

**Product Carbon Footprint für
die Trinkwasserbereitstellung
durch ein Grohe Blue Armatu-
rensystem im Vergleich zu Mi-
neralwasser**

**Product Carbon Footprint for
drinking water supply through
a Grohe Blue faucet system
compared to mineral water**

Tim Schröder, M.Sc.¹
Dipl. Geoökol. Meike Schmehl¹
Prof. Dr. Jutta Geldermann¹

¹Professur für Produktion und Logistik
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 3
D-37073 Göttingen
Email: produktion.uni-goettingen.de

Product Carbon Footprint für die Trinkwasser- bereitstellung durch ein Grohe Blue Armatu- rensystem im Vergleich zu Mineralwasser

Tim Schröder
Prof. Dr. Jutta Geldermann
Professur für Produktion und Logistik
Georg-August-Universität Göttingen

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
2 Modellierung des Produktlebenszyklus in Umberto NXT LCA	3
2.1 Datenherkunft und Qualität	3
2.2 Systemgrenzen	4
2.3 Szenarienbildung.....	5
2.4 Funktionelle Einheit	6
2.5 Allokation	6
2.6 Modellierung des Netzes	6
2.6.1 Raw Materials Phase.....	8
2.6.2 Manufacture.....	19
2.6.3 Distribution.....	22
2.6.4 Consumer Use.....	23
2.6.5 Recycling/Disposal	27
3 Ergebnisse und Analyse	29
3.1 Grundergebnis.....	29
3.1.1 Analyse der Grundergebnisse	29
3.2 Vergleichsgrößen Literaturanalyse	33
3.3 Sensitivitäts- und Szenarioanalyse	35
3.3.1 Wasserkonsum	35
3.3.2 Isolierte Betrachtung der Absatzmärkte	37
3.3.3 Betrachtung ohne Armatur	37
3.3.4 Isolierte Betrachtung der drei Trinkwasseroptionen	38
3.3.5 Ökostrom Nutzung im Betrieb	38
3.3.6 Kühlmittelfreisetzung	38
4 Fazit.....	40
Literaturverzeichnis	V
Anhang	VII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: geographische Darstellung der Grohe Blue Supply Chain Mitglieder	7
Abbildung 2: Petrinetz Kartusche	9
Abbildung 3: Maßzeichnung und Phasen-Schema 600 Liter Filters	10
Abbildung 4: Petrinetz Filter	12
Abbildung 5: Petrinetz Komponenten	13
Abbildung 6: Petrinetz Verpackung Portugal	15
Abbildung 7: Petrinetz Kühler	16
Abbildung 8: Petrinetz CO2 Flasche 600 l	17
Abbildung 9: Petrinetz Zubehör	18
Abbildung 10: Petrinetz Verpackung Hemer	19
Abbildung 11: Ausschnitt Manufacture Phase	20
Abbildung 12: Petrinetz Versand Grohe Blue	22
Abbildung 13: Ausschnitt Consumer Use Phase	23
Abbildung 14: Petrinetz Grohe Blue Wassermix	24
Abbildung 15: Petrinetz Strommix	25
Abbildung 16: Maßzeichnung Grohe Blue Filter 3000 l	26
Abbildung 17: Prozentuale Treibhausgasemissionen je Liter nach Lebenszyklusphasen	29
Abbildung 18: Absolute Treibhausgasemissionen nach Lebenszyklusphasen [g CO ₂ -Eq / l]	30
Abbildung 19: Beiträge zum CO ₂ -Fußabdruck in der Manufacture Phase	30
Abbildung 20: Anteile an CO ₂ -Eq-Emissionen bis zur Inbetriebnahme des Systems	31
Abbildung 21: CO ₂ -Eq-Emissionen je Liter Trinkwasser im Basisszenario Unternehmen	32
Abbildung 22: CO ₂ -Eq-Emissionen je Liter Trinkwasser im Basisszenario Privathaushalt	32
Abbildung 23: Vergleich Grohe Blue zu Mineralwasser / Wasserspender	33
Abbildung 24: Sensitivitätsanalyse Wasserkonsum	36
Abbildung 25: Sensitivitätsanalysen Privathaushalt und Unternehmen	36
Abbildung 26: Ergebnisbandbreiten für Nutzung im Unternehmen und Privathaushalt	40
Abbildung 27: Energieinputs Grohe Blue Montage in Albergaria	XV

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wirkfaktoren beispielhafter Treibhausgasen	1
Tabelle 2: Ablauf des Projekts	2
Tabelle 3: Grohe Blue Nutzung in den Basisszenarien „Unternehmen“ und „Privathaushalt“. 5	
Tabelle 4: Inputs Kartusche	10
Tabelle 5: Parameter betrachteter Filter	11
Tabelle 6: Herleitung Gewichte Filter	11
Tabelle 7: Inputs Filter	11
Tabelle 8: Inputs Komponenten	14
Tabelle 9: Inputs Verpackung Portugal	14
Tabelle 10: Inputs Kühler	15
Tabelle 11: Inputs CO2 Flasche 600 l	17
Tabelle 12: Inputs Zubehör	18
Tabelle 13: Inputs Verpackung Hemer	19
Tabelle 14: Inputs Armatur	21
Tabelle 15: Herleitung Energieverbäuche Montage Armatur	21
Tabelle 16: Transportstrecken und -mittel bei der Distribution des Grohe Blue Systems	22
Tabelle 17: Durchschnittliche Inputs für 1 Liter Grohe Blue Trinkwasser	27
Tabelle 18: Reststoffe pro Armatur	28
Tabelle 19: Veränderung der Treibhausgasemissionen bei Nutzung in einem Land	37
Tabelle 20: spezifische Treibhausgasemissionen bei Veränderung des Nutzungsprofils	38
Tabelle 21: Treibhausgasemissionen bei partieller Freisetzung des Kühlmittels [g CO ₂ -Eq / Liter]	39

Abkürzungsverzeichnis

µm	Mikrometer
CO ₂ -Eq	CO ₂ -Äquivalent
DAX	Deutscher Aktienindex
g	Gramm
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
km	Kilometer
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
m	Meter
mm	Millimeter
t	Tonnen
THG	Treibhausgas
tkm	Tonnenkilometer
Wh	Wattstunde

1 Einleitung

Zu den größten Herausforderungen der Gegenwart gehört die Reduktion der weltweiten Emission von Treibhausgasen (THG). Die Bundesregierung hat das Ziel ausgegeben, bis zum Jahr 2020 die THG-Emissionen gegenüber dem Jahr 1990 um 40 % zu senken. Um dieses Ziel zu erreichen, werden neben Privatpersonen auch Unternehmen in die Pflicht genommen, ihren Beitrag zu leisten. In diesem Zusammenhang verfolgen beispielsweise rund 70 % der DAX 30-Unternehmen verpflichtende CO₂-Reduktionsziele (Eitelwein/Goretzki 2010).

Im Durchschnitt war im Jahr 2011 jeder Deutsche für den Ausstoß von etwa 11 t CO₂-Äquivalenten jährlich verantwortlich (ca. 30 kg täglich) (Umweltbundesamt 2013). Diesen Wert gilt es zu verringern, soll das auf der UN-Klimakonferenz 2009 in Kopenhagen definierte Ziel der Beschränkung der Erderwärmung auf 2 °C erreicht werden (United Nations 2009). Dazu bedarf es einiger großer, aber vor allem auch vieler kleiner Schritte im täglichen Leben. Daraus folgend wird Klimafreundlichkeit zunehmend als ein wichtiger Faktor wahrgenommen, der bei Kaufentscheidungen für Privatkunden, Unternehmen und Geschäftspartner eine Rolle spielt (Schmidt 2010 und Eitelwein/Goretzki 2010). Das Produktportfolio der GROHE AG beinhaltet unter anderem das Grohe Blue System, das es ermöglicht, herkömmliches Leitungswasser durch Filterung, Kühlung und Karbonisierung zu einem Substitut für Mineralwasser aus der Flasche aufzubereiten. Das System richtet sich sowohl Unternehmen als auch Privathaushalte. Gerade Unternehmenskunden ist es dabei zunehmend wichtig, einschätzen zu können inwiefern die Installation der Grohe Blue Armatur ihre eigene CO₂-Bilanz beeinflusst. Grohe möchte potentiellen Kunden mit dem Product Carbon Footprint die Möglichkeit dazu geben.

Tabelle 1: Wirkfaktoren beispielhafter Treibhausgasen

Chemische Substanz	kg CO ₂ -Eq / kg THG
Kohlendioxid (CO ₂)	1
Methan (CH ₄)	25
Distickstoffmonoxid (N ₂ O)	298
Schwefelhexafluorid (SF ₆)	22.800

Quelle: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007)

Ziel der Studie ist die Erstellung eines Product Carbon Footprint, der Aussagen über die Treibhausgasemissionen ermöglicht, die in festgelegten Nutzungsszenarien beim Konsum eines Liters Trinkwasser aus der Grohe Blue Armatur entstehen. Um die Werte verschiedener Treibhausgase in einem Ergebniswert zu aggregieren werden alle Treibhausgase in CO₂-Äquivalente (CO₂-Eq) umgerechnet. Die Datenbasis für die Wirkfaktoren ist IPCC Be-

richt. Einige davon sind beispielhaft in Tabelle 1 gegeben.

Der Projektstart erfolgte am 23.07.2013 mit dem Kickoff-Meeting und wird im November 2013 mit der Abgabe dieses Berichtes abgeschlossen. Zunächst wurden im August und September die benötigten Daten akquiriert und strukturiert und in einem Berechnungsmodell in der Umberto NXT LCA Software implementiert. Ende September 2013 wurden vorläufige Ergebnisse der Betrachtung an Grohe kommuniziert. Anschließend wurde im Oktober und November 2013 der vorliegende Bericht zur Dokumentation des Vorgehens angefertigt und das Projekt abgeschlossen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Ablauf des Projekts

Arbeitspaket	2013				
	Monate				
	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov
Arbeitspaket 1: Definition und Untersuchungsrahmen					
Arbeitspaket 2: Erstellung Stoffstromnetze					
Arbeitspaket 3: Datenerhebung und -validierung					
Arbeitspaket 4: Wirkungsabschätzung, Sensitivitätsanalyse und Auswertung					

Die Betrachtung geht von Produktion und Installation der Armatur im Jahr 2014 aus. Ab Januar 2014 wechselt Grohe den Lieferanten der Filter aus. Diese kommen dann, wie in dieser Betrachtung bereits angenommen, aus Mondsee in Österreich und nicht mehr vom bisherigen Lieferanten in Deutschland. Der Betrachtungszeitraum erstreckt sich von 2014 je nach Szenario fünf bis zehn Jahre in die Zukunft.

2 Modellierung des Produktlebenszyklus in Umberto NXT LCA

Dieser Abschnitt beschreibt die Modellierung des Lebenszyklus zur Berechnung der Treibhausgasemissionen des GROHE BLUE Systems mit der Software „Umberto NXT LCA“ des ifu Instituts Hamburg.

In Umberto NXT LCA werden Prozessketten durch Petri-Netze modelliert. Diese bestehen aus zwei Arten von Knoten, die mittels Kanten verbunden sind. Bei den Knoten kann es sich dabei um Stellen (Kreise/Ellipsen) und Transitionen (Quadrate/Rechtecke) handeln. Eine Kante (Pfeil) verbindet eine Stelle mit einer Transition oder umgekehrt, niemals jedoch eine Stelle mit einer Stelle oder eine Transition mit einer Transition.

Für die Modellierung von Produktionsprozessen bedeutet das, dass ein oder mehrere Materialien von einer Stelle an eine Transition weiter gereicht werden. In dieser Transition können dann aus verschiedenen Inputmaterialien neue Outputmaterialien entstehen, die von der Transition wiederum an eine Stelle „geliefert“ werden. So können beispielsweise aus zwei Stellen die Materialien Aluminium und Energie an eine Transition geliefert werden, wo daraus flüssiges Aluminium entsteht, das dann wiederum an eine nachgelagerte Stelle geliefert wird. Von dort ausgehend kann dann in einer nachfolgenden Transition, ggf. unter Zugabe weiterer Materialien aus anderen Stellen, wiederum ein neues Material entstehen usw. Ebenso lassen sich Transport- und Lagerprozesse durch Transitionen modellieren. Hierbei geht Energie (Diesel, Strom) als weiteres Inputmaterial neben dem Transportgut in die Transition ein. So lässt sich der gesamte Lebenszyklus eines Produktes „von der Wiege bis ins Grab“, also von der Rohstoffentnahme aus der Natur bis zur Entsorgung der Abfälle, darstellen. Das Petri-Netz des gesamten Produktlebenszyklus einer Grohe Blue Armatur ist im Anhang auf Seite VII dargestellt. Auf einzelne Bereiche bzw. Subnetze des Modells wird im Folgenden genauer eingegangen.

2.1 Datenherkunft und Qualität

Der Großteil der verwendeten Daten wird von Grohe zur Verfügung gestellt. Grundlegend ist dabei die Stückliste der Grohe Blue Armatur, die sowohl Informationen zu den Materialien der eingesetzten Inputs als auch zu deren Gewichten enthält. Diese ist im Anhang ab Seite VIII zusammengestellt. Einige komplexere Zulieferteile sind auf der Stückliste als Halbfertigerzeugnisse ohne weitere Detailinformationen angegeben (z.B. Kühler, Filter, Kohlendioxidflaschen). Der Zulieferer des Kühlers, die IMI Cornelius Deutschland GmbH, stellt eine detaillierte Stückliste mit Materialien und Gewichten zur Verfügung, so dass eine solide Datenbasis vorliegt. Anders stellt sich die Situation bei den übrigen fremdbezogenen Zwischenprodukten dar. Hier werden aus technischen Zeichnungen oder vergleichbaren Produkten anderer Hersteller Volumina oder Gewichte hergeleitet und mit Hilfe von Grohe sowie Literatur-

und Internetrecherchen Material und Gewicht bestimmt. Zudem werden benötigte Transportdistanzen, beispielsweise zwischen den Grohe Werken in Hemer und Albergaria in Portugal, durch eine Routenabfrage im Onlinekartendienst von Google ermittelt und grob gerundet.

Um den Energieaufwand und die Emissionen bei der Herstellung der benötigten Materialien zu bestimmen, werden die „ecoinvent 2.2“ und „ecoinvent 3“ Datenbanken des schweizerischen ecoinvent-Zentrums verwendet (Ecoinvent 2013). Diese stellt Datensätze zur Verfügung, die die durchschnittlichen Emissionen berechnen, die bei der Produktion oder Verarbeitung bestimmter Materialien anfallen. So können Emissionen, die beim Spritzguss von Plastikteilen oder bei der Metallverarbeitung von Stahl, Aluminium oder Kupfer entstehen, ebenso modelliert werden wie die Produktion der Metalle oder Kunststoffe selbst. Wo solche vordefinierten Prozesse nicht vorliegen, werden ähnliche Prozesse als Vergleichsbasis herangezogen. Bei nicht in der Datenbank enthaltenen Legierungen wurde das Metall, das den Hauptanteil ausmacht als maßgeblich angenommen. Ist das Material eines Bauteils in der Stückliste nicht angegeben, wird aus anderen Hinweisen darauf geschlossen (z.B. Schraube → Stahl). Bei nicht eindeutigen Materialbezeichnungen von Halbfertigerzeugnissen („Steel/AL“), wie sie z.B. in der Stückliste des Kühlers vorkommen, wird analog vorgegangen. In diesem Fall weist beispielsweise die Bezeichnung des Materials, „Alublock - Grohe (180mm hoch)“, auf den Hauptbestandteil Aluminium hin.

Ein ähnliches Problem ergibt sich bei einigen Kunststoffarten. Während sich verbreitete Kunststoffe wie Polypropylen (PP), Polyethylen (PE) oder Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) durch vordefinierte Produktionsprozesse in Umberto gut modellieren lassen, existieren für einige andere Kunststoffe keine definierten Prozesse. Diese Kunststoffe gehen meist nur in geringen Mengen in das Endprodukt ein. Es wird daher angenommen, dass sie durch eine Repräsentation durch PE ausreichend gut angenähert sind. In der Stückliste im Anhang ist in der letzten Spalte für jedes Teil angegeben, durch welches Material es im Modell repräsentiert ist.

Analog wird auch bei der Entsorgung bzw. Rückführung der Materialien in den Stoffkreislauf vorgegangen. Beispielsweise stehen keine Daten zur Verwertung von Messing zur Verfügung, wohl aber für Kupfer. Da Kupfer Hauptbestandteil von Messing ist, wurden diese Daten als maßgeblich für die Verwertung von Kupfer angenommen.

2.2 Systemgrenzen

Für die Modellierung des Lebenszyklus der Grohe Blue Armatur werden weitestgehend Datensätze aus der neuesten ecoinvent 3 Datenbank verwendet (Ecoinvent 2013). Darin sind alle Aufwände hinterlegt, die nötig sind um beispielsweise ein Material bereitzustellen. Für die Produktion von „aluminium, primary“ sind beispielsweise Prozesse wie Abbau in Minen, Recycling von Schrott, Transporte und weitere Bearbeitungsschritte mit den jeweiligen Energieverbräuchen hinterlegt. Bei der Entsorgung hingegen wird nicht der gesamte Entsorgungsprozess berücksichtigt. Nur die Weiterverteilung, sprich der „Abtransport“ der Materialien finden Eingang in die Berechnung. Schritte, die zur neuerlichen Verarbeitung der Materialien nach einem Recyclingverfahren nötig sind, bleiben ausgeklammert. Diese Prozesse

werden dem nachfolgenden, aus dem Recyclingmaterial produzierten Produkt zugerechnet, um eine doppelte Anrechnung dieser Emissionen zu vermeiden. Analog zu einer Studie, die den Carbon Footprint von Sanitärarmaturen berechnet, wird angenommen, dass 100 % der Altmetalle recycelt werden (Gattermann/Quack 2013). Für Abfälle, die keiner stofflichen Verwertung zugeführt werden, wird die thermische Entsorgung angenommen. Die hier entstehenden Emissionen werden daher ebenfalls nicht der Grohe Blue Armatur zugerechnet, sondern den Produkten Wärme und Strom (BSI 2011).

Nicht berücksichtigt wird außerdem das CO₂, das für die Karbonisierung des Wassers verwendet wird. Dies ist gleichermaßen im Trinkwasser aus der Grohe Blue Anlage sowie Mineralwasser in Flaschen enthalten und kann daher vernachlässigt werden.

