



CO₂-Bilanzen von IT-Szenarien

ZURICHNETGROUP AG

Zürich, 09.12.2021

Inhalt

Hinweise zur Kommunikation	2
Zusammenfassung.....	3
1 Rahmen und Methodik	4
1.1 Ziel und Verwendung der Studie	4
1.2 Produkte und funktionelle Einheit	4
1.3 Systemgrenzen.....	4
1.4 Methode und Datenbanken	5
1.5 Datengrundlagen	5
1.6 Unsicherheiten.....	6
2 Sachbilanz	7
2.1 IT-Szenarien.....	7
2.1.1 Szenario 1.....	7
2.1.2 Szenario 2.....	7
2.2 «On-Premise» Serverumgebung	7
2.3 «On-Premise» Clientumgebung	8
2.4 «Cloud» Serverumgebung	8
2.5 «Cloud» Clientumgebung.....	9
2.6 Abschätzungen «Cloud» Serverumgebung	9
2.7 Elektronische Geräte	9
2.8 Entsorgung.....	9
3 Wirkungsabschätzung	10
4 Resultate.....	11
4.1 Szenario 1 mit Clients	11
4.2 Szenario 1 ohne Clients	12
4.3 Szenario 2 ohne Clients	13
5 Diskussion	14
6 Literaturverzeichnis	16

Hinweise zur Kommunikation

Life Cycle Assessments (LCA) bergen unter anderem zwei Herausforderungen, welche bei der Kommunikation der Studie berücksichtigt werden müssen:

- **Naturgegebene Unsicherheiten:** Im Unterschied zur Finanzbuchhaltung ist die Buchhaltung von Umweltauswirkungen mit statistischen Unsicherheiten behaftet.
- **Datenlücken:** Fehlende Daten werden z.B. mit Annäherungen in der Studie abgebildet. Ob Annäherungen zulässig und vertretbar sind, oder eine Vereinfachung darstellen, hängt von den jeweiligen Umständen ab.

Durch diese Eigenschaften wird die Kommunikation der Resultate anspruchsvoll. myclimate macht deshalb die Auflage, dass die Kommunikation von Resultaten gegen aussen abgesprochen werden muss. myclimate unterstützt Kunden bei der sachdienlichen Kommunikation, z.B. mit der Erstellung von zusammenfassenden Factsheets. Gerade bei LCAs, deren Resultate nach aussen kommuniziert werden, empfiehlt myclimate die Durchführung eines externen Reviews der Studie durch eine Drittfirma, welche gemäss dem Standard ISO 14040/44 die Studie kritisch begutachtet.

Zusammenfassung

In dieser Studie werden die Treibhausgasemissionen einer lokalen Serverinstallation («On-Premise») und einer gleichwertigen Dienstleistungsstruktur in einer «Cloud» bilanziert und in zwei IT-Szenarien verglichen. Im ersten Szenario wird eine ganze Serverinstallation und im zweiten Szenario eine Backup-Installation für jeweils 50 Clients verglichen.

Sowohl die lokale Installation beim Kunden als auch die Serverinstallation in der Cloud beinhalten die Herstellungs- und Betriebsemissionen der Server. Weiter werden diese Emissionen auch für die Endgeräte berechnet. Die Auslieferung, die Supporttage, die Verpackung sowie auch die Entsorgung der IT-Geräte werden in die Treibhausgasbilanz mit einbezogen.

Es gibt einen signifikanten Unterschied im Szenario 1 zwischen den Treibhausgasemissionen der «Cloud» und «On-Premise». Die Emissionen betragen für die «Cloud» 4.5 kg und für «On-Premise» 30 kg CO₂e pro Client und Jahr. Die Emissionsreduktion zwischen der «Cloud» und «On-Premise» bewegt sich je nach IST-Zustand und Energieherkunft zwischen 70 und 90%.

Der Unterschied ist allerdings nur signifikant, wenn Infrastruktur- sowie Betriebsemissionen der Endgeräte ausgeschlossen werden. Falls diese in die Berechnung einfließen, dann machen die Client-Geräte ca. 80-90% der Gesamtemissionen aus und ein signifikanter Unterschied zwischen der «Cloud» und «On-Premise» ist statistisch nicht mehr nachweisbar.

Im zweiten Szenario ist das Ergebnis ähnlich wie im ersten. Hier kann man eine Emissionsreduktion von ca. 40-80% erwarten. Die Emissionen für das Backup-Szenario in der «Cloud» betragen 1.1 kg und für «On-Premise» 5.7 kg CO₂e. Auch hier wurden die Emissionen der Client-Geräte nicht miteinbezogen.

In den einzelnen Lebenszyklusphasen dominiert bei beiden Szenarien die Infrastrukturemissionen (Herstellung und Rohstoffe) für Server- und Client-Geräte. Dieser Effekt ist vor allem dann stark ausgeprägt, wenn Erneuerbare Energien für die Stromzufuhr bezogen wird. Andere Kategorien wie die Auslieferung, der Support für den Kunden, die Verpackung sowie die Entsorgung der Geräte haben einen deutlich geringeren, aber noch sichtbaren Anteil an der gesamten Treibhausgasbilanz. Die Betriebsemissionen hängen wie bereits erwähnt vom bezogenen Strommix ab.

