden in den Interviews vor allem die Vereinfachung des IT-Managements und die Erhöhung der Flexibilität genannt.
- Ein wesentlicher Grund für den Anstieg der Zahl der Computerarbeitsplätze bei fast allen Kommunen lag in der vereinfachten Bereitstellung neuer Arbeitsplätze. Die serverbasierte Thin Client Lösung erlaubt es ohne großen Aufwand, neue Computerarbeitsplätze einzuführen. Das hat zum Beispiel bei einer Kommune dazu geführt, dass nach der Cloud-Umstellung auch Praktikanten einen eigenen Computer-Arbeitsplatz bekamen. In einer anderen Kommune war es durch die neue Lösung möglich, eine bislang nicht mit Computerarbeitsplätzen ausgestattete Außenstelle an die zentrale IT anzubinden.

5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der Fallstudien

Zusammenfassend lassen sich auf der Analyse der Fallstudien folgenden Ergebnisse festhalten:

- Bei allen Kunden konnte eine deutliche Absenkung des Energiebedarfs und Reduktion der THG-Emissionen pro Arbeitsplatz erreicht werden.
- Die Interviews mit den Kunden haben gezeigt, dass die Reduktion von Energiebedarf und THG-Emissionen kein bedeutendes Kriterium bei der Einführung der Cloud Lösungen waren. Die Umstellung auf Cloud-Lösungen erfolgte insbesondere aufgrund der Vorteile im IT-Management.

- Wie stark Energiebedarf und THG-Emissionen bei den Kunden insgesamt abnehmen, ist deutlich abhängig von den individuellen Voraussetzungen, z.B. welche Systeme vor der Umstellung genutzt wurden und wie sich die Zahl der Computerarbeitsplätze entwickelt hatte.
- Die Bedeutung der Herstellung für THG-Emissionen wird größer – künftige Klimaschutzmaßnahmen müssen diesen Aspekt stärker berücksichtigen.
- Die Nutzungsdauer der Geräte und Anlagen könnte weiter erhöht werden (Hemmnisse z.B. Support/Wartung der Hersteller)

6 Potenziale für Energie- und THG-Einsparungen durch Cloud-Computing in Deutschland

Neben der Betrachtung einzelner Fallbeispiele wurde im Rahmen des Projektes auch untersucht, welche Klimaschutzpotenziale durch die verstärkte Nutzung von Cloud-Arbeitsplätze in Deutschland bestehen. Aktuell gibt es noch verhältnismäßig wenige Cloud-Arbeitsplätze (auch als „Virtual Desktops“ bezeichnet) in Deutschland. Die meisten Arbeitsplätze sind klassisch mit PCs oder Notebooks ausgestattet und viele Unternehmen betreiben eigene Server z.B. für E-Mail und zentrale Dateiablage. Leider sind keine belastbaren Markt Zahlen zur Nutzung von Cloud-Arbeitsplätzen verfügbar. Als Anhaltspunkt für den Energie- und Ressourcenbedarf durch Computerarbeitsplätze können die in der Studie „Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland“ (Stobbe et al., 2015) sowie darauf aufbauenden Studie „Studie zu Nachhaltigkeitspotenzialen in und durch Digitalisierung in Hessen“ (Hintemann et al., 2021) ermittelten Geräteausstattungen von Computerarbeitsplätzen herangezogen werden. Danach beträgt der Anteil von Thin Clients an den etwa 30 Mio. Computerarbeitsgeräten im Jahr 2020 etwa 12%.

Aus Expertenschätzung und Prognosen zum Wachstum der Marktes für Cloud-Arbeitsplätze (Fior Market Research, 2021; Inkwood Research, 2020; MarketsandMarkets, 2017; Mordor Intelligence, 2020; Orion Market Research Private Limited, 2020; Technavio, 2020) lässt sich grob abschätzen, dass sich der Anteil von Virtual Desktop Arbeitsplätzen an allen Computerarbeitsplätzen bis 2030 etwa verdreifachen könnte. Unterstellt man die in den Fallstudien realisierten Energieeinsparpotenziale von 33%, so lässt sich bei diesem Marktwachstum der durch Computerarbeitsplätze verursachte jährliche Energiebedarf bis zum Jahr 2030 um etwas mehr als 400 GWh/a reduzieren. Für die Reduktion der THG-Emissionen lässt sich eine Größenordnung von 350.000 t CO_{2eq}/a abschätzen.