Darüber wird die Produktion von Investitionsgütern wie Maschinen und Anlagen, Infrastruktur und Transportmittel ausgeklammert. Es ist nur schwer realisierbar, diese sinnvoll auf das Endprodukt umzulegen. Darüber hinaus spielen diese Faktoren im Normalfall nur eine marginale Rolle für das Endergebnis und können daher vernachlässigt werden.

Für den Fall, dass weitere Begrenzungen des Systems notwendig sind, werden diese im folgenden Abschnitt bei der Modellierung direkt angesprochen, wenn sie relevant sind.

2.3 Szenarienbildung

Grundsätzlich werden zwei Basisszenarien betrachtet (Tabelle 3), für die im späteren Verlauf Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden. Dadurch soll aufgezeigt werden, welche Bereiche besonders empfindlich auf Veränderungen der Parameter reagieren. Für das erste Szenario wird davon ausgegangen, dass die Grohe Blue Armatur in einem Unternehmen installiert wird und dort die Trinkwasserversorgung der Mitarbeiter übernimmt. Hier wird standardmäßig davon ausgegangen, dass 30 Mitarbeiter das Grohe Blue System nutzen. Jeder Mitarbeiter konsumiert an 220 Arbeitstagen im Jahr jeweils einen Liter Wasser. Insgesamt wird die Armatur für fünf Jahre genutzt, was zu einem Gesamtkonsum von 33.000 Litern Wasser führt.

Tabelle 3: Grohe Blue Nutzung in den Basisszenarien „Unternehmen“ und „Privathaushalt“

Parameter	Unternehmen	Privathaushalt
Anzahl Nutzer	30	4
Konsum pro Tag [Liter]	1	0,7
Anzahl Tage pro Jahr	220	365
Nutzungsdauer in Jahren	5	10
Gesamtkonsum über Nutzungsdauer [Liter]	33.000	10.220

Quelle: eigene Annahmen

Das Grohe Blue System zielt nicht ausschließlich auf Nutzung im unternehmerischen Bereich ab, sondern ist ebenso zur Nutzung im privaten Bereich geeignet. Das zweite Szenario „Privathaushalt“ bildet daher die Nutzung im privaten Rahmen in einer vierköpfigen Familie ab. Hier wird an 365 Tagen im Jahr pro Kopf 0,7 Liter Wasser getrunken. Aufgrund der ge-

ringeren Nutzungsintensität wird von einer längeren Nutzungsdauer von 10 Jahre ausgegangen. Damit ergibt sich in diesem Szenario ein Gesamtkonsum von 10.220 Litern Wasser. Beide Szenarien werden mit der Wasserversorgung durch Mineralwasser verglichen. Zusätzlich wird für das Basisszenario Unternehmen die Vergleichsgröße Wasserspender herangezogen.

2.4 Funktionelle Einheit

Berechnungen zu Treibhausgasemissionen werden auf eine funktionelle Einheit bezogen. Im Falle von Product Carbon Footprints ist dies eine sogenannte „nutzenspendende Einheit“. In dieser Studie wird **ein Liter Trinkwasser aus dem Grohe Blue System** als funktionelle Einheit festgelegt. Dadurch sind das intuitive Verständnis der Ergebnisgröße sowie die gute Vergleichbarkeit zu Ergebnissen anderer Studien, beispielsweise für Mineralwasser in Flaschen, gewährleistet.

2.5 Allokation

In diesem Abschnitt wird festgelegt, inwiefern die Lebenszyklusschritte dem Endnutzen „Trinkwasserbereitstellung“ zugeordnet werden können. Hauptaugenmerk liegt hier auf der Armatur selbst. Da auch ohne die Installation eines Grohe Blue Systems in den meisten Fällen eine Armatur installiert worden wäre, könnten die Teile, die im Normalfall auch vorhanden wären, aus der Betrachtung ausgeklammert werden. Im Basisszenario soll die Armatur zunächst jedoch zu 60 % in die Berechnung eingehen. Nach Angaben von Grohe ist dies typischerweise der Anteil, zu dem die Armatur zur Trinkwasserbereitstellung verwendet wird. Um die Ausmaße dieser Entscheidung deutlich zu machen, sind die Komponenten, die nur zu 60 % in die Betrachtung eingehen, im Folgenden in Tabellen mit „*“ markiert. Angegeben sind jeweils die Nettogewichte, die tatsächlichen Gewichte der Teile wurden also um 40 % verringert.

2.6 Modellierung des Netzes

Das Gesamtnetz ist gemäß der Empfehlung der Richtlinien des DIN ISO 14067 Entwurfs sowie der britischen PAS 2050:2011 in fünf Abschnitte unterteilt: Die Rohstoffgewinnung, die Produktion, die Distribution, die Nutzung und die Entsorgung. Das gesamte Netz ist im Anhang auf Seite VII dargestellt. In diesem Abschnitt werden einzelne Bereiche genauer betrachtet, um einen Eindruck zu vermitteln, wie das reale Produktionssystem in Umberto NXT LCA in ein Petri-Netz überführt wurde. Die geografische Verteilung der Supply Chain für das Grohe Blue System ist in Abbildung 1 dargestellt und soll die folgenden Ausführungen besser nachvollziehbar machen. Die Armatur selbst wird in Albergaria produziert und mit einigen Zubehörteilen verpackt nach Hemer versendet. Dort werden diese Teile mit weiteren Zube-

hörteilen just-in-time kommissioniert und an die Kunden versendet.

In die „*Raw Materials*“ Phase fällt die Erstellung aller grundlegenden Materialien. Auch die Herstellung vorgefertigter Zwischenprodukte, wie etwa des Kühlers oder der Filter werden hier betrachtet. Dazu gehört auch der Transport zum Produktionsstandort in Albergaria, Portugal. In der „*Manufacture*“ Phase werden die Energiebedarfe bei der Montage der einzelnen Teile zum Endprodukt und bei der Galvanisierung berücksichtigt. Außerdem werden Prozesse wie das Bohren und Schleifen der Armatur dieser Lebenszyklusphase zugerechnet. Im Anschluss in der „*Distribution/Retail*“ Phase wird die Ausbringung des Grohe Blue Systems zum Kunden betrachtet, die „*Consumer Use*“ Phase berücksichtigt alle Emissionen, die während der Nutzungsphase beim Kunden anfallen. Hier geht auch die Produktion der Verbrauchsgüter, wie Wasser und Kohlendioxid, ein. In der „*Disposal/Recycling*“ Phase wird dann die Verwertung der Bestandteile der Armatur am Ende des Lebenszyklus betrachtet. Hier ist zu beachten, dass Doppelzählungen vermieden werden sollen (BSI 2011). Das bedeutet etwa, dass zwar der Transport der Abfälle zu einer Müllverbrennungsanlage Berücksichtigung findet, nicht aber die Emissionen, die bei der Verbrennung des Mülls entstehen. Diese werden den Produkten Strom und Wärme zugerechnet, die aus der Verbrennung des Mülls gewonnen werden, aber außerhalb der Systemgrenzen des Produktlebenszyklus der Grohe Blue liegen. Ähnlich wird mit Altmetallen verfahren, die in Deutschland zu einem hohen Anteil wiederverwendet werden. Die Aufbereitung der Altmetalle fällt damit in die Rohstoffgewinnung für ein nachfolgend produziertes Produkt und ist daher nicht Bestandteil der vorliegenden Betrachtung. Diesem Aspekt wird durch die Verwendung von „market“ Prozessen aus dem ecoinvent Datensatz Rechnung getragen. Diese betrachten lediglich die Distribution der Reststoffe und beinhalten keine weiteren transformierenden Prozesse.

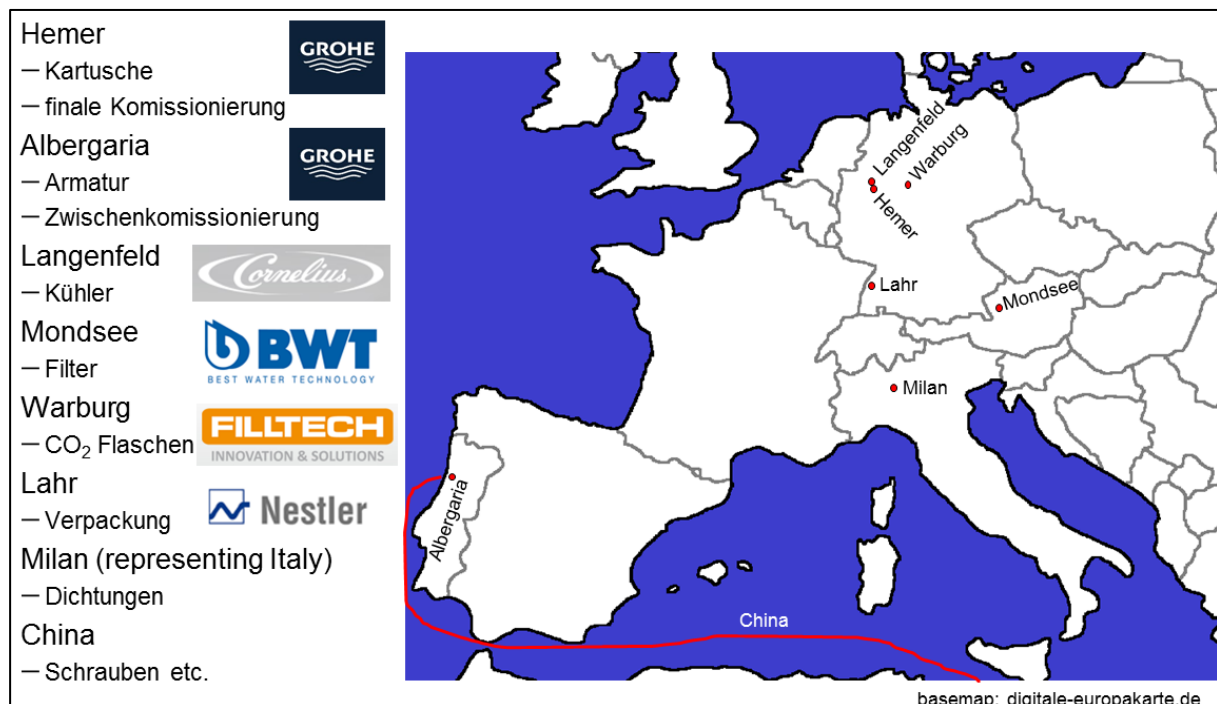


Abbildung 1: geographische Darstellung der Grohe Blue Supply Chain Mitglieder

Quelle: eigene Darstellung

Um die Übersichtlichkeit des Modells zu gewährleisten, wurden Prozesse mit einer großen Anzahl Teilprozessen in Umberto NXT LCA bevorzugt in Subprozessen modelliert. Hier sind etwa die Produktion des Kühlers, des Filters und der Kartusche zu nennen. Die Stärke der Pfeile in den folgenden Abbildungen der Petri-Netze repräsentiert die relativen Treibhausgasemissionen, die vom jeweiligen Prozess verursacht werden und können als Vorgriff auf die Ergebnisanalyse gesehen werden. In Subnetzen sind diese nicht auf die endgültige Ergebnisgröße bezogen und müssen daher isoliert für die jeweilige Abbildung betrachtet werden.

Die Stücklisten, die als Grundlage der Betrachtung verwendet wurden, sind im Anhang ab Seite VII zu finden.

2.6.1 Raw Materials Phase

In der ersten Stufe der Wertschöpfungskette werden die Rohstoffe für die Produktion des Grohe Blue Systems gewonnen. Hier findet auch die Produktion von Vor- und Zwischenprodukten statt. Der Übergang von der Raw Materials in die Manufacture Phase findet damit praktisch am Tor der Produktionsstätte in Albergaria, Portugal statt. Hierher werden Verpackungsmaterialien, die Kartusche der Armatur, der Filter sowie einige weitere Komponenten (Dichtungen, Kunststoffteile, Schrauben, Griffe und Hebel, Schläuche, Kabel) geliefert. Darüber hinaus werden Rohstoffe für die Produktion der Armatur bereitgestellt. Dabei handelt es sich um Messing für die Armatur an sich, Quarzsand und Bindemittel für die Modellierung des Hohlraumes im Inneren der Armatur und benötigte Materialien für die Galvanisierung der Armatur mit einer Zink- und einer Chromschicht. Die benötigten Mengen und getroffene Annahmen werden in Abschnitt 2.6.2 genauer betrachtet, wenn die Produktion der Armatur in der „Manufacture“ Phase betrachtet wird.

Die Zuordnung der einzelnen Positionen der Stückliste zum jeweiligen Vorprodukt wurde durch Recherche im SAP System von Grohe sowie durch Einschätzung des Analysten vorgenommen. Dies wird als ausreichend erachtet, da eine Zuordnung einzelner Teile zu einem falschen Vorprodukt kaum Auswirkungen auf das Ergebnis der Analyse hat.¹ Bis auf wenige Ausnahmen werden die Teile an den Stellen in der Supply Chain modelliert, wo sie auch verbaut werden. So eine Ausnahme ist etwa das „OBERTEIL,KERAM-“, das nicht direkt zur Kartusche gehört, aber dort modelliert wird. Die Unterteilung in einzelne Vor- und Zwischenprodukte geschieht in erster Linie aufgrund einer verbesserten Übersichtlichkeit. Alle Angaben sind außerdem auf die Betrachtung der gesamten Mengen konsumierten Wassers bezogen, also auf die Produktion einer Armatur. Ein Bezug auf die funktionelle Einheit (1 Liter aufbereitetes Trinkwasser) findet an dieser Stelle nicht statt. Soweit nicht explizit anders angegeben, gilt dies für alle Tabellen in diesem Abschnitt.

Die Modellierung der Kartusche ist in Abbildung 2 dargestellt. In diesem Bauteil werden warmes und kaltes Wasser vermischt sowie die Durchlaufmenge gesteuert. Die Transportstrecke für die Kartusche vom Produktionsstandort in Hemer nach Albergaria beträgt

¹ Es kann hier lediglich zu einer leicht fehlerhaften Repräsentation der tatsächlichen Transportleistungen kommen.

2250 km. Multipliziert mit dem Gewicht in Tonnen ergibt sich daraus die Transportintensität in Tonnenkilometern (tkm). Diese Größe ist ein Maß für die Transportleistung und steht in direktem Zusammenhang mit den durch den Transport verursachten Treibhausgasemissionen. Daher wird dieser Wert in den folgenden Tabellen 4 bis 18, die in erster Linie die Eingangsmaterialien und Gewichte enthalten, ebenfalls angegeben.

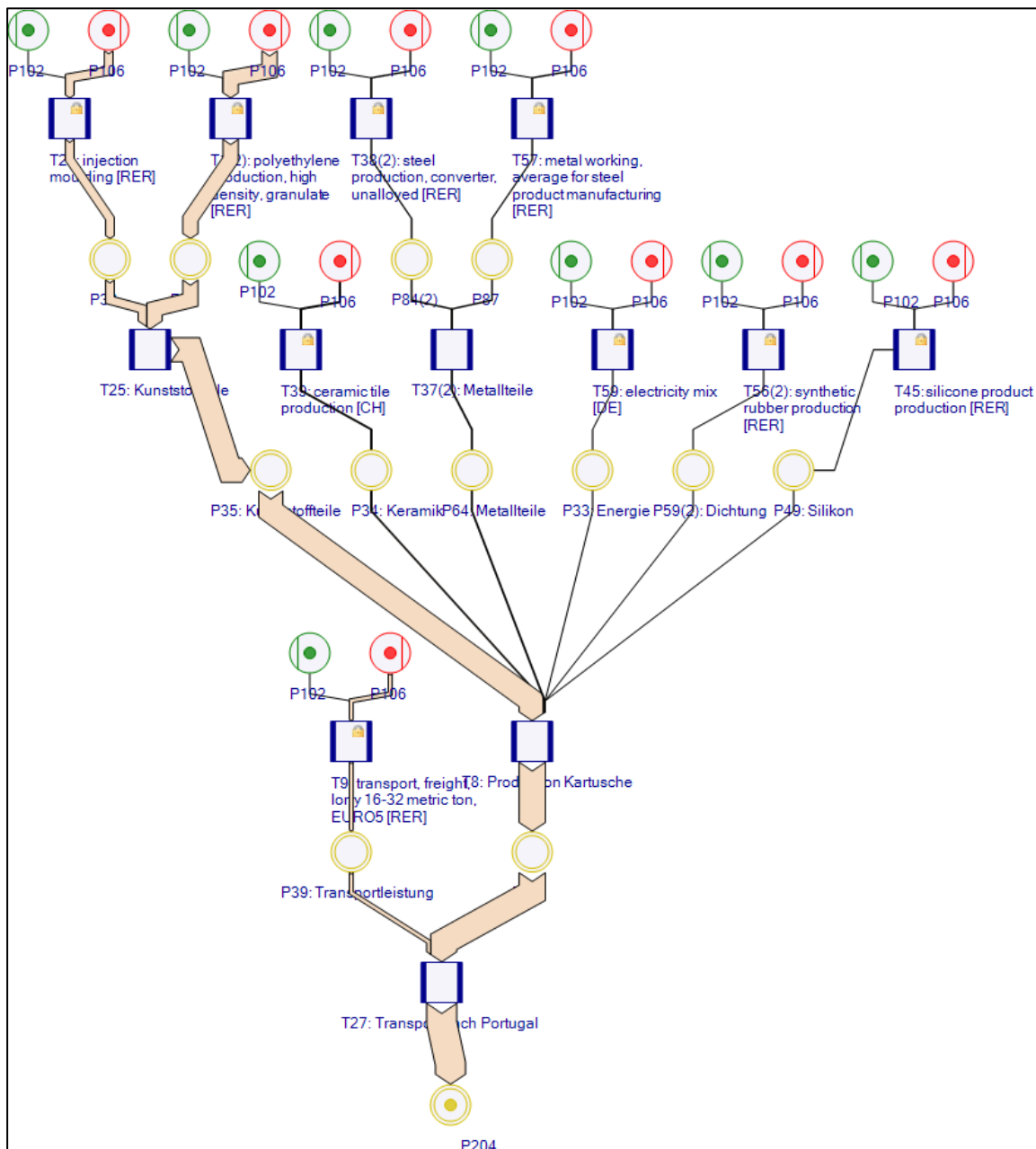


Abbildung 2: Petrinetz Kartusche

Quelle: Umberto NXT LCA

Tabelle 4: Inputs Kartusche

Material	Gewicht/Transportleistung
Polyethylen (PE)	0,016 kg *
Keramik	0,041 kg *
Stahl	0,004 kg *
Silikon	0,001 kg *
Dichtungen	0,001 kg *
Summe	0,063 kg *
Transportleistung LKW (2250 km)	0,141 tkm

Quelle: Grohe Blue Stückliste

Die Modellierung des 600 Liter Filters, der zur Startausstattung des Grohe-Blue Systems gehört und in Portugal zugepackt wird, ist in Abbildung 4 dargestellt. Da der Filter keine Eigenproduktion von Grohe ist, können über seine genaue Beschaffenheit und Zusammensetzung keine Daten beschafft werden. Der Aufbau, die Materialien und deren Gewichte mussten daher angenähert werden. Dazu wurden vorhandene Maßzeichnungen und Spezifikationen von der Grohe Internetpräsenz verwendet (Abbildung 3). Die Tabellen 5 und 6 zeigen, wie anhand dieser Daten sowie mit Hilfe spezifischer Dichten der verschiedenen Materialien die Zusammensetzung und das Gewicht des Filters bestimmt wurden. Das so ermittelte Gewicht des Filters liegt sehr nah am tatsächlichen Gesamtgewicht aus der Stückliste. Die Annäherung wird daher als ausreichend gut angenommen. Neben dem Filter wird ein Filterkopf produziert.