1 Rahmen und Methodik

1.1 Ziel und Verwendung der Studie

Das Unternehmen zurichnetgroup engagiert sich für einen wissenschaftlich fundierten und effektiven Klimaschutz. Es hat sich zum Ziel gesetzt, ihr Nachhaltigkeitsengagement weiter zu vertiefen und eine vergleichende CO₂-Bilanzierung zweier IT-Szenarien von myclimate erstellen zu lassen. Das Ziel der Analyse ist dabei nicht nur die Treibhausgasemissionen über den ganzen Lebenszyklus zu evaluieren, sondern auch die Schwerpunkte der Belastung sowie die Unterschiede zu identifizieren. In beiden IT-Szenarien werden die Emissionen einer Serverumgebung «On-Premise» mit den Emissionen in einer «Cloud» verglichen. Die beiden IT-Szenarien sind folgendermassen definiert:

- Szenario 1: Die Emissionen einer ganzen Serverinstallation für 50 Clients werden berechnet.
- Szenario 2: Die Emissionen einer Backup-Installation für 50 Clients werden berechnet.

1.2 Produkte und funktionelle Einheit

Analysiert werden jeweils eine «On-Premise» und eine «Cloud» Installation für die beiden Szenarien. Die bilanzierten CO₂-Emissionen beziehen sich auf die *Funktionelle Einheit*, welche sich als «Emissionen in einem Jahr pro Client» liest. Die Funktionelle Einheit ist die Messgrösse, auf die sich Inputs (Sachbilanz) sowie Output (Emissionen) referenzieren (Tabelle 1).

Tabelle 1: Die zwei Szenarien und deren funktionelle Einheiten.

Produkt	Funktionelle Einheit
Szenario 1	pro Client und Jahr
Szenario 2	pro Client und Jahr

1.3 Systemgrenzen

Die Systemgrenzen umfassen generell alle Prozesse innerhalb des Lebenszyklus (*Abbildung 1*). Bei den bilanzierten IT-Szenarien können dies unter anderem der Energieverbrauch für den Betrieb, die Herstellung der IT-Infrastruktur, die Verpackung, die Anlieferung und die Entsorgung (End-of-Life) der eingesetzten Infrastruktur nach aktiven Lebensphase sein. Der geografische Geltungsbereich bezieht sich auf die Schweiz. Als Referenzjahr wurde das Jahr 2020 gewählt. Ausserhalb der Systemgrenze liegt die Datenübertragung der Clients. Es wird angenommen, dass diese nicht massgeblich unterschiedlich ist zwischen einer «On-Premise»- oder «Cloud»-Umgebung. Zudem werden keine nicht relevanten Betriebsemissionen (z.B. Pendelverkehr und Geschäftsreisen der Mitarbeiter) des Rechenzentrums («Cloud») miteinberechnet.

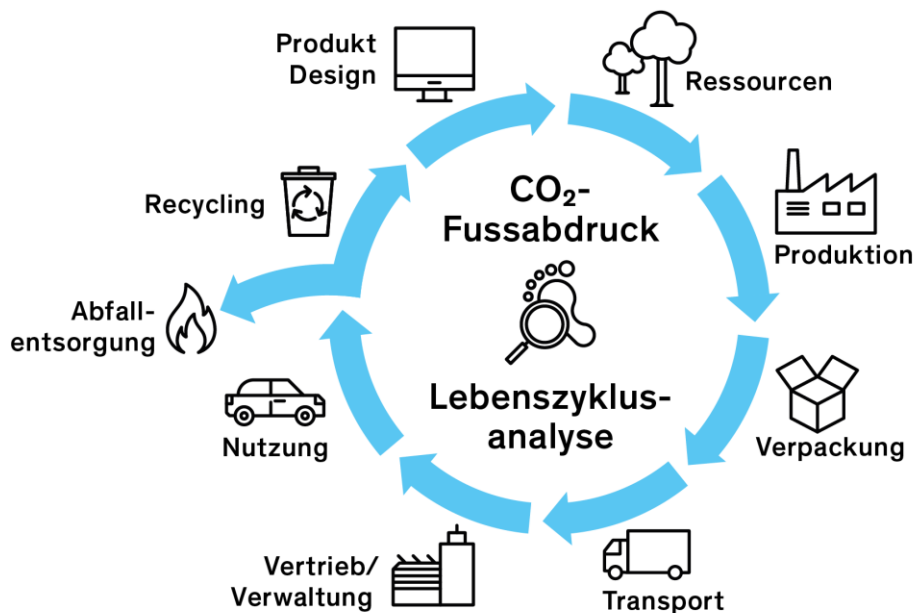


Abbildung 1: Lebensphasen zur Berechnung des Product Carbon Footprints (myclimate-eigene Darstellung).

1.4 Methode und Datenbanken

Die Studie stützt sich auf die ISO-Normen 14040 und 14044 für Ökobilanzen. Vor einer Veröffentlichung der Ergebnisse wird von diesen Normen ein externer Review der Ökobilanz empfohlen. Die Sachbilanz und die Wirkungsabschätzung wurden mit der Ökobilanzierungssoftware SimaPro V9.1.1.1 durchgeführt (Modellierung, Berechnung und Bewertung). Als Datenbank wurde die ecoinvent Version 3.6 (ecoinvent, 2019) verwendet.

1.5 Datengrundlagen

Für die «On-Premise»-Teilszenarien konnte die zurichnetgroup AG detaillierte Angaben zu den Server- wie auch Clientkomponenten machen. Aus diesen Angaben wurden dann die Energieverbräuche für den Betrieb der Server- und Clientumgebung sowie z.B. die Herstellungsemissionen der Infrastruktur ermittelt.