Für den konkreten Anwendungsfall des Cloud-Arbeitsplatzes sind also in Deutschland noch deutliche Einsparungen von Energie- und THG-Emissionen möglich.

7 Fazit

Zusammenfassend lassen sich folgende Schlussfolgerungen aus der Analyse im Themenfeld „Virtualisierung und Cloud-Computing“ ziehen:

- Cloud Computing weist deutliche Energie- und Ressourceneffizienzpotenziale auf. In den untersuchten Fallbeispielen sind Energiebedarf, THG und auch der Materialaufwand deutlich reduziert worden.
- Im konkreten Anwendungsfall der Bereitstellung von Computerarbeitsplätzen aus der Cloud sind in Deutschland deutliche absolute Reduktionen von Energie- und THG-Emissionen möglich.

- Cloud Computing ermöglicht insbesondere durch die flexible Bereitstellung aber auch eine Ausweitung der Nutzung von IT-Ressourcen.
- In Summe führt die Ausweitung aller Cloud-Anwendungen künftig voraussichtlich zu einer Erhöhung des Energiebedarfs der IKT in Deutschland, die THG-Emissionen der IKT werden sich aufgrund der Dekarbonisierung der Stromerzeugung vermutlich auf konstanten Niveau bewegen.

8 Kurze Diskussion der Ergebnisse

Die Fallstudien zeigen, dass durch Cloud-Computing deutliche Einsparungen an Energie und THG-Emissionen möglich sind.

Dennoch sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass Cloud-Computing insgesamt nicht zu einer Verringerung des Energiebedarfs und der THG-Emissionen der IKT führen muss. Die Fallstudien zeigen, dass die Vorteile in Flexibilität und IT-Management zu einer Ausweitung der Nutzung geführt haben. In den analysierten Kommunen stieg die Zahl der Computerarbeitsplätze insgesamt um 14% an.

Solche Nachfrageerhöhungen sind in vielen Anwendungsgebieten des Cloud-Computings festzustellen. Die hohe Flexibilität und das vereinfachte Management von Cloud Lösungen führen dazu, dass aktuell weltweit immer mehr Cloud-Rechenzentren aufgebaut werden. In Deutschland gibt es zur Zeit einen regelrechten Boom beim Aufbau von Cloud-Rechenzentren (Hintemann, 2021). Das führt dazu, dass trotz der deutlichen Effizienzvorteile von Virtualisierung und Cloud-Computing die Zahl der Server und deren Energieverbrauch in Deutschland kontinuierlich ansteigt. Im Jahr 2020 gab es in Deutschland gemäß der im Vorhaben CliDitrans durchgeführten Modellrechnungen mit 2,4 Mio. Servern trotz massivem Einsatz von Virtualisierung 35% mehr Server als im Jahr 2010. Der Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland stieg im gleichen Zeitraum ebenfalls um fast 60% auf 16 Mrd. kWh im Jahr (Hintemann, 2021).