Abbildung 3: Maßzeichnung und Phasen-Schema 600 Liter Filters

Quelle: grohe.com

Der 3.000 l Filter gehört nicht zur Startausstattung und kann nur als Ersatzteil einzeln von Grohe Blue Kunden bezogen werden. Im Standardszenario „Unternehmen“ wird von der Verwendung des 3.000 l Filters in der Consumer Use Phase ausgegangen. (vgl. Abschnitt 2.6.4).

Tabelle 5: Parameter betrachteter Filter

Filterkapazität	600 Liter	3000 Liter
Außendurchmesser	100 mm	117 mm
Innendurchmesser	92 mm	109 mm
Höhe Filter ohne Anschlussstück	202 mm	411 mm

Quelle: grohe.com

Tabelle 7 zeigt, welche Inputs in welcher Menge in die Filterproduktion eingehen. Die Gesamtmasse des Filterkopfes, der nicht in der Herleitung in Tabelle 6 enthalten ist und separat betrachtet wird, ist bekannt. Die Anteile der Materialien Stahl und Kunststoff am Gewicht des Filterkopfes wurden geschätzt.

Tabelle 6: Herleitung Gewichte Filter

Filterteil	Material	Dichte [kg/m³]	Anteil Filter	Filter klein (600 l)		Filter groß (3000 l)	
				Volumen [m³]	Gewicht [kg]	Volumen [m³]	Gewicht [kg]
Vor-/Feinpart.	PE-Vlies	100	5/16	0,000420	0,042	0,00120	0,120
Ionentauscher	Kunstharz	750	10/16	0,000840	0,629	0,00240	1,798
Aktivkohlefilter	Kohle	400	1/16	0,000084	0,034	0,00024	0,096
Behälter	PE	950	---	0,000450	0,424	0,00087	0,828
Summe					1,129		2,841

Die geringen Differenzen vom in Tabelle 6 hergeleiteten Gewicht (1,129 kg) zum Gewicht laut Stückliste (1,175 kg) wurden durch zusätzliches Polyethylen (0,046 kg) ausgeglichen, da in der Herleitung zwar der zylindrische Behälter an sich modelliert wurde, die obenauf sitzende Anschluss aber nicht (siehe Abbildung 3 und Tabelle 6).

Tabelle 7: Inputs Filter

Filter	
Material	Gewicht
Kationischer Harz	0,629 kg
Aktivkohle	0,034 kg
Polyethylen (Vlies)	0,042 kg
Polyethylen (Behälter)	0,470 kg
Summe	1,175 kg
Filterkopf	
Material	Gewicht / Transportleistung
Polyethylen	0,250 kg
Stahl	0,060 kg
Summe	0,310 kg
Transportleistung LKW (2500 km)	3,713 tkm

Quelle: Grohe Blue Stückliste

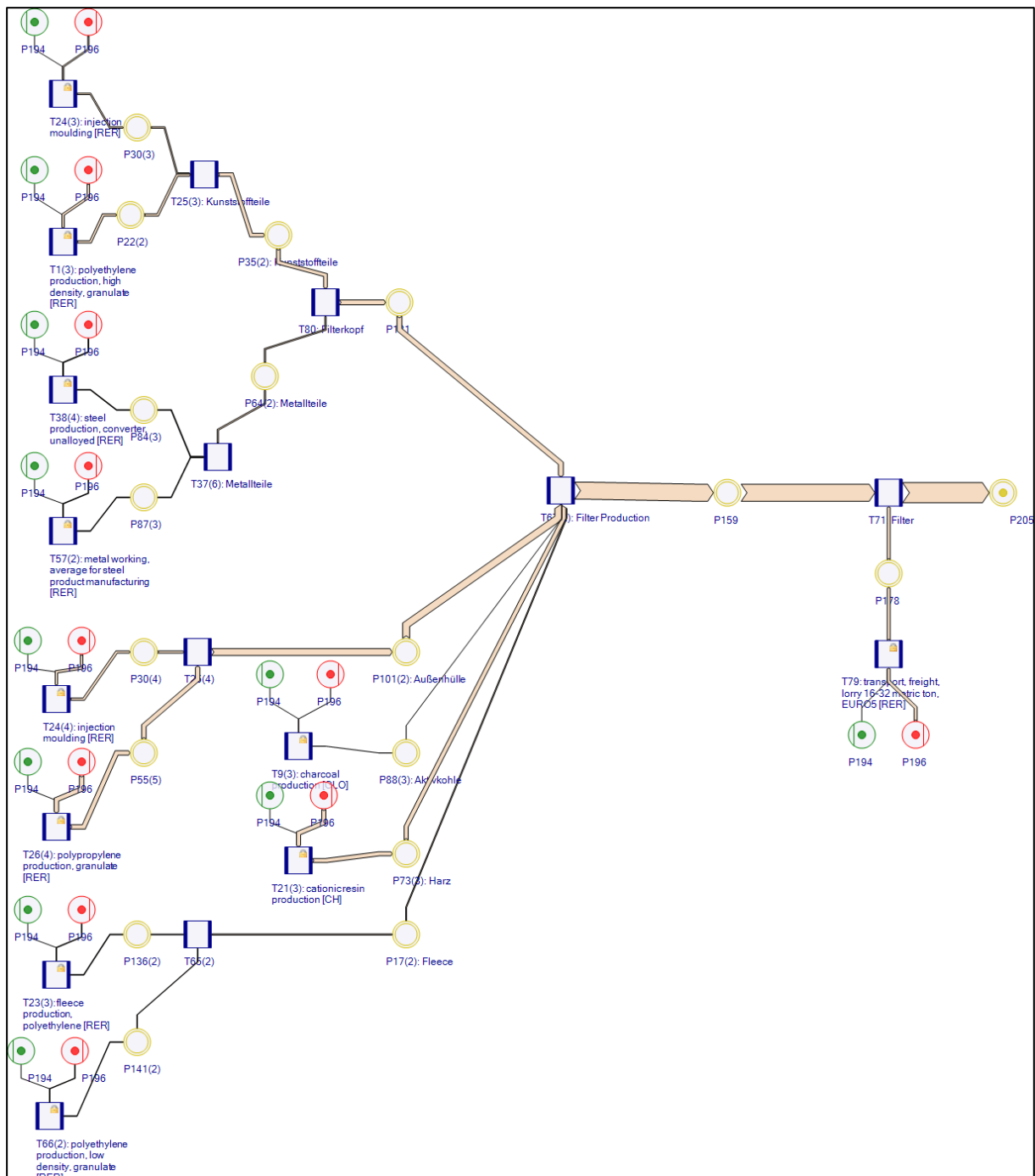


Abbildung 4: Petrinetz Filter

Quelle: Umberto NXT LCA

In Abbildung 5 ist die Produktion verschiedener kleinerer Komponenten des Grohe Blue Systems dargestellt. Diese werden in der Manufacture Phase des Lebenszyklus zur Armatur zusammengesetzt. Die Produktion der Metall- und Kunststoffteile ist wiederum in Subnetzen modelliert. Bei den Transportleistungen wurde berücksichtigt, dass kleine Metallteile, wie beispielsweise Schrauben, vorwiegend aus China und Dichtungen aus Italien kommen. Bei den verwendeten Schläuchen, die um unteren Bereich der Darstellung modelliert wurden, handelt es sich um stahummantelte Kunststoffschläuche. In Tabelle 8 wurde diese Unterteilung der Kunststoff- und Metallteile in Schlauch- und andere Teile bei der Auflistung der Materialien und Gewichte der Komponenten beibehalten.

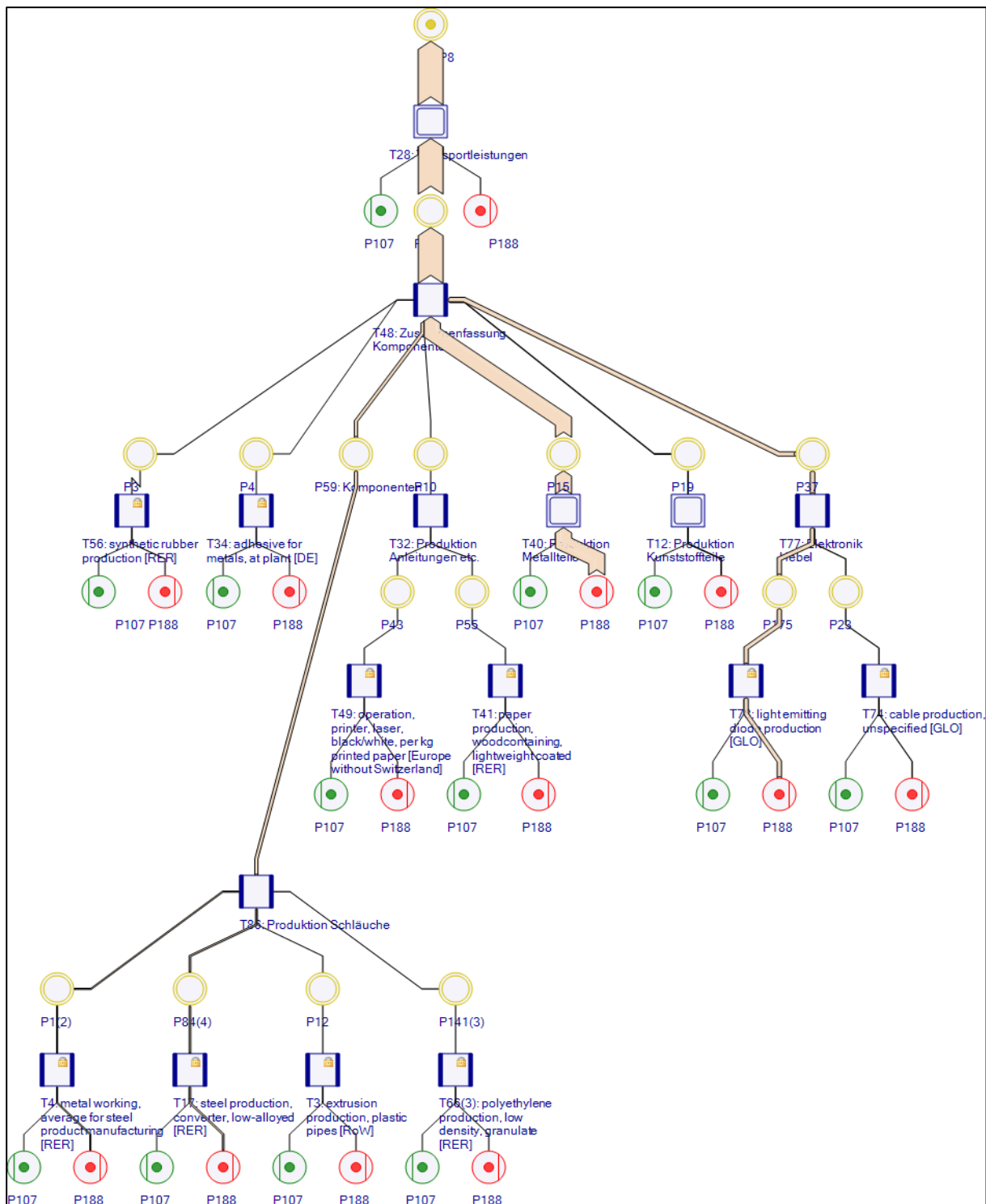


Abbildung 5: Petrinetz Komponenten

Quelle: Grohe Blue Stückliste

Schließlich wird als letztes Vorprodukt in Albergaria Verpackungsmaterial benötigt, bevor die Armatur nach Hemer transportiert und dort mit weiteren Komponenten kommissioniert wird. Die Pappe zur Verpackung der Armatur wird von der Nestler Wellpappe GmbH & Co. KG aus Lahr im Schwarzwald angeliefert. Dabei werden sowohl bedruckte als auch unbedruckte Kartonagen genutzt. Die Modellierung der Wellpappe-Produktion mit Druck und anschließendem Transport nach Portugal ist in Abbildung 6 dargestellt, die dazugehörigen Materialströme in Tabelle 9.

Tabelle 8: Inputs Komponenten

Metallteile	
Material	Gewicht
Zink	0,133 kg *
Stahl	0,115 kg *
Messing	0,789 kg *
Kunststoffteile	
Material	Gewicht
Acrylnitril-Butadien-Styren (ABS)	0,025 kg *
Polyethylen (PE)	0,034 kg *
Schläuche	
Material	Gewicht
Polyethylen (PE)	0,043 kg *
Stahl	0,219 kg *
Elektronikkomponente	
Material	Gewicht
Kabel	0,031 kg
LED	0,005 kg
Übrige Komponenten	
Material	Gewicht / Transportleistung
Metallkleber	2E-04 kg
Papier bedruckt	0,003 kg
Dichtungen	0,027 kg *
Summe gesamt	1,424 kg
Transportleistung Containerschiff	0,363 tkm
Transportleistung LKW	0,470 tkm

Quelle: Grohe Blue Stückliste

Tabelle 9: Inputs Verpackung Portugal

Material	Gewicht/Transportleistung
Karton	0,5931 kg *
Karton bedruckt	0,3378 kg *
Summe	0,9309 kg
Transportleistung LKW (2000 km)	1,8618 tkm

Quelle: Grohe Blue Stückliste

Die nachfolgenden Vorprodukte werden in Hemer zusammen mit den zuvor in Albergaria produzierten Teilen zum Endprodukt zusammengepackt. Den größten Anteil macht mit einem Gewicht von über 22 kg der Kühler aus. Dessen Petri-Netz ist in Abbildung 7 dargestellt. Die genauen Einsatzmengen der verschiedenen Inputmaterialien sind in Tabelle 10 aufgelistet.

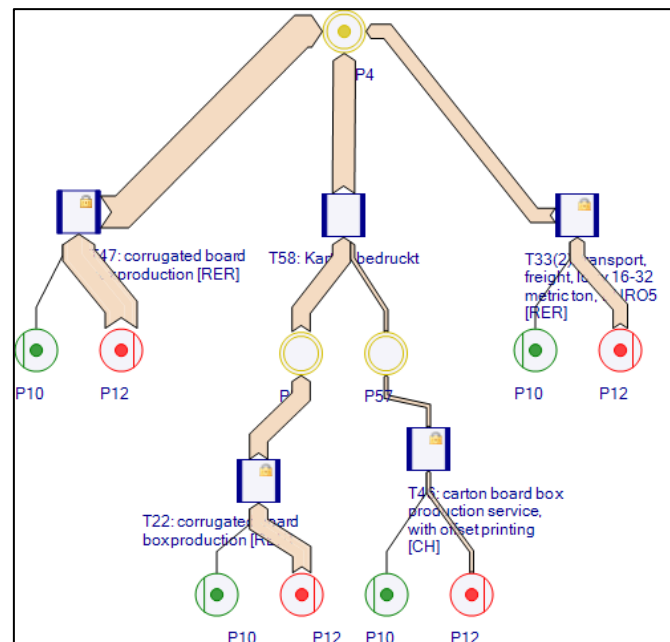


Abbildung 6: Petrinetz Verpackung Portugal

Quelle: Umberto NXT LCA

Tabelle 10: Inputs Kühler

Material	Gewicht/Transportleistung
Aluminium	4,701 kg
Acrylonitril-Butadien-Styrene (ABS)	3,458 kg
Kabel	0,411 kg
Kühlmittel R134a (Tetrafluorethan)	0,070 kg
Kupfer	0,624 kg
Leiterplatine	0,085 kg
Polyethylen (PE)	1,227 kg
Polypropylen (PP)	0,006 kg
Stahl	11,125 kg
Wellpappe	0,630 kg
Summe	22,337 kg
Transport LKW (100 km)	2,234 tkm

Quelle: Grohe Blue Kühler Stückliste

Abbildung 8 zeigt die Produktion der 425 g CO₂-Aluminiumflasche, die in der Grundausstattung des Grohe Blue Systems enthalten ist. Zu den genauen Produktionsabläufen des Zulieferers lagen keine Daten vor, daher wurde vereinfachend davon ausgegangen, dass die Flasche komplett aus Aluminium besteht. Zudem geht die Produktion des flüssigen Kohlendioxids in die Betrachtung ein. Die zugehörigen Massen der Materialien zeigt Tabelle 11.