Weiter wurden auf dieser Grundlage alle für die Berechnung der Emissionen notwendigen Inputs/Parameter geschätzt (z.B. Fläche Serverraum). Zudem wurden für die Emissionsberechnung fehlende Server- oder Clientkomponenten (Rack, Patchkabel, usw.) definiert und modelliert.

Für die «Cloud»-Szenarien konnte die zurichnetgroup AG nur wenige Angaben machen. Deshalb basieren diese Berechnungen auf Literaturwerten und internen Schätzungen. Die Schätzwerte für die «Cloud» beziehen sich auf das Rechenzentrum Wankdorf der Swisscom (Swisscom, 2021).

Für alle Auslieferungen oder Transporte wurden die Angaben von zurichnetgroup AG verwendet. Falls dazu keine Angaben zur Verfügung standen, wurde mit durchschnittlichen Transportdistanzen der Schweiz gerechnet (EUROSTATS, 2021).

Die Verpackungsmengen der einzelnen Server- und Clientkomponenten wurden auf den entsprechenden digitec Produktseiten abgelesen (digitec, 2021). Die Verpackungszusammensetzung wurde mittels myclimate Erfahrungswerten geschätzt.

Die abschliessende Phase «EoL» der Server- und Clientkomponenten sowie deren Verpackungen wurde nicht von zurichnetgroup AG angegeben. Hier wurden mit Durchschnittsdaten basierend auf der ecoinvent-Datenbank und internen Erfahrungswerten gearbeitet.

1.6 Unsicherheiten

Jede Emissionsbilanz ist nur ein Modell der Wirklichkeit und demnach mit Unsicherheiten behaftet. Diese sind je nach Qualität der Datengrundlage sowie der gewählten Methoden unterschiedlich hoch. Die Unsicherheiten werden soweit möglich erfasst oder zumindest abgeschätzt. Für eine bessere Übersicht werden die resultierenden Unsicherheiten zudem in den Balken-Diagrammen graphisch dargestellt.

2 Sachbilanz

2.1 IT-Szenarien

In den folgenden zwei Szenarien wird die «Cloud»-Umgebung nicht nur mit der lokalen Server-Installation «On-Premise», sondern auch noch mit «On Premise RE» verglichen. Das «RE» steht hier für «Renewable Energy» oder «Erneuerbare Energien».

2.1.1 Szenario 1

Im ersten Szenario werden die Treibhausgasemissionen einer ganzen Serverinstallation lokal beim Kunden («On-Premise») mit einer äquivalenten Dienstleistungsstruktur in der «Cloud» (RZ Wankdorf, Swisscom) verglichen. Lokal betreibt der Kunde einen gekühlten Serverraum mit einem Server und einer Backup-Lösung. Sowohl die «On-Premise» als auch die «Cloud» Lösung sind für 50 Clients dimensioniert. Zusätzlich zur Anlieferung der ganzen Serverinfrastruktur zum Kunden, gibt es pro Jahr ca. 20 Supporttage, an welchen Mitarbeiter der zurichnetgroup zum Kunden fahren.

2.1.2 Szenario 2

Im zweiten Szenario werden die Treibhausgasemissionen der Backup-Lösung lokal beim Kunden mit einer äquivalenten Dienstleistungsstruktur in der Cloud (RZ Wankdorf, Swisscom) verglichen. Im Grunde genommen, ist Szenario 2 eine Teilmenge des Szenarios 1, welches nur die Emissionen der Datensicherung analysiert. In diesem Szenario gibt es ca. 1-2 Supporttage beim Kunden für die lokale Backup-Lösung. Auch Szenario 2 ist für 50 Clients dimensioniert.

2.2 «On-Premise» Serverumgebung

Die Serverumgebung «On-Premise» (Tabelle 2) beinhaltet neben dem Server auch noch weitere Komponenten wie zum Beispiel die Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV), das Backup-System (Synology NAS) oder auch Server Rack. Weitere Angaben (Tabelle 3) betreffen zum Beispiel die Anzahl Supporttage pro Jahr oder die durchschnittliche Fahrdistanz zum Kunden.

Tabelle 2: Die Serverkomponenten für die «On-Premise» Szenarien.

Komponenten	Masse (kg)	Leistung (W)	Verpackung (kg)
<u>Kundenangaben:</u>			
LENOVO ThinkSystem SR650	19	750	8
LENOVO DCG ThinkSystem Memory 32GB (3x)	0.015	-	-
LENOVO DCG ThinkSystem HDD 900GB (6x)	0.5	-	0.4
LENOVO DCG ThinkSystem Power Supply	1.32	750	1.1
APC USV SRTL1500RMXLI 1350 W	25.7	1'840	4.3
Synology NAS RackStation RS820+	6.4	38	3.3
Western Digital Harddisk	0.75	-	0.02
Klimaanlage (Kältemittel R-32)	30	2'000	5
<u>Zusätzliche Komponenten (geschätzt):</u>			
Rack Standard 42 HE	121	-	77
Patchpanels (3*24 ports)	1.6	-	0.13
Patchkabel (100x)	0.035	-	0.005

Tabelle 3: Zusätzliche Angaben für die Berechnung der Emissionen für die «On-Premise» Serverumgebung.