9 Literaturverzeichnis

- Bieser, J., Hintemann, R., Beucker, S., Schramm, S. & Hilty, L. (2020). *Klimaschutz durch digitale Technologien*. Berlin: Bitkom e.V. Verfügbar unter: <https://www.bitkom.org/klimaschutz-digital>
- Bizo, D. (2019). *The Carbon Reduction Opportunity of Moving to Amazon Web Services*. Zugriff am 20.12.2019. Verfügbar unter: <https://d39w7f4ix9f5s9.cloudfront.net/e3/79/42bf75c94c279c67d777f002051f/carbon-reduction-opportunity-of-moving-to-aws.pdf>
- Fichter, K., Clausen, J. & Hintemann, R. (2012). *Roadmap „Resource-efficient workplace computer solutions 2020“*. Leitfaden. Berlin, Dessau, Roßlau: BMU, Federal Environment Agency & BITKOM. Zugriff am 2.7.2014. Verfügbar unter: http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2014/07/Roadmap_Resource-efficient_workplace_computer_solutions_2020.pdf
- Fior Market Research. (2021, Mai 2). Global Virtual Desktop Infrastructure Market Is Expected to Reach USD 38.41 billion by 2027 : Fior Markets. *GlobeNewswire News Room*. Zugriff am

- 17.3.2021. Verfügbar unter: <http://www.globenewswire.com/news-release/2021/02/05/2170486/0/en/Global-Virtual-Desktop-Infrastructure-Market-Is-Expected-to-Reach-USD-38-41-billion-by-2027-Fior-Markets.html>
- Hintemann, R. (2021). *Rechenzentren 2020. Cloud Computing profitiert von der Krise. Energiebedarf der Rechenzentren steigt trotz Corona weiter an*. Berlin: Borderstep Institut. Verfügbar unter: https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2021/03/Borderstep_Rechenzentren2020_20210301_final.pdf
- Hintemann, R., Clausen, J., Beucker, S. & Hinterholzer, S. (2021). *Studie zu Nachhaltigkeitspotenzialen in und durch Digitalisierung in Hessen*. Studie für Hessen Trade & Invest GmbH im Auftrag der Hessischen Staatskanzlei, Hessische Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung. Wiesbaden: Hessische Staatskanzlei, Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung.
- Hintemann, R. & Iffländer, S. (2021). *ClDiTrans Werkstattbericht 3-1: Virtualisierung und Cloud Computing - Chance für mehr Klimaschutz?*. Berlin, Oldenburg: Borderstep Institut.
- Inkwood Research. (2020). Europe Virtual Desktop Infrastructure Market Trends, Size 2019-2027. Zugriff am 17.3.2021. Verfügbar unter: <https://www.inkwoodresearch.com/reports/europe-virtual-desktop-infrastructure-market/>
- KPMG & Bitkom. (2021). *Cloud-Monitor 2021*. Verfügbar unter: <https://home.kpmg/de/de/home/themen/overview/cloud-computing.html>
- MarketsandMarkets. (2017). Desktop Virtualization Market Size, Share and Global Market Forecast to 2022. Zugriff am 17.3.2021. Verfügbar unter: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/desktop-virtualization-market-137215705.html>
- Masanet, E., Shehabi, A., Ramakrishnan, L., Liang, J., Ma, X., Walker, B. et al. (2014). *The Energy Efficiency Potential of Cloud-Based Software: A US Case Study*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Mordor Intelligence. (2020). Desktop Virtualization Market | Growth, Trends, and Forecast (2020-2025). Zugriff am 17.3.2021. Verfügbar unter: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/desktop-virtualization-market-industry>
- Orion Market Research Private Limited. (2020, Februar). Germany Virtual Desktop Infrastructure (VDI) Market 2019-2025. Zugriff am 17.3.2021. Verfügbar unter: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5013381/germany-virtual-desktop-infrastructure-vdi>
- Stobbe, L., Hintemann, R., Proske, M., Clausen, J., Zedel, H. & Beucker, S. (2015). *Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland - Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie*. Berlin: Fraunhofer IZM und Borderstep Institut. Verfügbar unter: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- Technavio. (2020). Virtual Desktop Infrastructure Market by Application, End-user, Type, and Geography - Forecast and Analysis 2020-2024. Zugriff am 17.3.2021. Verfügbar unter: <https://www.technavio.com/report/virtual-desktop-infrastructure-market-industry-analysis>
- UBA, L. (2021). *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid - Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2020*. Umweltbundesamt. Zugriff am 6.11.2021. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-7>