Quelle: Umberto NXT LCA

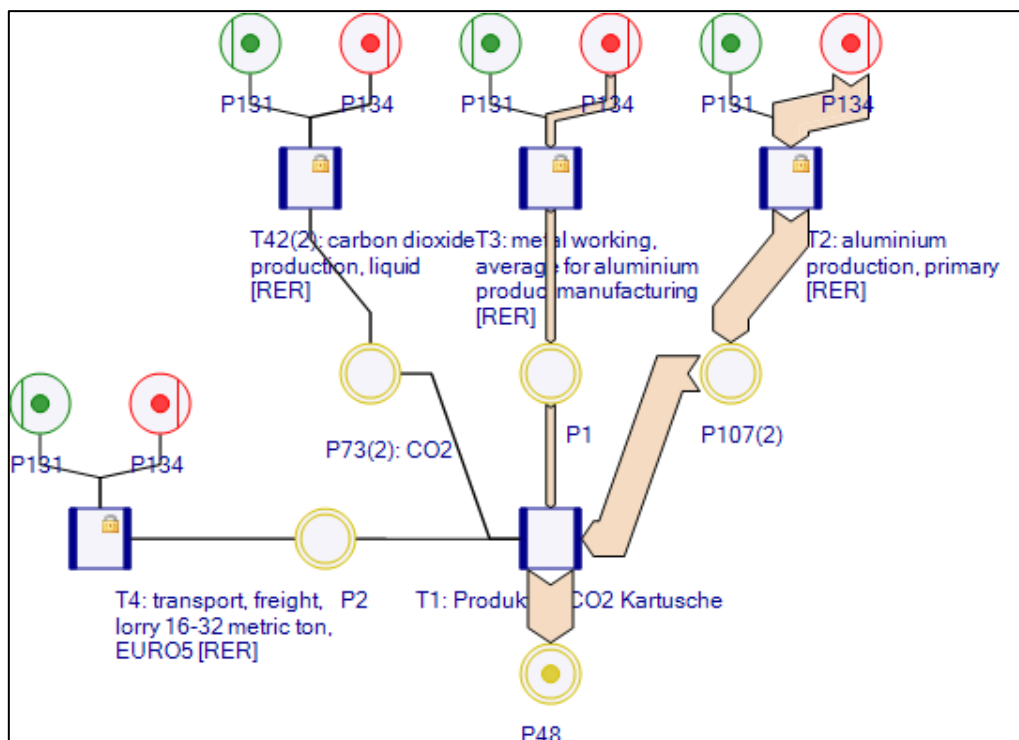


Abbildung 8: Petrinetz CO2 Flasche 600 l

Quelle: Umberto NXT LCA

Tabelle 11: Inputs CO2 Flasche 600 l

Material	Gewicht/Transportleistung
Aluminium	0,975 kg
Kohlendioxid, flüssig	0,425 kg
Summe	1,400 kg
Transportleistung LKW (120 km)	0,168 tkm

Quelle: Grohe Blue Stückliste

Für die Zubehörteile, die von den Werkstätten Iserlohn bezogen werden, stehen keine genaueren Spezifikationen zur Verfügung. Daher wird angenommen, dass es sich bei den Zubehörteilen um Kunststoffschläuche handelt. Deren Modellierung ist in Abbildung 9 dargestellt. Da die Zubehörteile nur einen sehr geringen Anteil des gesamten Systems ausmachen wird dies als ausreichend betrachtet.

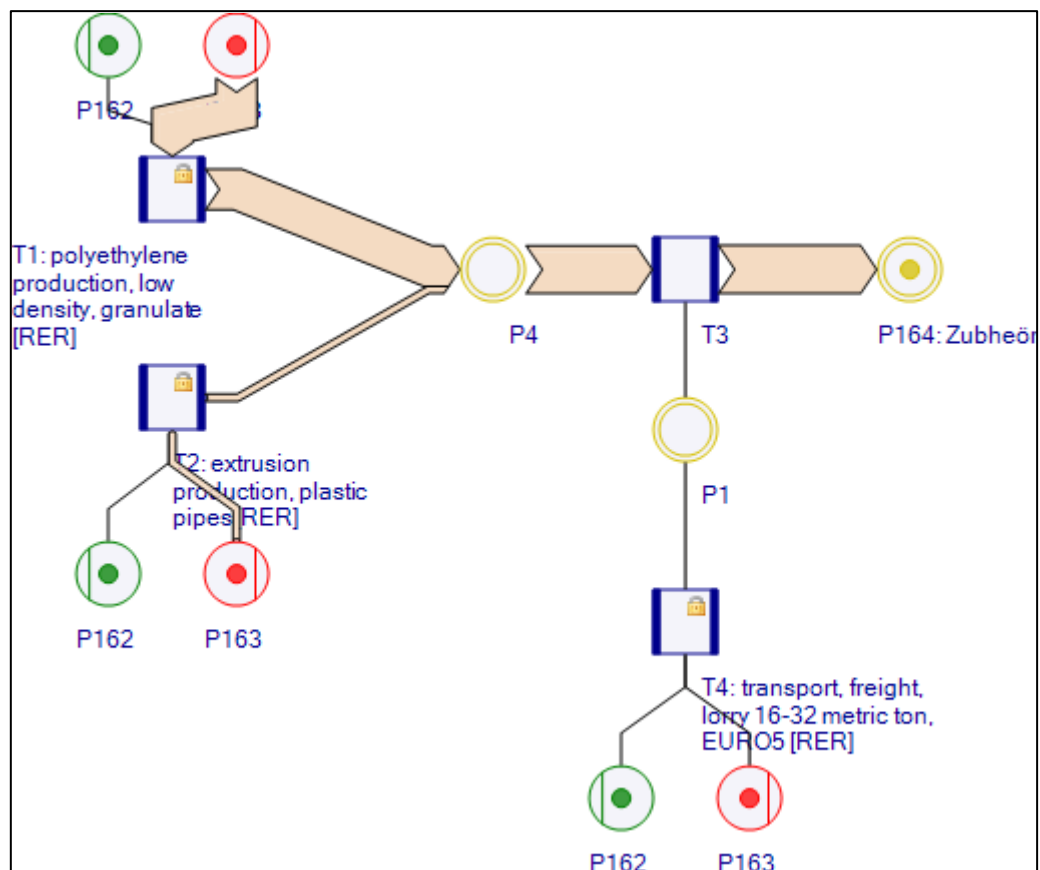


Abbildung 9: Petrinetz Zubehör

Quelle: Umberto NXT LCA

Tabelle 12: Inputs Zubehör

Material	Gewicht/Transportleistung
Kunststoffschläuche	1,140 kg
Transportleistung LKW (10 km)	0,011 tkm

Quelle: Grohe Blue Stückliste

Der letzte Teil der Raw Materials Phase besteht aus den Verpackungsmaterialien, die für die finale Kommissionierung und Verpackung in Hemer benötigt werden. Hierbei handelt es sich um Kartonagen und eine kleine Menge Stretchfolie. Für die Kartonagen wurde neben der eigentlichen Herstellung auch der Transport vom Zulieferer aus Lahr betrachtet (Abbildung 10 und Tabelle 13). In diesem Subnetz fließt außerdem die Produktion der Anleitungen für das Grohe Blue System mit ein.

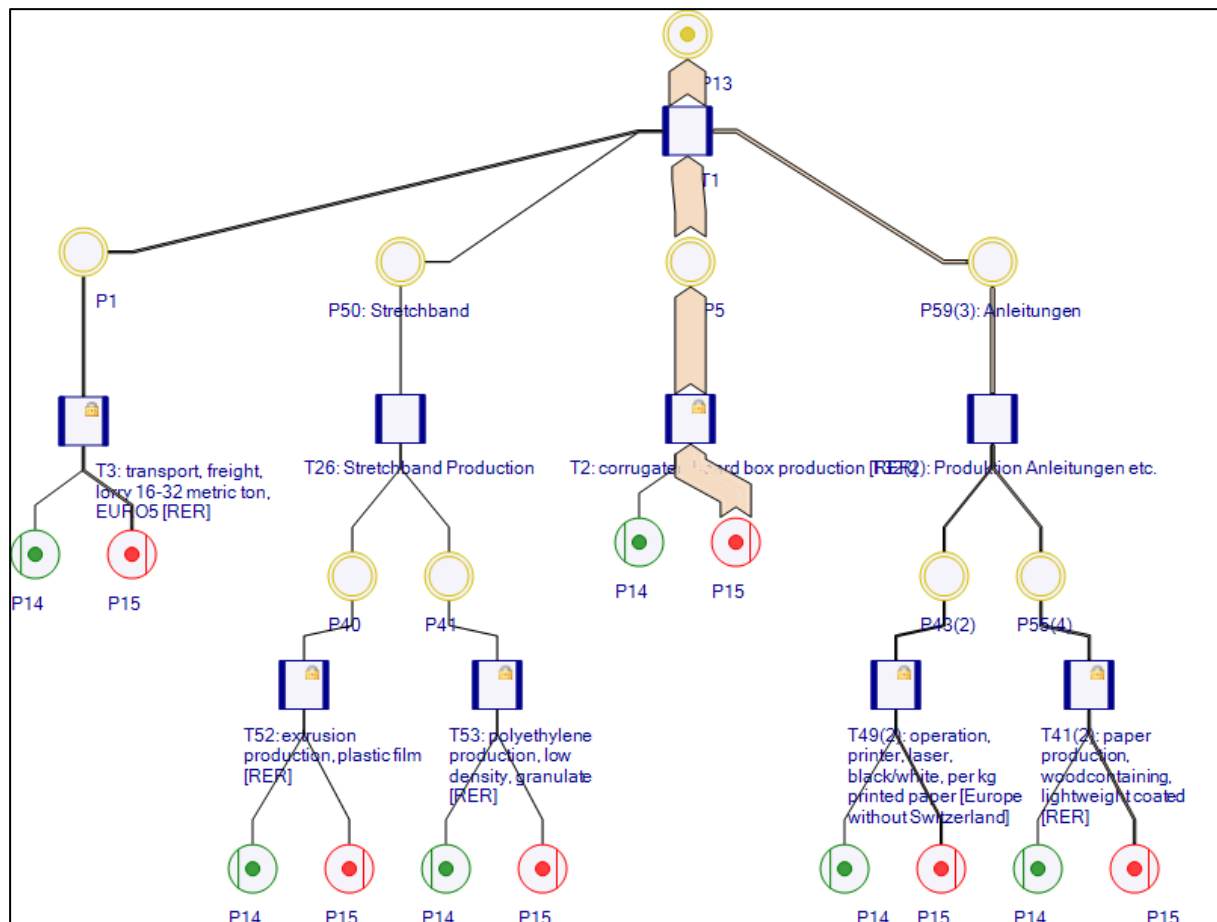


Abbildung 10: Petrinetz Verpackung Hemer

Quelle: Umberto NXT LCA

Tabelle 13: Inputs Verpackung Hemer

Material	Gewicht/Transportleistung
Polyethylen (PE)	0,027 kg
Papier bedruckt	0,121 kg
Wellpappe	2,777 kg
Summe	2,925 kg
Transportleistung LKW (450 km)	1,250 tkm

Quelle: Grohe Blue Stückliste

2.6.2 Manufacture

In dieser Phase wird die Umformung von Vor- und Zwischenprodukten betrachtet, die von Grohe selbst vorgenommen wird. Diese Phase beginnt mit der Produktion der Armatur, also des Teils des Wasserhahns, der über der Spüle sichtbar angebracht wird. Genaue Zahlen zu den spezifischen Energieverbräuchen des Gusses, der Fräs- und Bohrarbeiten sowie für das Schleifen und Polieren stehen nicht zur Verfügung. Diese Daten müssen daher mit Hilfe von vordefinierten Datensätzen aus der ecoinvent 3 Datenbank angenähert werden. Die Gewinnung der in Tabelle 14 angegebenen Inputfaktoren wird der Raw Materials Phase zugeord-

net. In die Manufacture Phase fällt lediglich der Aufwand für Guss, Galvanisierung und Zusammenbau der Armatur an. Dies wird auch in Abbildung 11 deutlich.

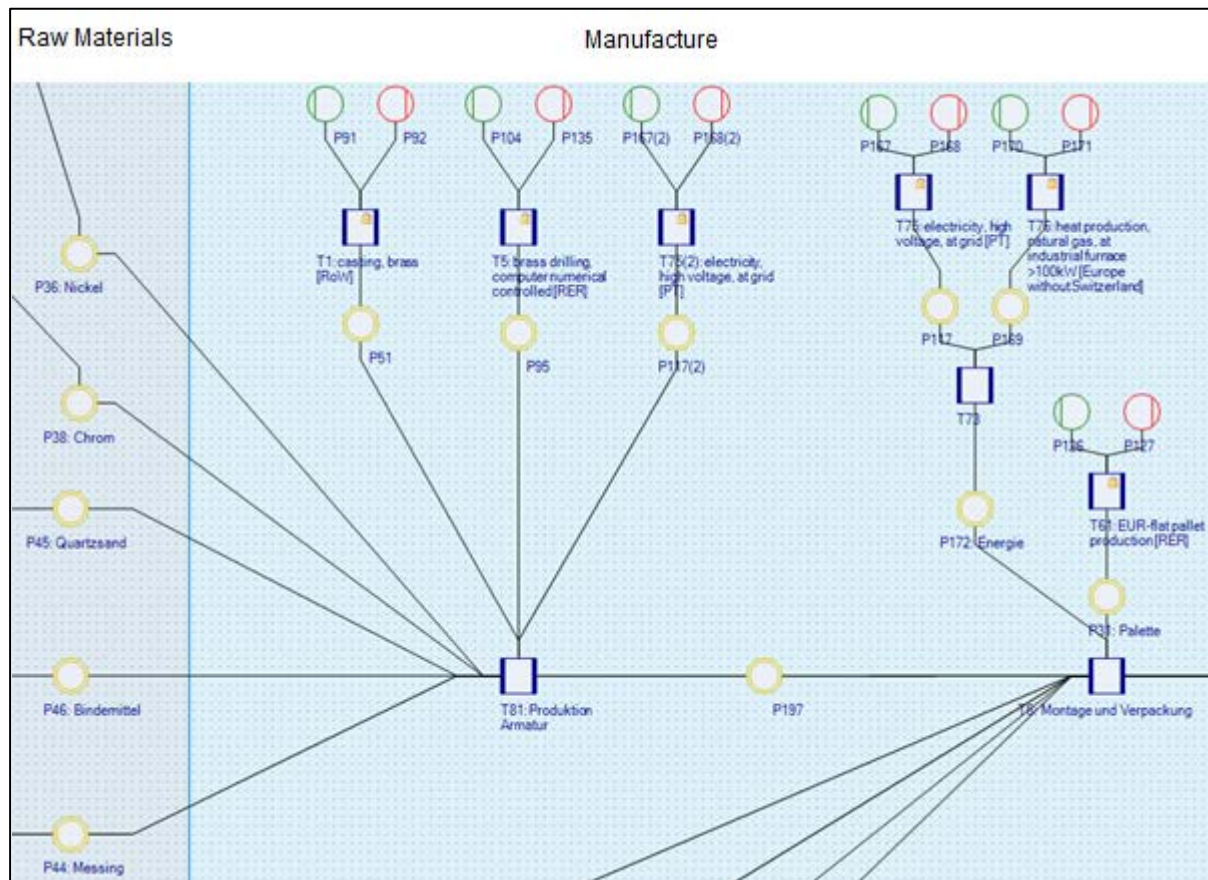


Abbildung 11: Ausschnitt Manufacture Phase

Mit Quarzsand und Bindemittel werden die Hohlräume der Armatur für den Messingguss geformt. Zahlen zu den benötigten Mengen Quarzsand und Bindemittel stehen nicht zur Verfügung und mussten daher geschätzt werden. Auf Basis einer Internetrecherche wurde Bentonit als gängiges Bindemittel für Quarzsand zum Guss von Messingteilen ermittelt und soll daher für diesen Prozess verwendet werden (Herbst GmbH 2013). Zudem werden sehr reines Wasser und einige weitere Stoffe für die Galvanisierung der Messingteile benötigt. Eine 20 µm dicke Nickelschicht und eine 0,2 µm dicke Chromschicht werden aufgetragen. Als Energieverbrauch bei der Galvanisierung werden 58 kWh pro m² angenommen (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2003). Durch vereinfachte geometrische Berechnungen wird die zu beschichtende Oberfläche auf 0,168 m² angenähert, wodurch sich ein Stromverbrauch von knapp 10 kWh für die Galvanisierung einer Armatur ergibt. Weiterhin wurden die Prozesse „casting, brass“ und „brass drilling, computer numerical controlled“ verwendet, um die Emissionen der Messingverarbeitung anzunähern. Die Inputmengen für die Produktion der Armatur sind in Tabelle 14 gegeben.

Tabelle 14: Inputs Armatur

Guss und Bearbeitung Armatur	
Material / Prozess	Menge
Bindemittel (Bentonit)	0,050 kg
Messing	1,300 kg
davon durch Bohrung entfernt	0,160 kg
Quarzsand	0,200 kg
Guss von Messing (Energieaufwand etc.)	1,300 kg
Chrombad	
Chromoxid	0,250 kg
Schwefelsäure	0,010 kg
Reinstwasser	1,000 kg
daraus: Chrom (Galvanisierung)	2,4E-05 kg
Nickelbad	
Borsäure	0,050 kg
Nickelsulfat	0,300 kg
Reinstwasser	1,000 kg
daraus Nickel	0,004 kg
Strom für Galvanisierung	9,74 kWh
Summe (Armatur)	1,143 kg
60 % Armatur	0,686 kg *

Quelle: Grohe Blue Stückliste und eigene Annahmen

Die Armatur und die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Vorprodukte werden im nächsten Schritt montiert. Aufgrund einer Stichprobe aus dem Werk in Albergaria (vgl. Anhang S. XIV) werden Strom- und Erdgasverbräuche für diesen Prozessschritt hergeleitet (vgl. Tabelle 15).

Tabelle 15: Herleitung Energieverbräuche Montage Armatur

Stückzahl Grohe Blue	1631	1
Benötigter Strom	116,74 kWh	0,0716 kWh/Armatur
Benötigtes Erdgas	17,01 m ³	0,0104 m ³ /Armatur

Quelle: Eigene Berechnung mit Daten von Grohe Portugal

Neben den bereits erwähnten Materialien wird außerdem eine EURO-Palette zum Transport der Halbfertigerzeugnisse nach Hemer benötigt. Bei 16 Grohe Blue Armaturen auf einer Palette und einer angenommenen Nutzungshäufigkeit von 20 ergibt sich der rechnerische Bedarf von 0,003125 Paletten pro Armatur, deren Gewicht beim Transport mit 22 kg / 16 Stk. = 1,375 kg/Stk. berücksichtigt wird. Nach dem Transport nach Deutschland werden in Hemer die weiteren Vorprodukte Kühler, Zubehör, eine 425 g CO₂-Flasche sowie weitere Verpackungsmaterialien hinzugefügt. Eine Lagerung muss nicht berücksichtigt werden, da alle Lieferungen just-in-time aufeinander abgestimmt sind. An dieser Stelle finden

lediglich Kommissionierprozesse statt, eine Produktion oder Umformung von Materialien ist nicht mehr nötig. Somit sind in der Manufacture Phase keine weiteren Inputs nötig.