Angaben	Einheit	Wert
<u>Kundenangabe:</u>		
Energiebezugsfläche Serverraum	m ²	15-20
Beschaffungszyklus	Jahre	4
Anzahl Supporttage vor Ort (Szenario 1)	Tage	15-20
Anzahl Supporttage vor Ort (Szenario 2)	Tage	1-2
Distanz zum Kunden	km	20
Verkehrsmittel zum Kunden	-	Personenwagen
Anzahl Clients	-	50
<u>Schätzungen:</u>		
Auslastung Serverumgebung	%	25
Lebensdauer Rack und Klimaanlage	Jahre	10
Lebensdauer Serverkomponenten	Jahre	6
Anteil Backup an totaler Serverlast	%	20

2.3 «On-Premise» Clientumgebung

Die Clients der «On-Premise»-Clientumgebung haben die in Tabelle 4 und Tabelle 5 angegebene Konfiguration:

Tabelle 4: Die Clientkomponenten für die «On-Premise» Szenarien.

Komponenten	Masse (kg)	Leistung (W)	Verpackung (kg)
LENOVO ThinkCentre M80q TINY	1.25	65	n. a
LENOVO Display T27q	7.44	23	1.71
Tastatur & Maus Set	0.62		0.31
Jabra Evolve 2 85 mit Ladestation	0.55	2.5	0.37

Tabelle 5: Zusätzliche Angaben für die Berechnung der Emissionen der «On-Premise» Client-Umgebung.

Angaben	Einheit	Wert
<u>Schätzungen:</u>		
Auslastung Client	%	50
Lebensdauer Client	Jahre	4

2.4 «Cloud» Serverumgebung

Für die Infrastruktur-, Verpackungs- sowie Entsorgungsemissionen wurden die gleichen Komponenten wie in der Tabelle 2 verwendet. Nur die Klimaanlage wurde nicht miteinbezogen, weil das Rechenzentrum in Wankdorf kein herkömmliches Kühlsystem hat. Die Lebensdauer für das Rack und der Serverkomponenten entsprechen den Werten in der Tabelle 3.

2.5 «Cloud» Clientumgebung

Die Clients der «Cloud»-Clientumgebung haben die in Tabelle 6 angegebene Konfiguration. Weiter wurde mit den in Tabelle 5 angegebenen Schätzwerten gearbeitet.

Tabelle 6: Die Clientkomponenten für die «Cloud» Szenarien.

Komponenten	Masse (kg)	Leistung (W)	Verpackung (kg)
LENOVO PCG Topseller ThinkPad	1.95	65	0.47
LENOVO Display T27q	7.44	23	1.71
Tastatur & Maus Set	0.62		0.31
Jabra Evolve 2 85 mit Ladestation	0.55	2.5	0.37

2.6 Abschätzungen «Cloud» Serverumgebung

Die Berechnungen der «Cloud»-Treibhausgasemissionen basieren unter anderem auf Literaturwerten, Abschätzungen und/oder Erfahrungswerten seitens myclimate (Tabelle 7).

Tabelle 7: Literaturwerte, Erfahrungswerte oder Abschätzungen für die «Cloud» Serverumgebung.

Schätzung	Einheit	Wert	Quelle
Stromverbrauch Rechenzentrum (RZ)	MWh	16'000	(Jakob, Müller, & Altenburger, 2021) (Swisscom, 2021) Berechnung
Fläche Rechenzentrum	m ²	3'067	(Swisscom, 2021)
Raumhöhe RZ	m	2.5	Abschätzung
Anzahl Server im RZ	-	5'000	(Swisscom, 2021)
Anzahl Virtuelle Machines auf einem Server	-	3	Abschätzung
Lebensdauer RZ	Jahre	80	(ecoinvent, 2019)
Anteil Backup an totaler Serverlast	%	20	Abschätzung

2.7 Elektronische Geräte

Es wird angenommen, dass alle elektronischen Geräte sowohl in der Server- als auch in der Clientumgebung marktüblich hergestellt und nach Europa transportiert werden.

2.8 Verpackung

Für das Gewicht der Verpackung wurde ein Mix von 66% Karton, 27% Styropor und 7% Kunststoff angenommen. Dieser Mix wurde für alle Verpackungen der Server- oder Clientkomponenten in beiden Szenarien verwendet.

2.9 Entsorgung

Die Komponenten der Server- und Clientumgebung (z.B. Laptop, NAS) werden nach ihrem funktionellen Lebensende fachgerecht recycelt. Die Kartonverpackungen werden recycelt und alle anderen Verpackungsmaterialien (z.B. Styropor, Kunststoff) werden in einer Kehrichtverbrennungsanlage (KAV) verbrannt.

3 Wirkungsabschätzung

Im Rahmen dieser Studie wird das sogenannte Treibhauspotential (IPCC, 2013) ausgewertet. Dabei wird der Beitrag zur Erwärmung des Klimas aufgrund klimawirksamer Gase berechnet. Für die Berechnung der Treibhausgasemissionen wird die IPCC 2013 Methode mit dem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren verwendet. Die dabei betrachteten Treibhausgase sind Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) Hydrofluorkarbonate, Perfluorkohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid (SF₆) und Stickstofftrifluorid (NF₃).

Aufgrund ihrer verschiedenen physikalischen Eigenschaften haben diese Gase auch einen unterschiedlichen Einfluss auf das Klima, weshalb die anfallenden Emissionen in sogenannte CO₂-Äquivalente (CO₂e) umgerechnet werden. Diese beziffern, wie viel eine bestimmte Menge eines Treibhausgases im Vergleich zur gleichen Menge CO₂ zur globalen Erwärmung beiträgt. So beträgt beispielsweise das CO₂-Äquivalent für Lachgas über einen Zeitraum von 100 Jahren 265, d.h. eine Tonne Lachgas hat denselben Einfluss auf den Treibhauseffekt wie 265 Tonnen CO₂.

4 Resultate

4.1 Szenario 1 mit Clients

Die Treibhausgasemissionen für das Szenario 1 in der «Cloud», «On-Premise» und «On Premise RE» zeigen keinen signifikanten Unterschied (Abbildung 2). So weicht das Resultat für die Cloud mit 193 kg CO₂e nur marginal vom Resultat «On-Premise» mit 172 kg CO₂e ab. Ein signifikanter Unterschied liesse sich nur ausweisen, wenn sich die grauen Unsicherheitsbalken nicht überschneiden würden.

Der Hauptgrund für dieses Resultat ist der Einbezug der Client Infrastruktur- sowie der Betriebsemissionen, welche in allen drei Fällen zwischen 83-96% der Gesamtemissionen ausmachen. Speziell der modellierte 27 Zoll Monitor trägt hier einen grossen Teil bei (80-90% der Infrastrukturemissionen der Clients). Neben den Infrastrukturemissionen für die Clients haben auch die Betriebsemissionen der Clients einen grösseren Einfluss. Diese unterscheiden sich aber, wenn man anstatt dem typischen Strommix der Schweiz z.B. Erneuerbare Energien verwendet. Die weiteren Emissionen (Serverbetrieb, Support, Entsorgung) haben in diesem Szenario 1 mit Clients nur einen kleinen Einfluss auf das Gesamtergebnis.

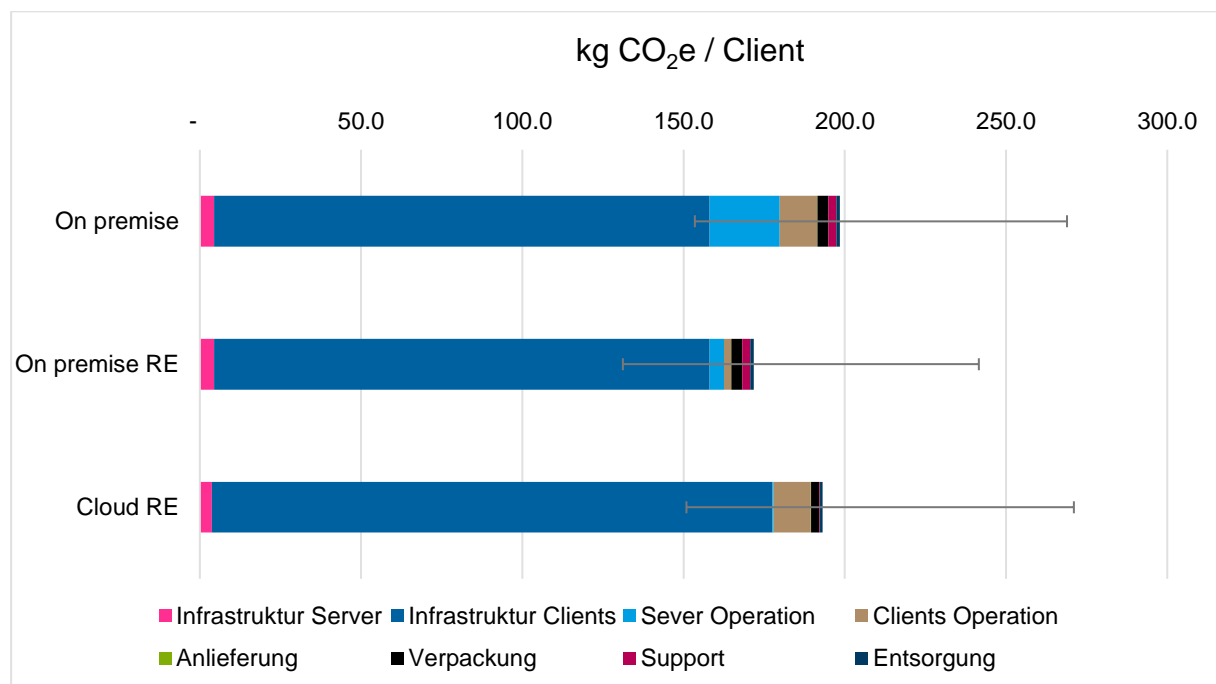


Abbildung 2: Treibhausgasemissionen des Szenarios 1 mit Clients: Die Emissionen werden verglichen zwischen «On-Premise» mit herkömmlichem Strom, «On-Premise RE» mit Erneuerbarem Strom (RE) und der «Cloud». Die statistisch gesicherten Werte liegen innerhalb des 95%-Konfidenzintervall von 154-269 kg CO₂e für «On-Premise», 131-242 kg CO₂e für «On Premise RE» und 151- 271 kg CO₂e für die Cloud.

4.2 Szenario 1 ohne Clients

Die Treibhausgasemissionen für das Szenario 1 ohne Clients in der «Cloud», «On-Premise» und «On Premise RE» zeigen einen signifikanten Unterschied (Abbildung 3). Die «Cloud» schneidet mit 4.5 kg CO₂e pro Client ca. sechsmal besser ab als die «On-Premise» Installation (29.2 kg CO₂e) mit herkömmlichem Strom. Auch im Vergleich mit der «On-Premise RE» Installation mit Erneuerbarem Strom (11.9 kg CO₂e) schneidet die «Cloud» knapp dreimal besser ab.