2.6.3 Distribution

Die fertig produzierten und kommissionierten Produkte werden nun an die Kunden ausgeliefert. Die Armatur wird auf drei Märkten abgesetzt: Deutschland, Europa (repräsentiert durch Frankreich) und dem Rest der Welt (repräsentiert durch die USA). Es werden 60 % der Armaturen in Deutschland, 30 % in Frankreich und 10 % in den USA abgesetzt. Die Modellierung des Versands ist in Abbildung 12 dargestellt. In Tabelle 16 zeigt die durchschnittlichen Transportdistanzen und Transportmitteln in die verschiedenen Märkte.

Tabelle 16: Transportstrecken und -mittel bei der Distribution des Grohe Blue Systems

	Transportmittel	Strecke
Versand DE	LKW, EURO 5	350 km
Versand FR	LKW, EURO 5	700 km
Versand USA	LKW, EURO 5	1400 km
	Containerschiff	6200 km

Quelle: Google Maps

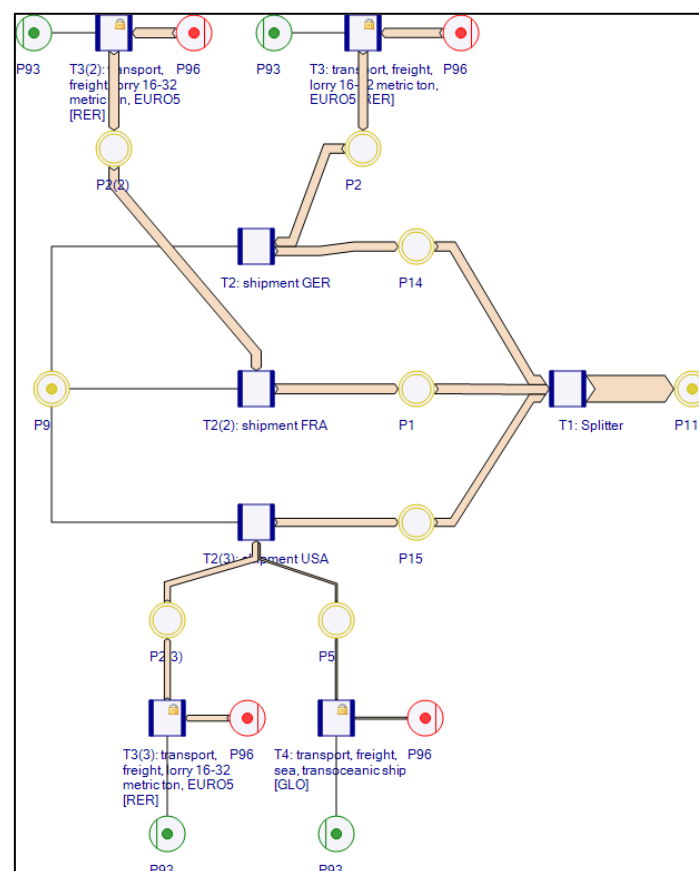


Abbildung 12: Petrinetz Versand Grohe Blue

Quelle: Umberto NXT LCA

2.6.4 Consumer Use

An die Distribution schließt sich die Nutzungsphase des Grohe Blue Systems an. Diese beginnt mit der Installation des Grohe Blue Systems, der die eigentliche Nutzung folgt. Die Nutzung teilt sich dabei auf 40 % stark sprudelndes und jeweils 30 % medium sprudelndes und stilles Wasser auf. Zur Erstellung des aufbereiteten Trinkwassers aus dem Grohe Blue System werden vier Inputfaktoren benötigt: Wasser, Kohlendioxid, Strom und Filterkapazität. Für die Bereitstellung stillen Wassers fällt Kohlendioxid als Input weg. In dieser Phase kommt außerdem der Unterschied zwischen den beiden Szenarien zum Tragen. Im Fall der Nutzung im Unternehmenskontext wird von der Nutzung von 2 kg CO₂-Flaschen und Filtern mit einer Kapazität von 3000 l ausgegangen. Im Privathaushalt werden ebenfalls 2 kg CO₂-Flaschen verwendet, bei den Filtern wird jedoch die kleinere 600 l Variante gewählt, da die Filter eine maximale Nutzungsdauer von einem Jahr aufweisen (Technische Produktinformationen zum Filter, Verfügbar auf grohe.com). Bei der Verwendung der größeren 1.500 bzw. 3.000 l Filter könnte deren Kapazität bei einem jährlichen Konsum von gut 1.000 l nicht ausgeschöpft werden. Die spezifischen Verbräuche der Inputfaktoren Strom, Wasser und Kohlendioxid sind damit in beiden Szenarien identisch, der Verbrauch von Filtern jedoch unterschiedlich. Darüber hinaus wird einmalig eine 2 kg CO₂-Stahlflasche produziert, die dann im Laufe der Nutzungsphase wiederbefüllt wird. Die Modellierung in Umberto NXT LCA ist in Abbildung 13 dargestellt.

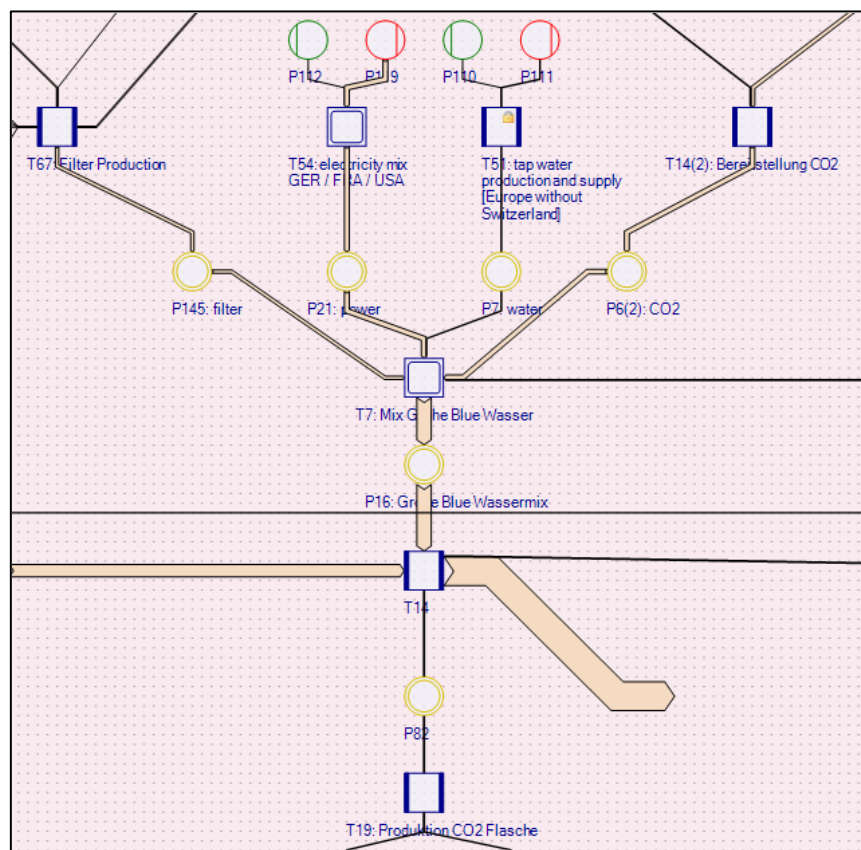


Abbildung 13: Ausschnitt Consumer Use Phase

Quelle: Umberto NXT LCA

Je nachdem, welche Art von aufbereitetem Wasser mit dem Grohe Blue System konsumiert wird, unterscheidet sich der Verbrauch von Kohlendioxid. Für die Bereitstellung von stillem Wasser wird keinerlei CO₂ eingesetzt, bei der Nutzung von stark sprudelndem Wasser wird davon ausgegangen, dass mit einer 2 kg CO₂-Flasche 350 l Wasser stark karbonisiert werden können. Bei mittlerem Kohlensäureversatz des Wassers erhöht sich dieser Wert auf 525 l.² Die übrigen Inputfaktoren Leitungswasser (1 Liter je Liter aufbereiteten Wassers), Strom zur Kühlung (5 Wh je Liter aufbereiteten Wassers³) und Filterkapazität (1/3000 bzw. 1/600 des Filters je Liter aufbereiteten Wassers) verändern sich nicht in Abhängigkeit der Nutzungsvarianten. Die Unterschiede im Ressourcenverzehr wurden in einem weiteren Subnetz modelliert (Abbildung 14).

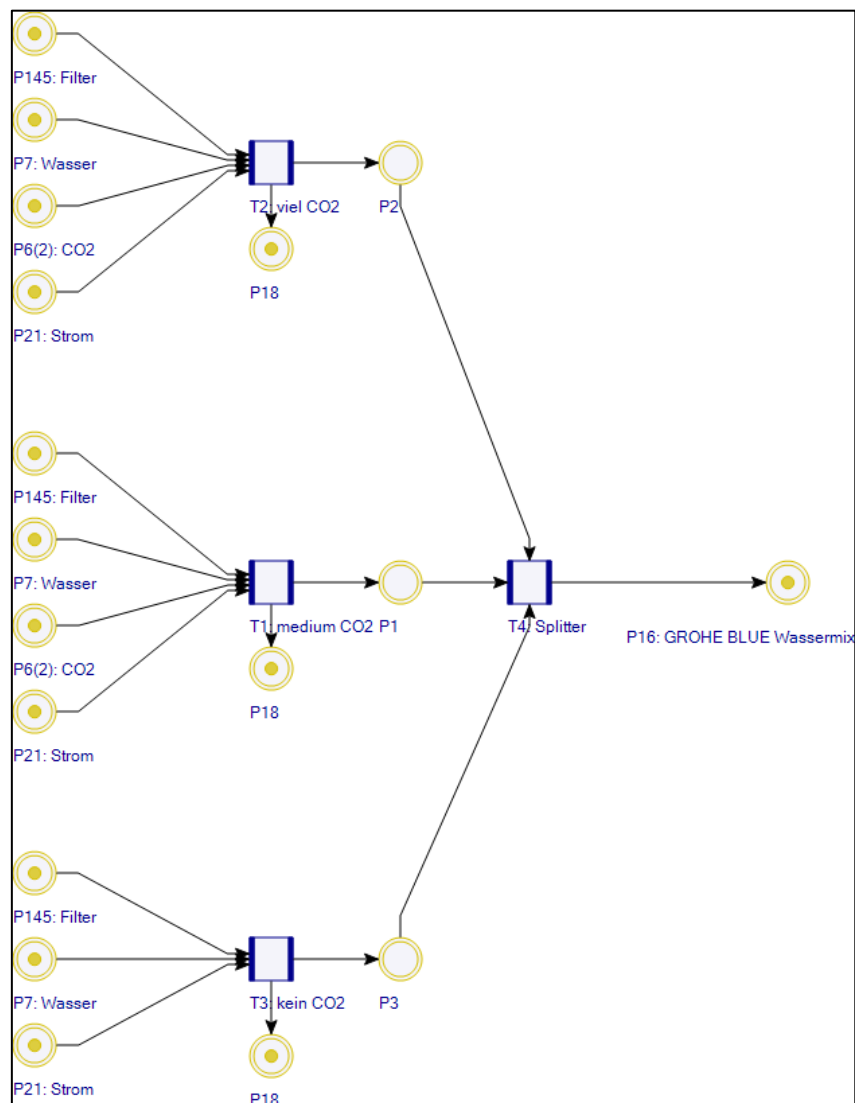


Abbildung 14: Petrinetz Grohe Blue Wassermix

Quelle: Umberto NXT LCA

² Schätzung auf Grundlage der Zahlen aus dem Katalog, Bestätigung durch Grohe

³ Aus dem Grohe Blue Calculator

Die Modellierung der Inputfaktoren Wasser und Strom stellt sich verhältnismäßig einfach dar. Hierzu wurden vordefinierte Prozesse aus dem ecoinvent 3 Datensatz verwendet. Bei der Bereitstellung von Leitungswasser kann dabei nicht zwischen den verschiedenen Märkten unterschieden werden, da keine regional differenzierten Datensätze zur Verfügung stehen. Daher wird davon ausgegangen, dass die Daten für die Wasserbereitstellung in Europa auch amerikanische Verhältnisse ausreichend gut annähern.

Bei der Stromversorgung sind die verschiedenen Erzeugungsmixe der drei Märkte Deutschland, Frankreich und USA mit ihren jeweiligen Marktanteilen berücksichtigt (siehe Abbildung 15).

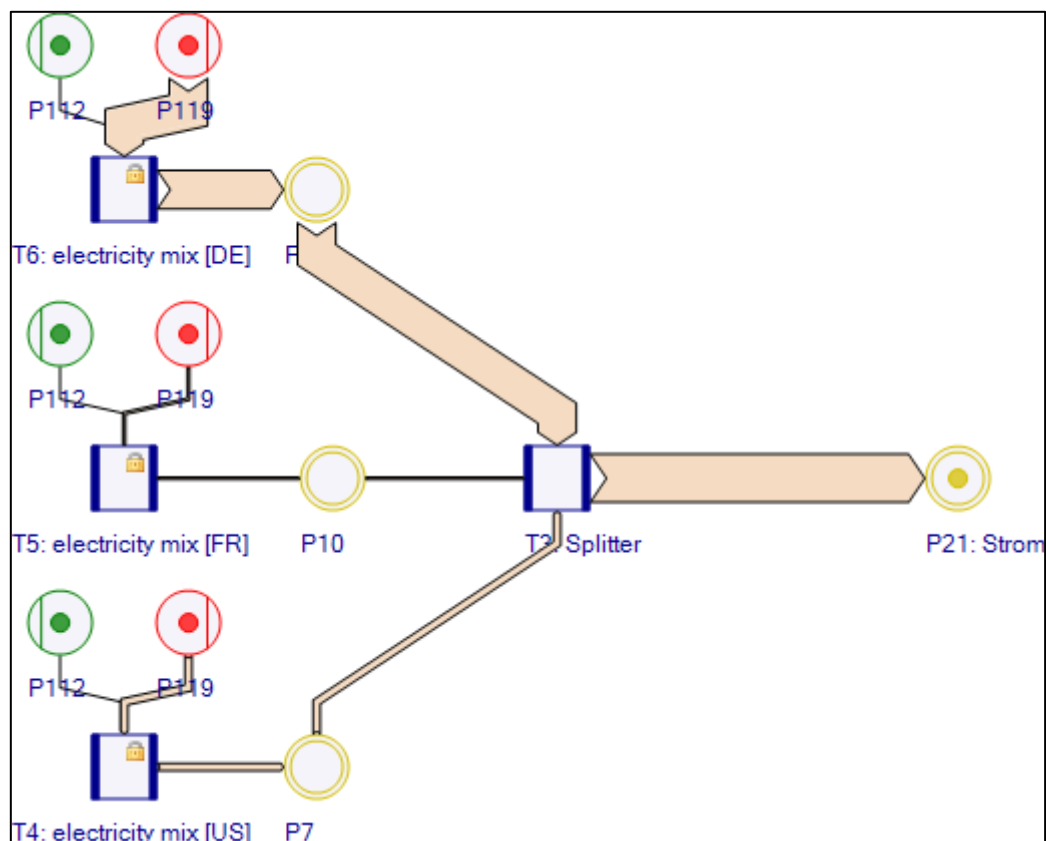


Abbildung 15: Petrinetz Strommix

Quelle: Umberto NXT LCA

Die Produktion der Filter stellt sich analog zur Raw Materials Phase dar. Allerdings wird für die Nutzung im Unternehmen ein 3.000 l Filter betrachtet, was zu veränderten Massen der einzelnen Inputmaterialien führt. Für die Nutzung im Privathaushalt wird wie beschrieben von 600 l Filtern ausgegangen. Die Herleitung der Inputmaterialien des großen Filters ist bereits in den Tabellen 5 und 6 in Abschnitt 2.6.1 dargestellt. Zur Berechnung wurde außerdem die Maßzeichnung des 3.000 l Filters verwendet (Abbildung 16). Neben dem Filter an sich werden beim großen Filter 361 g Verpackungsmaterial (Pappe) verwendet. Diese Zahl ergibt sich aus der Differenz des berechneten Gewichts des Filters selbst und des Gewichts des kompletten „Ersatzpakets Filter“, das aus dem SAP von Grohe entnommen wurde. Davon ausgehend wurde das Gewicht der Verpackung des etwa halb so hohen und gleich breiten kleinen Filters auf 200 g geschätzt. Weiterhin wurde berücksichtigt, dass erst ab dem 601.

Liter in der Nutzungsphase ein neuer Filter benötigt wird, da im Startpaket der Grohe Blue bereits ein 600 l Filter enthalten ist und dieser in der Raw Materials Phase auch modelliert wurde. Die Filter für das Grohe Blue System werden ausschließlich in Mondsee, Österreich, produziert, so dass diese von dort aus zu den Endkunden transportiert werden müssen, wenn Bedarf besteht. Der Transport nach Europa via LKW (750 km nach Deutschland; 1000 km nach Frankreich) bzw. in die USA via LKW (1500 km) und Containerschiff (6200 km) fließt daher gemäß den Marktanteilen in die Betrachtung ein. Bei diesen Entfernungen handelt es sich um angenommene durchschnittliche Entfernungen für den Transport von Mondsee in die einzelnen Regionen.