Den Hauptunterschied machen auch hier die Betriebsemissionen aus, welche in der Cloud vergleichsweise tief sind. Weiter fallen bei der Cloud praktisch keine direkten Supporttage an, da der ganze Server-Support durch den Betreiber der Cloud übernommen wird. D.h. die Fahrten von zurichnetgroup AG zum Kunden fallen weg. Die Infrastrukturemissionen für die Serverumgebung sind bei allen drei Optionen in etwa gleich. Allerdings machen diese bei der Cloud ca. 80% der Emissionen aus. Weitere Emissionen von den Verpackungen oder Entsorgung sind hier nur sekundär.

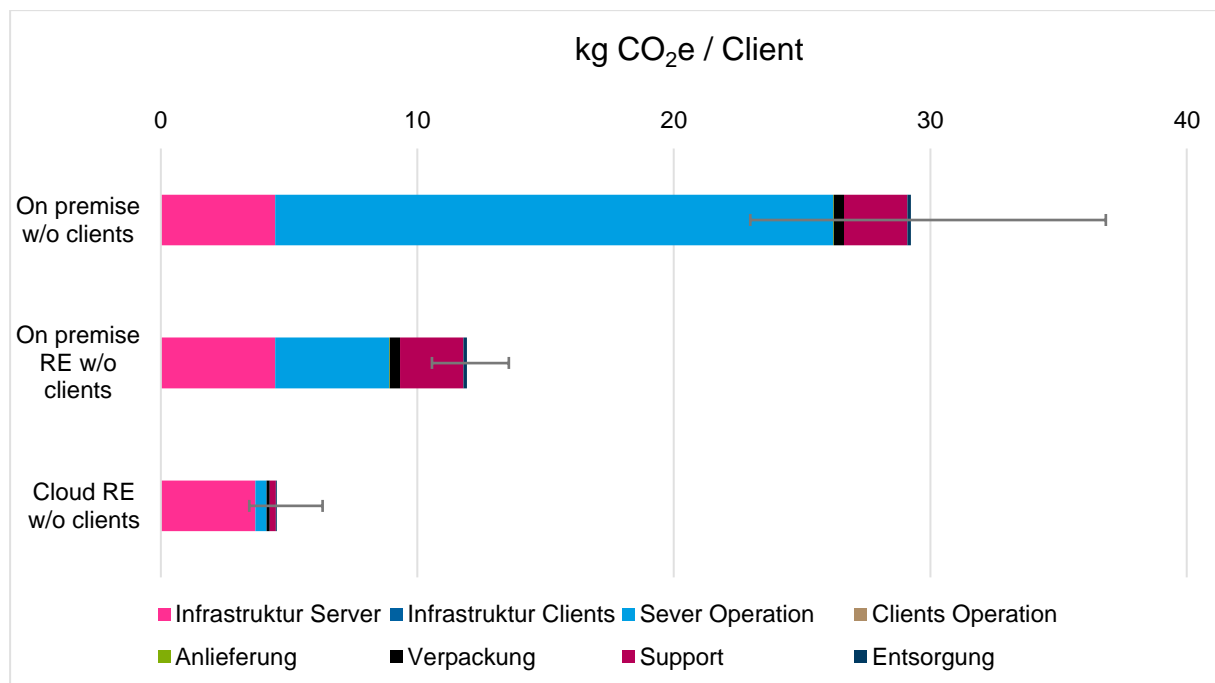


Abbildung 3: Treibhausgasemissionen des Szenarios 1 ohne Clients: Die Emissionen werden verglichen zwischen «On-Premise» mit herkömmlichem Strom, «On-Premise RE» mit Erneuerbarem Strom (RE) und der «Cloud», ebenfalls mit Erneuerbarem Strom. Die statistisch gesicherten Werte liegen innerhalb des 95%-Konfidenzintervall von 23.0-36.8 kg CO₂e für «On-Premise», 10.6-13.6 kg CO₂e für «On Premise RE» und 3.4-6.3 kg CO₂e für die Cloud.

4.3 Szenario 2 ohne Clients

Die Treibhausgasemissionen für das Szenario 2 ohne Clients in der «Cloud», «On-Premise» und «On Premise RE» zeigen einen signifikanten Unterschied (Abbildung 4/Abbildung 3). Die «Cloud» schneidet mit 1.1 kg CO₂e pro Client ca. fünfmal besser ab als die «On-Premise» Installation (5.5 kg CO₂e) mit herkömmlichem Strom. Auch im Vergleich mit der «On-Premise RE» Installation mit Erneuerbarem Strom (2.5 kg CO₂e) schneidet die «Cloud» zweieinhalbmal besser ab.

Der Hauptunterschied sind die Betriebsemissionen, welche in der Cloud vergleichsweise tief sind. Weiter fallen bei der Cloud praktisch keine direkten Supporttage an, da der ganze Server-Support durch den Betreiber der Cloud übernommen wird. D.h. die Fahrten von zurichnetgroup AG zum Kunden fallen weg. Die Infrastrukturemissionen für die Serverumgebung sind bei allen drei Optionen in etwa gleich. Weitere Emissionen wie die Verpackungen und die Entsorgung sind auch im Szenario 2 ohne Clients sekundär. Auf das Szenario 2 mit Clients wird an dieser Stelle verzichtet, da dieses wie Szenario 1 mit Client vor allem von den Infrastruktur- und Betriebsemissionen der Endgeräte abhängt und somit auch kein signifikanter Unterschied resultiert.

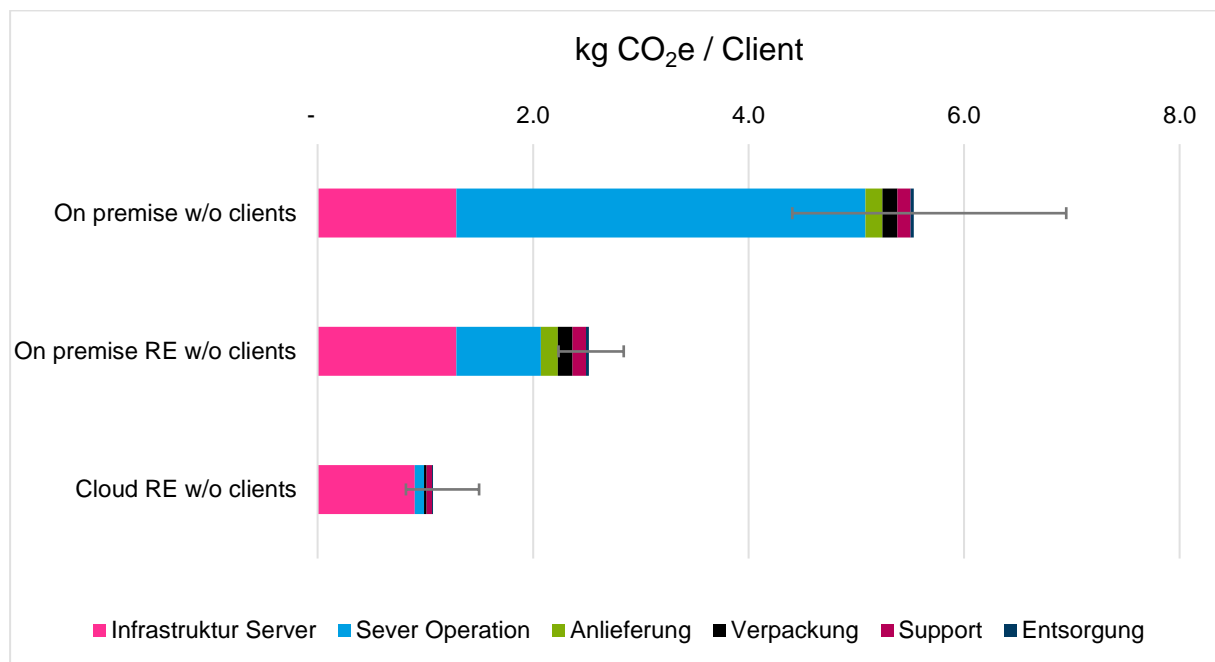


Abbildung 4: Treibhausgasemissionen des Szenarios 2 ohne Clients: Die Emissionen werden verglichen zwischen «On-Premise» mit herkömmlichem Strom, «On Premise RE» mit Erneuerbarem Strom (RE) und der «Cloud», ebenfalls mit Erneuerbarem Strom. Die statistisch gesicherten Werte liegen innerhalb des 95%-Konfidenzintervall von 4.4-6.9 kg CO₂e für «On-Premise», 2.2-2.8 kg CO₂e für «On Premise RE» und 0.8-1.5 kg CO₂e für die Cloud.

5 Diskussion

In Anbetracht der in Kapitel 1.3 beschriebenen Lebenszyklen dieser zwei IT-Szenarien können zwei Grundaussagen gemacht werden:

1. Bezieht man die Treibhausgasemissionen der Clients mit ein, so machen diese ca. 80-96% der Gesamtemissionen pro Client und Jahr aus.
2. Die Treibhausgasemissionen (ohne Clients) einer lokalen Server-Installation («On-Premise») sind signifikant höher als eine äquivalente Dienstleistung in der «Cloud».

Die Infrastruktur- und Betriebsemissionen der Clients, wie zum Beispiel der 27 Zoll Monitor, der Desktop oder der Laptop haben einen grossen Einfluss auf das Ergebnis pro Client und Jahr. Der Anteil dieser Emissionen beträgt ca. 80-96%. Somit ist auch klar, dass die Gesamtemissionen vom Typ oder Grösse der Geräte, der Herkunft oder dem Beschaffungszyklus abhängen. Um Emissionen zu reduzieren, könnte man beim Einkauf der Client-Infrastruktur darauf achten, dass der Energieverbrauch tief (Energieetikette Klasse A) oder dass die Client-Infrastruktur von hoher Qualität ist und somit ein längerer Beschaffungszyklus (z.B. 5 statt 4 Jahre) garantiert werden kann. In einer ähnlichen Studie des deutschen Umweltbundesamtes wurde ein VDI-Client mit einem Desktop-PC verglichen. Die dortigen Emissionen belaufen sich auf ca. 100 bzw. 150 kg CO₂ pro Arbeitsplatz und Jahr (Gröger & Liu, 2021), was vergleichbar ist mit den Werten (130-260 kg CO₂) in dieser Studie. Die Infrastruktur-Emissionen dieser Studie wurden ebenfalls auf einen Beschaffungszyklus von 4 Jahre normiert, damit die Emissionen vergleichbar sind.