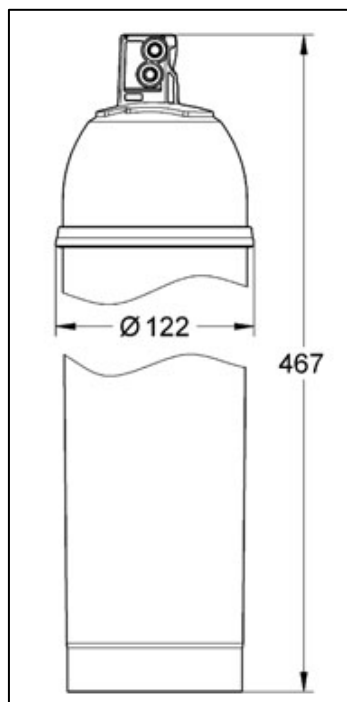


Abbildung 16: Maßzeichnung Grohe Blue Filter 3000 l

Quelle: grohe.com

Für den Inputfaktor Kohlendioxid werden lediglich die Produktion des flüssigen CO₂ sowie die Transporte zum Endkunden betrachtet. Wie oben beschrieben wird davon ausgegangen, dass lediglich eine CO₂-Flasche produziert werden muss, die dann immer wieder neu befüllt wird. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass im Produktionsprozess für flüssiges CO₂ die Abfüllung in Flaschen bereits enthalten ist. Bei der Distribution der Flaschen wird von 300 km Transportstrecke pro Wiederbefüllung ausgegangen. Es wird weiterhin nicht zwischen den verschiedenen Märkten unterschieden, da die CO₂-Flaschen, anders als die Filter, von unabhängigen regionalen Lieferanten bezogen werden können. Analog zum Filter wurde auch hier berücksichtigt, dass bereits eine Kohlendioxidflasche im Lieferumfang des Grohe Blue Systems enthalten ist. Die ersten 425 g CO₂, die bei der Nutzung benötigt werden, müssen daher nicht zugeliefert werden. Die Nutzung des nachgelieferten Kohlendioxids erfolgt erst im Anschluss.

In Tabelle 17 sind alle Inputs aufgelistet, die je Liter Grohe Blue Trinkwasser in den Basisszenarien verwendet werden.

Tabelle 17: Durchschnittliche Inputs für 1 Liter Grohe Blue Trinkwasser

Input	Unternehmen	Privathaushalt
Filter	0,00105 kg	0,00229 kg
Strom	0,005 kWh	0,005 kWh
Leitungswasser	1 kg	1 kg
CO ₂	0,003420 kg	0,00342 kg
Armatur	0,000846 kg	0,00273 kg
Große CO ₂ -Flasche	0,000139 kg	0,00045 kg

Quelle: eigene Berechnungen

2.6.5 Recycling/Disposal

In der letzten Phase des Produktlebenszyklus wird die Entsorgung des Armaturensystems betrachtet.

Bei der Montage der Armatur fallen die Verpackungsmaterialien als Abfallstoffe an. In der anschließenden Nutzungsphase entstehen ebenfalls Reststoffe. Die gebrauchten Filter werden über den Hausmüll entsorgt. Nach den 5 (Unternehmen) bzw. 10 (Privathaushalt) Jahren Nutzungszeit wird dann das System an sich entsorgt. Es wird davon ausgegangen, dass alle metallischen Abfälle wiederverwendet werden (Gattermann/Quack 2013). Die nicht recycelbaren Abfallstoffe werden thermisch verwertet. Eine Ablagerung auf Müllhalden findet nicht statt. Somit werden alle Reststoffe einer neuerlichen Nutzung zugeführt, entweder der weiteren stofflichen Verwertung oder der Energieerzeugung. Nach den Grundsätzen des PAS 2050:2011 zur Erstellung von Product Carbon Footprints sind Doppelzählungen von Emissionen zu vermeiden. Da die Emissionen, die bei der Aufbereitung und Verbrennung der Materialien entstehen den nachfolgenden Produkten (stofflich oder energetisch) zuzurechnen sind, werden diese Emissionen nicht für den Carbon Footprint des Grohe Blue Systems berücksichtigt. Hier sind lediglich die Emissionen von Bedeutung, die bei der Verbringung der Materialien an den Ort der Weiterverarbeitung entstehen. Dies kann durch Verwendung spezieller Transitionen aus dem ecoinvent 3 Datensatz sichergestellt werden, die keine umformenden sondern lediglich umverteilende Prozesse beinhalten. In Tabelle 18 ist die Menge und Art der insgesamt anfallenden Reststoffe in der Recycling/Disposal Phase aufgelistet. Alle anfallenden Reststoffe werden dabei in die Kategorien Aluminiumschrott, Stahlschrott, Kupferschrott, Platinen, Altpapier, Altplastik, Restmüll und Kabel eingeteilt. Legierungen werden grundsätzlich dem Material zugeordnet, aus dem sie vorwiegend bestehen, also Messing beispielsweise wie Kupfer behandelt. Darüber hinaus wurde Zink der Gruppe Stahl zugeordnet, da hierfür in der ecoinvent 3 Datenbank kein gesonderter Entsorgungsdatensatz vorhanden ist. Es ist davon auszugehen, dass die distributiven Prozesse der Abfallbehandlung vergleichbar sind. Die Komponenten der Armatur werden entsprechend ihrer Materialien den verschiedenen Abfallgruppen zugeordnet, sofern dies möglich ist. Andere Stoffe werden dem Restmüll zugeordnet. Ebenso werden die verschiedenen Materialien aus den Filtern werden zusammengefasst als Restmüll behandelt. Diese werden als zusammenhängendes Bauteil vom Nutzer der Armatur über den Hausmüll entsorgt. Von den stofflichen Inputs findet einzig das Kühlmittel R134a (Tetrafluorethan) keine Berücksichtigung in einem

der Abfallflüsse bzw. dem Referenzfluss Trinkwasser. Standardmäßig wird von einer vollständigen Rückgewinnung ausgegangen. Der Aufwand hierzu wird vollständig dem nachfolgenden Einsatz des Kühlmittels zugeschrieben. Eine teilweise Freisetzung des sehr klimaaktiven Gases durch unsachgemäße Entsorgung wird in den Sensitivitätsanalysen in Abschnitt 3 betrachtet.

Tabelle 18: Reststoffe pro Armatur

Abfallkategorie	Menge im Basisszenario Unternehmen
Kunststoff	6,237 kg
Restmüll (inkl. Ersatzfilter)	31,960 kg
Altpapier (inkl. Verpackung Ersatzfilter)	8,339 kg
Kupfer	2,100 kg
Stahl (inkl. Zink u. 2kg CO ₂ -Flasche)	16,259 kg
Aluminium	5,676 kg
Platinen	0,085 kg
Kabel	0,442 kg
Summe	71,098 kg

Quelle: eigene Berechnungen

3 Ergebnisse und Analyse

Dieser Abschnitt betrachtet die Ergebnisse der Berechnung des in Abschnitt 2 beschriebenen Modells. Zunächst werden die Ergebnisse der Basisszenarien betrachtet. Im Anschluss werden zum Vergleich Ergebnisse einiger anderer Studien zum Carbon Footprint der Vergleichseinheit Mineralwasser in Flaschen sowie Wasser aus Wasserspendern aufgeführt und in Relation zu den hier ermittelten Ergebnissen gesetzt. In einer Sensitivitätsanalyse werden dann einige Parameter verändert und deren Einfluss auf die Ergebnisgröße betrachtet.

3.1 Grundergebnis

Die Treibhausgasemissionen belaufen sich im Basisszenario Unternehmen auf **17,96 g CO₂-Eq je Liter** aufbereiteten Grohe Blue Trinkwassers. Im Basisszenario Privathaushalt liegen die spezifischen Emissionen deutlich darüber, bei **41,96 g CO₂-Eq je Liter**.

3.1.1 Analyse der Grundergebnisse

Werden die Ergebnisse in die fünf Lebenszyklusphasen unterteilt, wird deutlich, in welchen Phasen diese Emissionen anfallen. Die Aufteilung, in absoluten und relativen Werten, ist in den Abbildungen 17 und 18 zu erkennen.

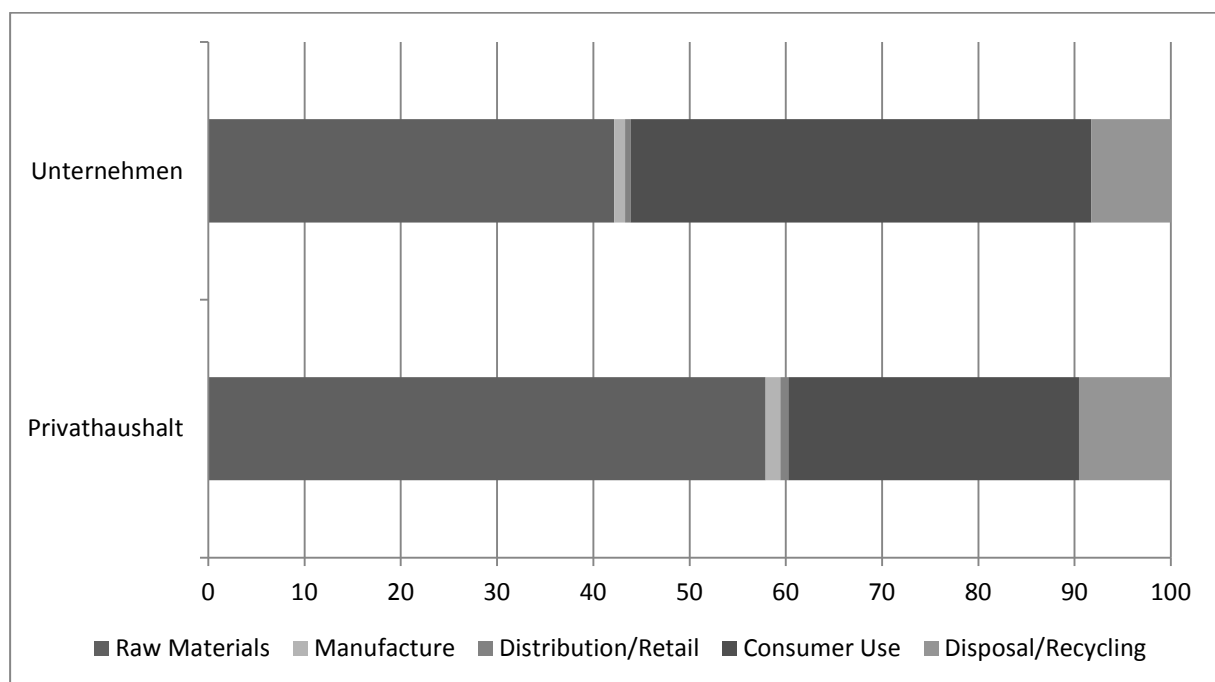
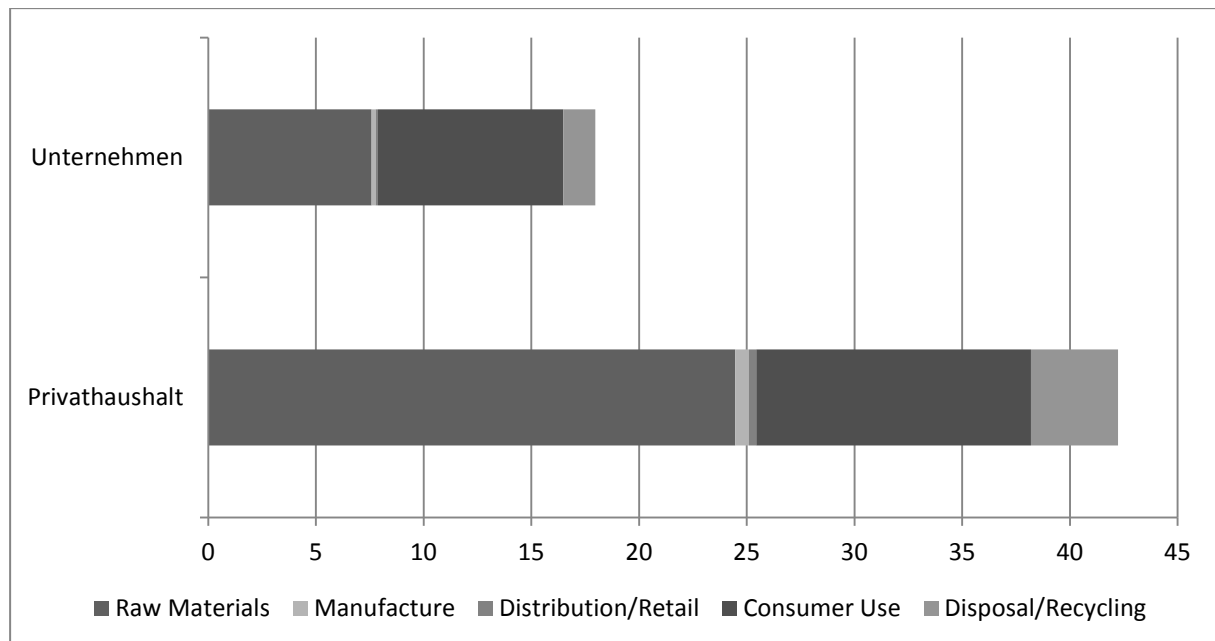
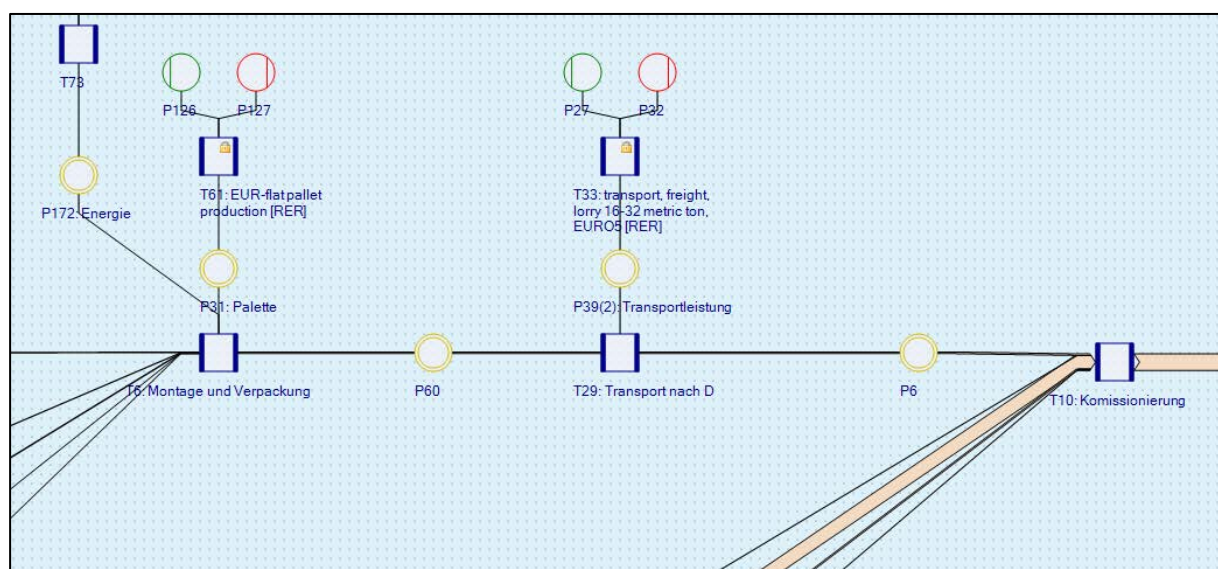


Abbildung 17: Prozentuale Treibhausgasemissionen je Liter nach Lebenszyklusphasen

Abbildung 18: Absolute Treibhausgasemissionen nach Lebenszyklusphasen [g CO₂-Eq / l]

Bei näherer Betrachtung der Manufacture Phase (Abbildung 19) fällt auf, dass ein einzelner Pfeil den mit Abstand größten Beitrag zum Gesamt-Fußabdruck der Herstellung beiträgt. Dieser Pfeil repräsentiert die CO₂-Emissionen, die in der Produktion des Kühlers hervorgerufen werden. Der gleiche Sachverhalt ist in Abbildung 20 dargestellt. Hier sind außerdem die Anteile der anderen in Abschnitt 2 beschriebenen Komponenten abgetragen. Die prozentualen Anteile der CO₂-Emissionen sowie die absoluten CO₂-Emissionen ohne Bezug auf die konsumierte Menge Wasser sind in beiden Basisszenarien gleich. Unterschiedlich ist hier lediglich der Anteil der Gesamtemissionen, der von diesem Teil des Lebenszyklus hervorgerufen wird.

Abbildung 19: Beiträge zum CO₂-Fußabdruck in der Manufacture Phase

Quelle: Umberto NXT LCA

Mit knapp 20 g CO₂-Eq je Liter Grohe Blue Trinkwasser verursacht die Produktion des Kühlers im Basisszenario „Privathaushalt“ fast die Hälfte der spezifischen Treibhausgasemissionen. Insgesamt fallen bis zur Inbetriebnahme gut 26 g CO₂-Eq an. Im Basisszenario Unternehmen bleibt der Anteil des Kühlers in der Produktion dominierend, macht aber einen geringeren Anteil sowohl der spezifischen als auch der gesamten Treibhausgasemissionen aus, da die Produktion sich hier auf etwa die dreifache Menge konsumierten Wassers aufteilt. Der Kühler ist für gut 6 g CO₂-Eq je Liter Trinkwasser verantwortlich, was etwa einem Drittel der gesamten Emissionen entspricht. Bis zur Inbetriebnahme des Systems werden im Basisszenario „Unternehmen“ insgesamt 8,06 g CO₂-Eq je Liter Trinkwasser emittiert (vgl. Abbildungen 21 und 22). Insgesamt verursacht die Produktion eines Grohe Blue Systems etwa 266 kg CO₂-Eq.