Die Treibhausgasemissionen einer «On-Premise» Server Installation verursacht signifikant mehr Treibhausgasemissionen als eine äquivalente Dienstleistung in der «Cloud». Die Resultate des Szenarios 1 (ohne Clients) zeigen, dass die «Cloud» ca. 70-90% weniger Emissionen verursacht, verglichen mit einer «On-Premise»-Installation mit herkömmlichem Strom. Die Einsparung gegenüber einer «On-Premise RE» Installation mit Erneuerbarem Strom liegt zwischen 45-75%. Die Ergebnisse sind natürlich abhängig von verschiedensten Faktoren und Annahmen. Wichtige Parameter wie z.B. der Stromverbrauch von ca. 16'000 MWh, die Anzahl Server (5'000) im Rechenzentrum oder die Anzahl virtueller Maschinen (3) auf einem Server, beruhen auf Literaturwerten oder Schätzungen. Aber auch wenn die Unsicherheiten verdoppelt werden, verursacht die «Cloud» immer noch 20-50% weniger Emissionen als die lokale Serverumgebung beim Kunden. Um diese Unsicherheiten zu reduzieren sind Primärdaten von Betreibern eines grossen Rechenzentrums wie z.B. das der Swisscom im Wankdorf erforderlich.

Die hier berechneten Ergebnisse sind vergleichbar mit mehreren Studien. Die Emissionsreduktion von einer «On-Premise» zur einer «Cloud» Serverumgebung liegt je nach IST-Zustand zwischen 50% bis zu über 90% (accenture, 2020; accenture & WSP, 2010; Masanet, Shehabi, Ramakrishnan, Liang, & Ma, 2013; Microsoft and WSP, 2020). Gemäss diesen Studien sind die Hauptgründe für den Rückgang der Emissionen neben dem Einsatz von Erneuerbaren Energien z.B. Skaleneffekte der Serverhardware, die Energieeffizienz und vor allem auch die Auslastung der Server. Zu den wichtigsten Faktoren gehören eine verbesserte Energieversorgung und Kühlsysteme, die einen geringeren Energieverbrauch pro Recheneinheit ermöglichen, zudem neuere und effizientere Hardware, die von den Cloud-Anbietern optimiert werden, sowie eine hohe Serverauslastung, die um ein Vielfaches höher ist als bei einem lokalen Server (accenture, 2020). Weiter kann die Auslastung der Server in der Cloud durch einen gesteigerten Virtualisierungsgrad nochmals verbessert und optimiert werden (accenture & WSP, 2010; Amstein + Walthert & IWSB, 2014).

Nicht zu vernachlässigen sind die Emissionen für den Stromverbrauch der lokalen Klimaanlage in der «On-Premise» Serverinstallation, welche ca. 50% der Betriebsemissionen ausmachen. Diese Emissionen sind im Falle des Rechenzentrums Wankdorf zu vernachlässigen, weil dort durch ein modernes Kühlsystem (Verdunstung, Regenwasser) ohne Kältemittel gekühlt wird. Auch hier kann die «On-Premise» Lösung durch die korrekte Dimensionierung der Klimaanlage Energie einsparen.

Die Ergebnisse des Szenario 2 entsprechen den Ergebnissen des Szenarios 1. Auch hier kann man mit einem Rückgang von 70-80% für eine «On-Premise» Umgebung mit herkömmlichem Strom und einem Rückgang von 40-70% für eine «On Premise RE» Umgebung mit Erneuerbarem Strom rechnen. Wichtig ist aber, dass sowohl bei der lokalen wie auch bei der Server-Installation in der Cloud davon ausgegangen wird, dass die Backup-Lösung eine Teilmenge der ganzen Serverstruktur ist und die Emissionen somit anteilmässig heruntergebrochen werden. Für eine genauere Analyse sind Primärdaten (v.a. vom Rechenzentrum) erforderlich.

Die Treibhausgasemissionen eines Produkts, einer Dienstleistung oder eines Szenarios sind nur eine Betrachtungsweise von mehreren Umweltauswirkungen. Eine umfassendere Evaluation bezüglich Auswirkungen, zum Beispiel mittels der Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte) kann aufzeigen, welche weiteren Aspekte wichtig sind (z.B. Schadstoffeinträge in Boden und Wasser, Ressourcenverbrauch). Allenfalls kann bei dieser Betrachtung eine Verschiebung der Wichtigkeit der verschiedenen Teilaspekte resultieren und somit auch andere Handlungsfelder identifiziert werden.

6 Literaturverzeichnis

- accenture & WSP. (2010). *Cloud Computing and Sustainability: The Environmental Benefits of Moving to the Cloud*.
- accenture. (2020). *The green behind the cloud*.
- Amstein + Walthert & IWSB. (2014). *Rechenzentren in der Schweiz - Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotential*. Basel.
- digitec. (30. 11 2021). Von <https://www.digitec.ch/> abgerufen
- ecoinvent. (2019). ecoinvent 3.6. *Ökoinventar Datenbank Version 3.6 des Schweizerischen Zentrums für Ökoinventare*. Zürich, Schweiz.
- EUROSTATS. (2021). Von <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database> abgerufen
- Gröger, J., & Liu, R. (2021). *Green Cloud Computing*. Berlin: Umweltbundesamt.
- IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1535 pp. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.
- Jakob, M., Müller, J., & Altenburger, A. (2021). *Rechenzentren in der Schweiz - Stromverbrauch und Effizienzpotential*. Ittigen: Energie Schweiz & Bundesamt für Energie.
- Masanet, E., Shehabi, A., Ramakrishnan, L., Liang, J., & Ma, X. (2013). *The Energy Efficiency Potential of Cloud-based Software: A U.S. Case Study*. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Microsoft and WSP. (2020). *The carbon benefits of cloud computing*.
- Swisscom. (17. November 2021). *Rechenzentrum Wankdorf*. Von <https://swisscom.ch/docs/default-source/broschuere-rechenzentrum/broschuere-rechenzentrum.pdf> abgerufen