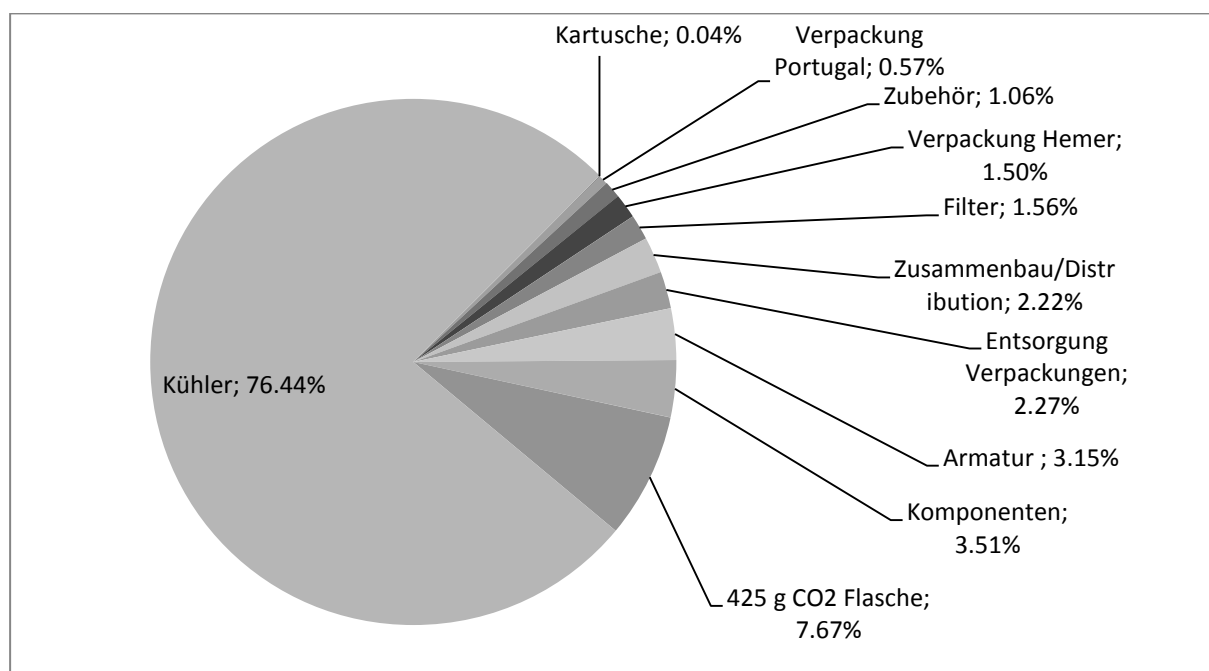
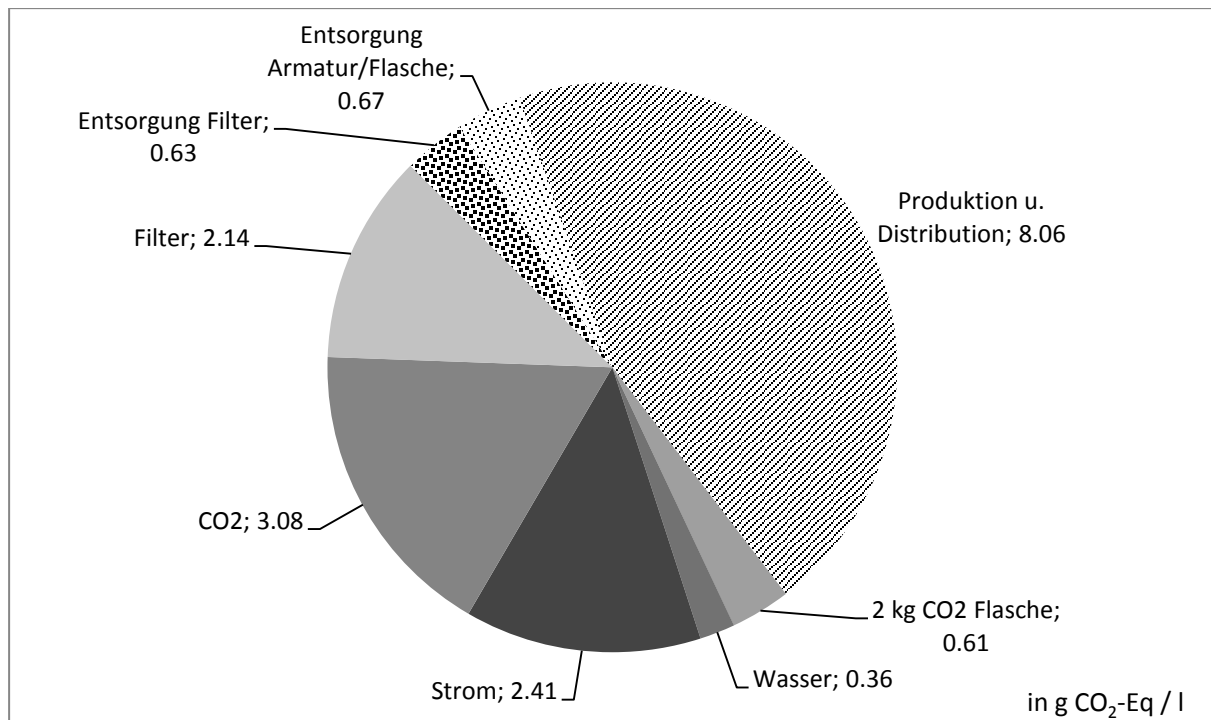
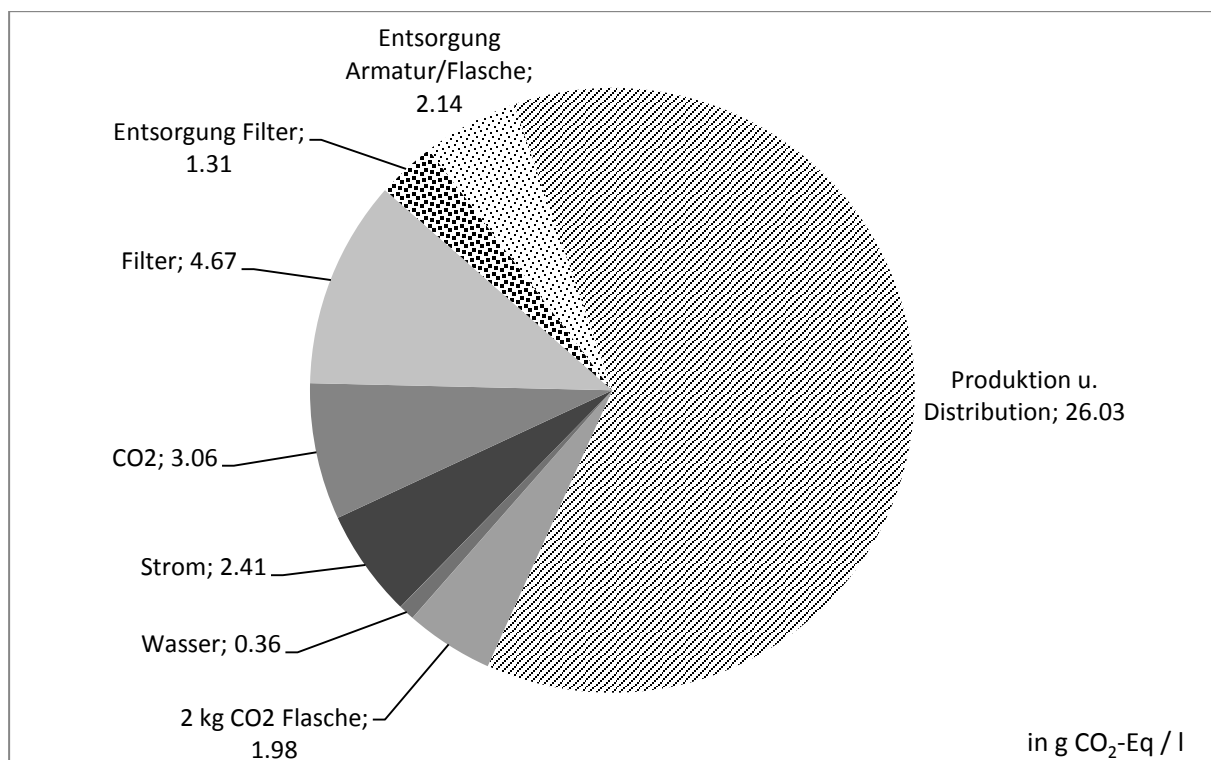


Abbildung 20: Anteile an CO₂-Eq-Emissionen bis zur Inbetriebnahme des Systems

Aus den variablen Verzehrgrößen während des Betriebes resultieren im Basisszenario „Unternehmen“ 8,9 g CO₂-Eq je Liter Trinkwasser. Diese setzen sich wie in Abbildung 21 dargestellt zusammen. Hier sind die Inputs im Betrieb des Systems vollständig ausgefüllt, die Entsorgung ist gepunktet. Der schraffierte Block fasst alle Emissionen der Prozesse aus Abbildung 20 zusammen. Entsprechend gilt Abbildung 22 für das Basisszenario Privathaushalt. Auffällig ist hier, dass die variablen Werte für Wasser und Strom gleich sind, da sie variabel für jeden Liter anfallen. Die minimalen Unterschiede bei der CO₂-Bereitstellung ergeben sich aus der Anfangsausstattung von 425 g CO₂. Die durchschnittlichen Emissionen im Privathaushalt liegen daher minimal unter denen im Unternehmen. Die Grenzemissionen sind gleich. Durch die Verwendung des 600 l Filters im Privathaushalt werden die durch die Filternutzung verursachten spezifischen Treibhausgasemissionen mehr als verdoppelt. Dies liegt in unterproportional verringerten Materialverbräuchen und erhöhtem Transportaufwand begründet.


Abbildung 21: CO₂-Eq-Emissionen je Liter Trinkwasser im Basisszenario Unternehmen

Abbildung 22: CO₂-Eq-Emissionen je Liter Trinkwasser im Basisszenario Privathaushalt

3.2 Vergleichsgrößen Literaturanalyse

In diesem Abschnitt werden die zuvor ermittelten Werte für Treibhausgasemissionen von aufbereitetem Trinkwasser aus einem Grohe Blue System Vergleichswerten von Mineralwasser in Flaschen und Wasserspendern gegenübergestellt. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse dieser Analysen stark von den getroffenen Annahmen abhängen. Hier spielen beispielsweise die Herkunft des Wassers und die resultierende Distanz zum Abfüller und Endverbraucher eine Rolle. Ebenso ist die Art der Flasche entscheidend für die spezifischen Treibhausgasemissionen des Mineralwassers. So ergeben sich deutliche Unterschiede, je nachdem ob das Wasser in PET- oder Glasflaschen abgefüllt ist und ob es sich dabei jeweils um Ein- oder Mehrwegflaschen handelt. Es lässt sich daher schwerlich ein einzelner Wert für die Treibhausgasemissionen von Flaschenwasser festlegen. Vielmehr ergeben sich gewisse Bandbreiten, in denen sich die Ergebnisse bewegen. In Abbildung 23 sind die Bandbreiten einiger Untersuchungen abgetragen. Im Vergleich dazu sind die Ergebnisse der Basisszenarien Unternehmen und Privathaushalt aus dieser Untersuchung als Linien dargestellt.

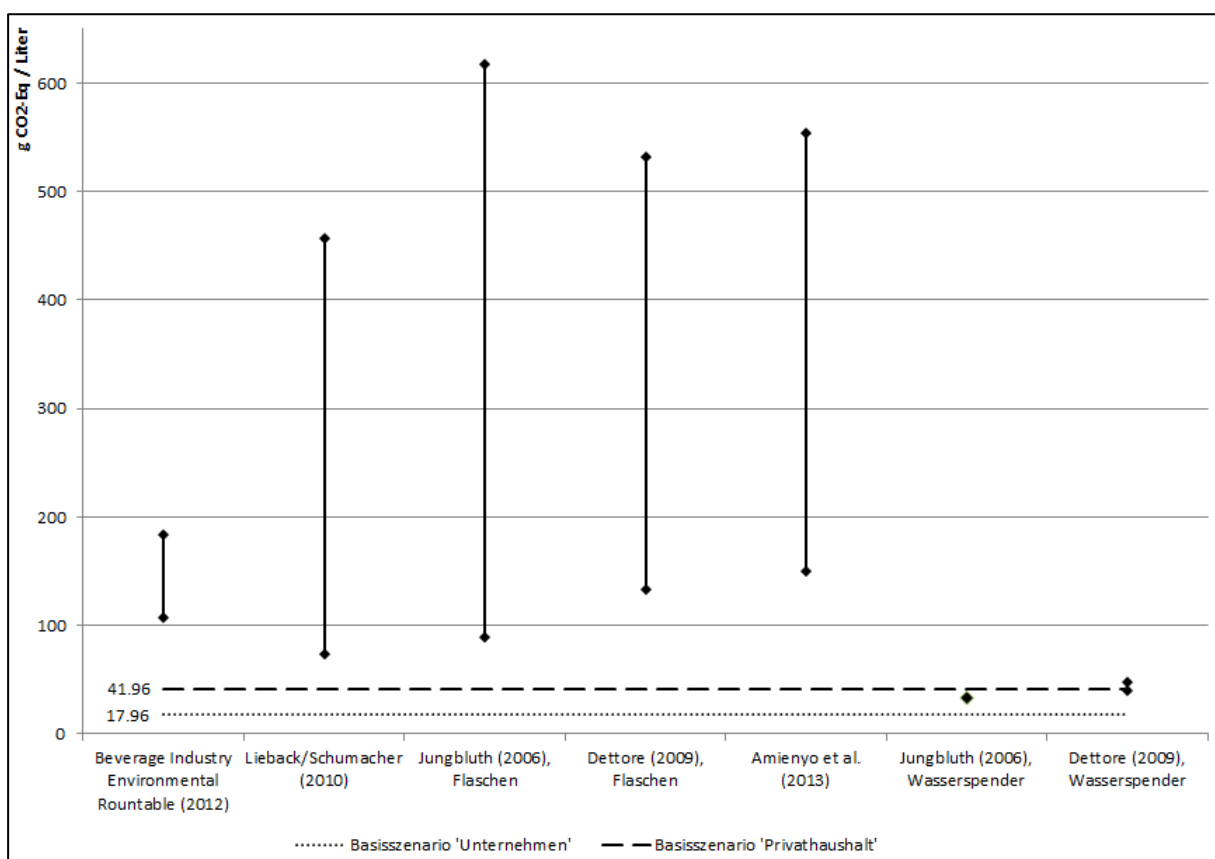


Abbildung 23: Vergleich Grohe Blue zu Mineralwasser / Wasserspender

In der Studie „Research on the Carbon Footprint of Bottled Water“ des Beverage Industry Environmental Roundtable wurde der CO₂-Fußabdruck von Wasser in typischen Verpackungen auf dem europäischen (1,5 l PET Flasche, Sechserpack, eingeschweißt) und amerikanischen (0,5 l PET Flasche, 24er-Pack, eingeschweißt mit Papppalette) Markt untersucht. Da-

bei ergab sich ein Carbon Footprint von 162,7 g CO₂-Eq für die 1,5 l PET Flasche in Europa ($\pm$ 108,5 g CO₂-Eq / Liter) und 82,8 g CO₂-Eq für die 0,5 l Flasche in Nordamerika ($\pm$ 165,6 g CO₂-Eq / Liter). Diese Werte sind als obere und untere Grenze des Intervalls in Abbildung 23 abgetragen. In beiden Szenarien stammt der größte Teil – etwa zwei Drittel bis drei Viertel – der Treibhausgasemissionen aus der Distribution und der Flaschenproduktion (Beverage Environmental Roundtable 2012).

Lieback und Schumacher untersuchen in ihrer Studie aus dem Jahr 2010 verschiedene in Berlin konsumierte Mineralwässer. Dabei ermittelten sie eine Bandbreite von 74 bis 457,5 g CO₂-Eq / Liter gekühlten und mit Kohlensäure versetzten Mineralwassers. Die Höhe des Wertes ist dabei vor allem von der Transportstrecke des Wassers abhängig. Regionale Wasser bewegen sich eher im unteren Bereich der Betrachtung, kommt das Wasser aus „Frankreich, Italien oder gar dem Himalaja“ erhöht das die Treibhausgasemissionen beträchtlich (Lieback/Schumacher 2010).

Jungbluth untersucht Mineralwasser, das in der Schweiz konsumiert wird. Aufgrund der geographischen Nähe wird davon ausgegangen, dass diese Ergebnisse grundsätzlich für den europäischen Raum und speziell Deutschland Gültigkeit besitzen. Auch in dieser Studie schwanken die Ergebnisse vor allem in Abhängigkeit der Transportstrecke und der Verpackung des Wassers. Dabei bewegen sich die Werte für Mineralwasser in Flaschen zwischen 89,8 g CO₂-Eq / Liter (regionale Produktion, still, ungekühlt, Behälter) und 618 g CO₂-Eq / Liter (keine regionale Produktion, sprudelnd, gekühlt, Glas-Mehrwegflasche). Das ebenfalls sprudelnde und gekühlte Wasser aus regionaler Produktion in einer PET-Einwegflasche kommt auf Treibhausgasemissionen von 204 g CO₂-Eq / Liter. Gekühltes und in einem Soda Gerät karbonisiertes Leitungswasser kommt auf einen Wert von 61,1 g CO₂-Eq / Liter. Ein Wert, der vor allem als Vergleichsgröße für das Szenario der Nutzung im Unternehmen interessant ist, sind die 33,4 g CO₂-Eq / Liter, die nach Jungbluth stilles gekühltes Wasser aus dem Wasserspender verursacht. Hier ist allerdings zu beachten, dass dieses nicht karbonisiert bereitgestellt wird (Jungbluth 2006).

Wasser aus dem Wasserspender mit Lieferung nach Hause oder zum Arbeitsplatz betrachtet auch Dettore für den amerikanischen Markt. Dabei wird von 4 Gallonen (ca. 15 l) Containern ausgegangen, die 50 mal wiederbefüllt werden. Variiert werden je nach Szenario das Trinkgefäß, die Transportstrecke und die Entsorgung des Containers. Daraus ergeben sich Treibhausgasemissionen von ca. 41-48 g CO₂-Eq / Liter. Darüber hinaus hat Dettore auch Flaschenwasser im amerikanischen Markt untersucht. Bei verschiedenen Szenarien in Bezug auf Entsorgung und Produktion der Flasche und Herkunft des Wassers ergibt sich eine Bandbreite an Treibhausgasemissionen von 134-532 g CO₂-Eq / Liter (Dettore 2009).

Aniemyo et al. kommen in ihrer Untersuchung für kohlensäureversetzte Erfrischungsgetränke in Großbritannien, zu denen sie explizit auch Wasser zählen, auf Werte zwischen 151 und 555 g CO₂-Eq / Liter. Dabei schneidet eine 2 l PET-Flasche am besten ab, die schlechtesten Werte erreicht eine 0,75 l Glasflasche. Zwischen diesen Extremwerten liegen außerdem Getränke in 0,33 l Aluminiumdosen und 0,5 l PET Flaschen jeweils bei ca. 300 g CO₂-Eq / Liter (Aniemyo et al. 2013).

Bei Betrachtung der Abbildung 23 fällt auf, dass die Ergebnisse der verschiedenen Studien zum CO₂-Fußabdruck von Flaschen, bis auf die Untersuchung des Beverage Environmental

Roundtable, etwa die gleiche Bandbreite aufweisen. In dieser Studie werden allerdings lediglich zwei Szenarien betrachtet. Auch die beiden Studien zu den Treibhausgasemissionen von Wasser aus einem Wasserspender liegen auf einem ähnlichen Niveau.

Weiterhin lässt sich die Aussage treffen, dass tendenziell privat genutztes Wasser bzgl. der Treibhausgasemissionen leicht oberhalb von im Unternehmen konsumierten Wasser, da hier viele Transporte kleiner Mengen Wasser durchgeführt werden. In Unternehmen hingegen ergeben sich Skaleneffekte bei der Beschaffung. Grundsätzlich hängt die Höhe der durch Flaschenwasser hervorgerufenen Treibhausgasemissionen aber vordergründig vom gewählten Wasser und dessen Verpackung sowie der Distanz zwischen Quelle, Abfüller und Konsument ab.

Grundsätzlich schneidet Trinkwasser aus dem GROHE BLUE System besser ab als die Vergleichssysteme Mineralwasser in Flaschen bzw. aus dem Wasserspender. Letzteres liegt bzgl. seines CO₂-Fußabdruckes in etwa auf dem Niveau des privat genutzten Grohe Blue Systems. Allerdings ist diese Art der Wasserbereitstellung praktisch ausschließlich für Unternehmen interessant. Außerdem ist hier zu beachten, dass Wasserspender für gewöhnlich kein karbonisiertes Wasser bereitstellen. Somit kann es in Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen ebenso als nachteilig gegenüber dem Grohe Blue System betrachtet werden.

3.3 Sensitivitäts- und Szenarioanalyse

In diesem Abschnitt wird betrachtet, wie sich die Veränderung einzelner Parameter auf das Ergebnis der Betrachtung auswirken. Betrachtet werden die Veränderung des Wasserkonsums, die Fokussierung auf einen Absatzmarkt, der Ausschluss der Armatur aus der Betrachtung, die veränderte Nutzung der verschiedenen Wassersorten, den Gebrauch von Ökostrom während der Nutzungsphase sowie eine teilweise Freisetzung des Kühlmittels durch unsachgemäße Entsorgung.

3.3.1 Wasserkonsum

Abbildung 24 zeigt die Ergebnisse einer Erhöhung bzw. Verringerung des Wasserkonsums um 50 % in 10 % Schritten, ausgehend von 33.000 bzw. 10.220 Litern. Im Basisszenario Unternehmen wurde die Menge des konsumierten Wassers damit auf maximal 49.500 Liter erhöht und auf minimal 16.500 Liter gesenkt. Wird der Wert weiter erhöht, nähert sich die Kurve asymptotisch den Grenzemissionen für einen Liter Grohe Blue Trinkwasser an. Dieser Wert liegt in etwa bei 8,3 g CO₂-Eq / Liter und wird bei den gegebenen Parametern niemals unterschritten.

Ein vergleichbares Bild ergibt sich bei der Betrachtung des Basisszenarios Privathaushalt. Hier bewegt sich der Wasserkonsum zwischen 5.110 l und 15.330 l. Die Kurve verläuft deutlich steiler und auf höherem Niveau. Aufgrund der kleineren verwendeten Filter erhöhen sich die minimalen Emissionen, denen sich die Kurve annähert, auf etwa 11,5 g CO₂-Eq / Liter Trinkwasser.

Werden die Sensitivitätsanalysen für beide Szenarien in einem Diagramm mit der absoluten

Menge konsumierten Wassers dargestellt ergibt sich die Abbildung 25. Hier wird deutlich, dass die betrachteten Kapazitäten praktisch ineinander übergehen (Maximalwert Wasserkonsum im Privathaushalt: 15.330 l; Minimalwert Wasserkonsum im Unternehmen: 16.500 l). Der unterschiedliche Betrachtungszeitraum der Szenarien spielt dabei keine Rolle. Der Sprung vom höheren Niveau der Nutzung im Privathaushalt auf die Nutzung im Unternehmenskontext entsteht durch die Nutzung des 600 l Filters im Vergleich zum 3.000 l Filter und den damit verbundenen häufigeren Transporten und ungünstigerem Kapazitäts-Materialeinsatz-Verhältnis. Der grundsätzliche Verlauf in Abhängigkeit der Konsummenge entspräche dem der beiden dort abgebildeten Kurven, allerdings läge sie in der Höhe zwischen den beiden Kurven der Szenarien „Unternehmen“ und „Privathaushalt“

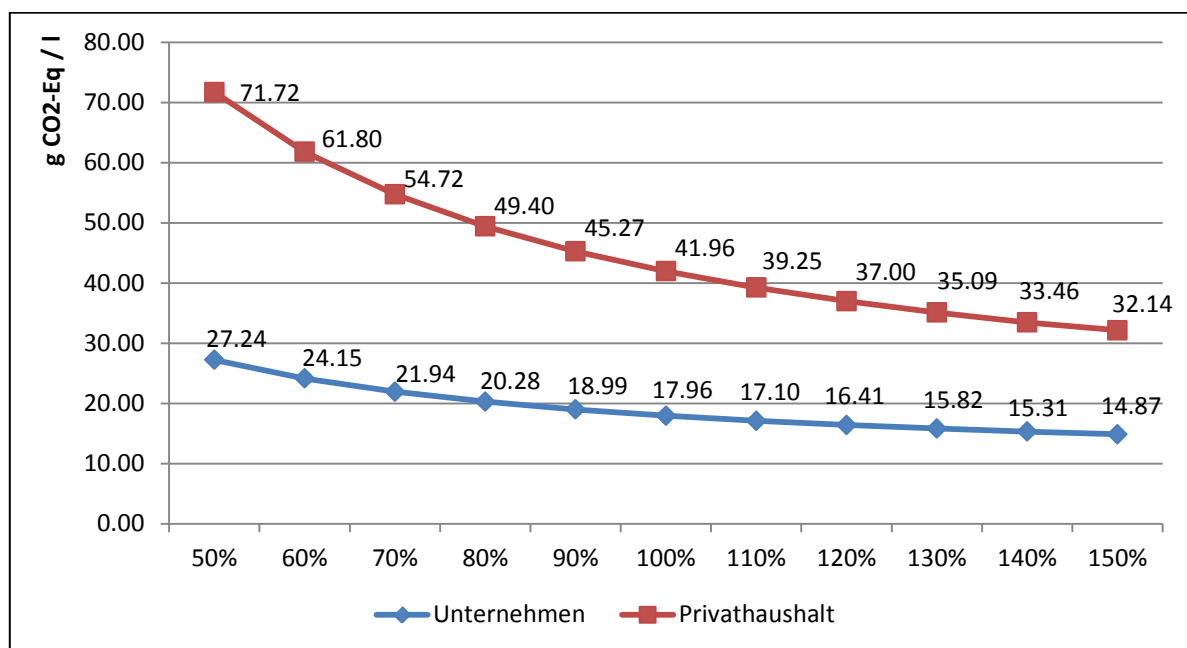


Abbildung 24: Sensitivitätsanalyse Wasserkonsum

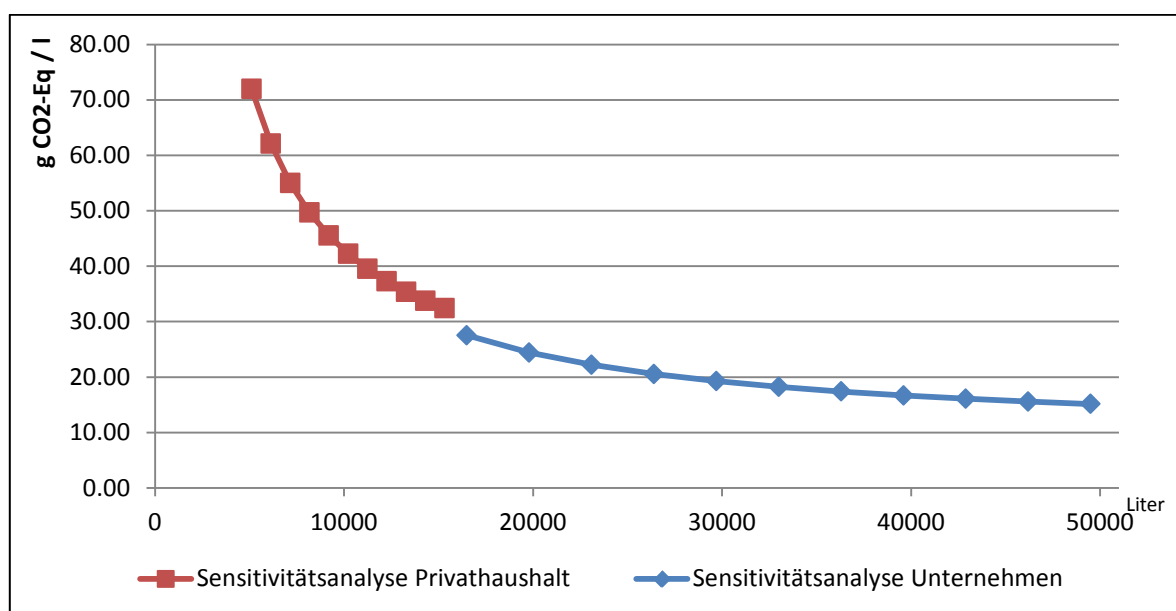


Abbildung 25: Sensitivitätsanalysen Privathaushalt und Unternehmen

3.3.2 Isolierte Betrachtung der Absatzmärkte

Wird die Grohe Blue Armatur auf nur einem Markt abgesetzt, verschieben sich die Treibhausgasemissionen. Der größte Anteil resultiert dabei aus der Änderung des Strommixes während der Consumer Phase. Andere Einflussfaktoren sind die veränderten Transportdistanzen für die Ersatzfilter sowie für die Distribution der Armatur.

Wird die Armatur nur in Deutschland abgesetzt, erhöhen sich die Treibhausgasemissionen aufgrund der kohlelastigen Stromerzeugung in Deutschland. Die kürzeren Transportwege können diese Nachteile nicht aufwiegen. Wird nur Frankreich betrachtet, kehrt sich das Ergebnis aufgrund der starken Nutzung von Nuklearenergie um und die Treibhausgasemissionen verringern sich gegenüber dem Basisszenario. In den USA wiederum ist die Stromerzeugung noch stärker als in Deutschland auf fossile Brennstoffe ausgerichtet. Zusammen mit der größten Transportstrecke resultieren so deutlich erhöhte Treibhausgasemissionen. Die genauen Werte für alle drei Märkte in beiden Szenarien sind in Tabelle 19 abgetragen.

Tabelle 19: Veränderung der Treibhausgasemissionen bei Nutzung in einem Land

	Unternehmen			Privathaushalt		
	g CO ₂ -Eq/l	Diff.	% Abw.	g CO ₂ -Eq/l	Diff.	% Abw.
Standard	17,96	---	---	41,96	---	---
nur Deutschland	18,65	0,69	3,8 %	42,51	0,55	1,3 %
nur Frankreich	16,02	-1,94	-10,8 %	40,08	-1,88	4,7 %
nur USA	19,65	1,69	9,4 %	44,29	2,33	5,5 %

3.3.3 Betrachtung ohne Armatur

In den Basisszenarien wird jeweils die Produktion der Armatur selbst mit 60 % in die Betrachtung einbezogen, da sie zu 60 % für die Bereitstellung von Trinkwasser genutzt wird. Hier lässt sich aber ebenso argumentieren, dass eine Armatur auch ohne die Installation eines Grohe Blue Systems vorhanden wäre. Die Emissionen für die Produktion der Armatur sind daher nicht zwingend dem Grohe Blue System zuzurechnen. In dieser Betrachtung werden alle in den Tabellen in Abschnitt 2 mit einem Sternchen (*) markierten Komponenten des Grohe Blue Systems komplett aus der Betrachtung herausgehalten. Es ergeben sich dann Emissionen in Höhe von **17,33 g CO₂-Eq je Liter** für die Nutzung im Unternehmen und **39,91 g CO₂-Eq je Liter** für die Nutzung im Privathaushalt. Damit verbessert sich der Ausgangswert um 3,5 % (0,63 g CO₂-Eq je Liter) bzw. 4,9 % (2,05 g CO₂-Eq je Liter).

Die Armatur selbst ist nur für einen geringen Anteil der gesamten Treibhausgasemissionen verantwortlich. Der Großteil der Emissionen entsteht in der Nutzungsphase des Systems und durch die Produktion des Kühlers, der aber in jedem Falle dem Grohe Blue System zugerechnet werden muss. Dadurch ergeben sich durch die geänderte Allokation nur vergleichsweise kleine Abweichungen vom Wert der Basisszenarien, die die qualitative Aussage des Ergebnisses nicht verändern.

3.3.4 Isolierte Betrachtung der drei Trinkwasseroptionen

Dieser Abschnitt betrachtet die Veränderung der Ergebnisgrößen bei einer Verschiebung der Nutzung. Dazu wird angenommen, dass ausschließlich eine der drei verfügbaren Wassersorten konsumiert wird. Die resultierenden Veränderungen sind bei beiden Szenarien praktisch identisch. Unterschiede sind lediglich auf die anteilmäßig unterschiedliche Anfangsausstattung mit der 425 g Kohlendioxidflasche zurückzuführen. Bei ausschließlichem Konsum von nicht karbonisiertem Wasser ergibt sich eine Einsparung von gut 3 g CO₂-Eq je Liter Wasser gegenüber den Basisszenarien. Dies ist genau die Menge an Treibhausgasemissionen, die durch die CO₂ Bereitstellung verursacht wurde (vgl. Abbildungen 21 und 22). Wird ausschließlich medium stark karbonisiertes Wasser konsumiert, steigen die spezifischen Treibhausgasemissionen in beiden Fällen um gut 0,3 g CO₂-Eq je Liter, stark karbonisiertes Wasser führt zu einer Erhöhung um gut 2 g CO₂-Eq je Liter (Tabelle 20).

Tabelle 20: spezifische Treibhausgasemissionen bei Veränderung des Nutzungsprofils

	Unternehmen			Privathaushalt		
	g CO ₂ -Eq/l	Diff.	% Abw.	g CO ₂ -Eq/l	Diff.	% Abw.
Standard	17,96	---	---	41,96	---	---
100 % stark karb.	20,01	2,06	11,5 %	44,01	2,05	4,9 %
100 % medium karb.	18,30	0,34	1,9 %	42,29	0,33	0,8 %
100 % unkarbonisiert	14,88	-3,06	-17,0 %	38,90	-3,08	-7,3 %

Quelle: eigene Berechnungen

3.3.5 Ökostrom Nutzung im Betrieb

Standardmäßig wird für den Betrieb des Grohe Blue Systems vom deutschen, französischen und US-amerikanischen Strommix ausgegangen. Da einige Unternehmen und Privathaushalte regenerativ erzeugten Strom beziehen, soll in diesem Abschnitt betrachtet werden, welche Auswirkungen dies auf die CO₂-Bilanz der Trinkwasserbereitstellung hat. Hier wird von Stromerzeugung durch Windkraft auf 1-3 MW Anlagen ausgegangen. Der Strommix im Produktionsbereich wird dabei nicht verändert. Lediglich während der Nutzungsphase wird auf regenerativ gewonnenen Strom zurückgegriffen. Im Ergebnis führt dies jeweils zu einer Verringerung der CO₂-Emissionen von 2,3 g CO₂-Eq je Liter auf **15,66 g CO₂-Eq je Liter** im Unternehmen bzw. **39,66 g CO₂-Eq je Liter** im Privathaushalt. Prozentual ist die Verbesserung, ausgehend von einem geringeren Wert, im Unternehmensszenario höher. Sie liegt bei 12,8 %, während die Nutzung von Strom aus Windkraft das Ergebnis im Privathaushalt um lediglich 5,5 % verbessert.

3.3.6 Kühlmittelfreisetzung

Im Basisszenario wird davon ausgegangen, dass das Kühlmittel R134a vollständig zurückgewonnen wird. Bei einer sachgemäßen Entsorgung ist dies auch der Fall. Dennoch kann es durch falsche Entsorgung, beispielsweise über den Hausmüll, dazu kommen, dass das Sys-

tem durch physische Einflüsse beschädigt und das hoch-klimaschädliche Kühlmittel freigesetzt wird. Die Auswirkungen dieser Freisetzung sind zwar im Verhältnis zur sehr geringen Menge des freigesetzten Kühlmittels durchaus bemerkenswert, ihr Einfluss auf das Gesamtergebnis bleibt dennoch moderat. Tabelle 21 zeigt die Veränderung der spezifischen Treibhausgasemissionen in beiden Basisszenarien bei Freisetzung von 1 %, 10 % und 20 % der insgesamt 70 g Kühlmittel. Mit der Erhöhung der Kühlmittelfreisetzung erhöhen sich die spezifischen Treibhausgasemissionen bei gleichzeitiger Konstanz aller anderen Parameter linear.

Tabelle 21: Treibhausgasemissionen bei partieller Freisetzung des Kühlmittels [g CO₂-Eq / Liter]

	Unternehmen			Privathaushalt		
	g CO ₂ -Eq/l	Diff.	% Abw.	g CO ₂ -Eq/l	Diff.	% Abw.
Standard	17,96	---	---	41,96	---	---
1 % R134a frei	17,99	0,03	0,2 %	42,06	0,10	0,2 %
10 % R134a frei	18,26	0,30	1,7 %	42,94	0,98	2,3 %
20 % R134a frei	18,57	0,61	3,4 %	43,92	1,96	4,7 %

Quelle: eigene Berechnungen

Die Freisetzung der gesamten 70 g Kühlmittel eines Grohe Blue Kühlers käme der Emission von 91 kg Kohlendioxid gleich (Climate Change 1995). Die sachgerechte Entsorgung des Kühlmittels sollte daher nicht vernachlässigt werden.

4 Fazit

Die Installation eines Grohe Blue Systems ist in Bezug auf Treibhausgasemissionen über die verschiedenen Szenarien hinweg gegenüber der alternativen Wasserbereitstellung in Flaschen oder Wasserspendern vorteilhaft. Die größten Veränderungen im Rahmen der Sensitivitäts- und Szenarioanalyse ergaben sich bei Änderung der konsumierten Menge Wasser um +/- 50 %. Damit liegen alle Ergebnisse der Betrachtung zwischen den beiden gestrichelten (Unternehmen) bzw. gepunkteten (Privathaushalt) Linien in Abbildung 26. Hier ist zu beachten, dass es sich um einen modifizierten Ausschnitt der Abbildung 23 handelt. Die Ergebnisbandbreiten bei ‚Lieback/Schumacher (2010)‘, ‚Jungbluth (2006), Flaschen‘, ‚Dettore (2009), Flaschen‘ und ‚Amienyo et al. (2013)‘ gehen teilweise noch deutlich über den hier abgebildeten Bereich hinaus.

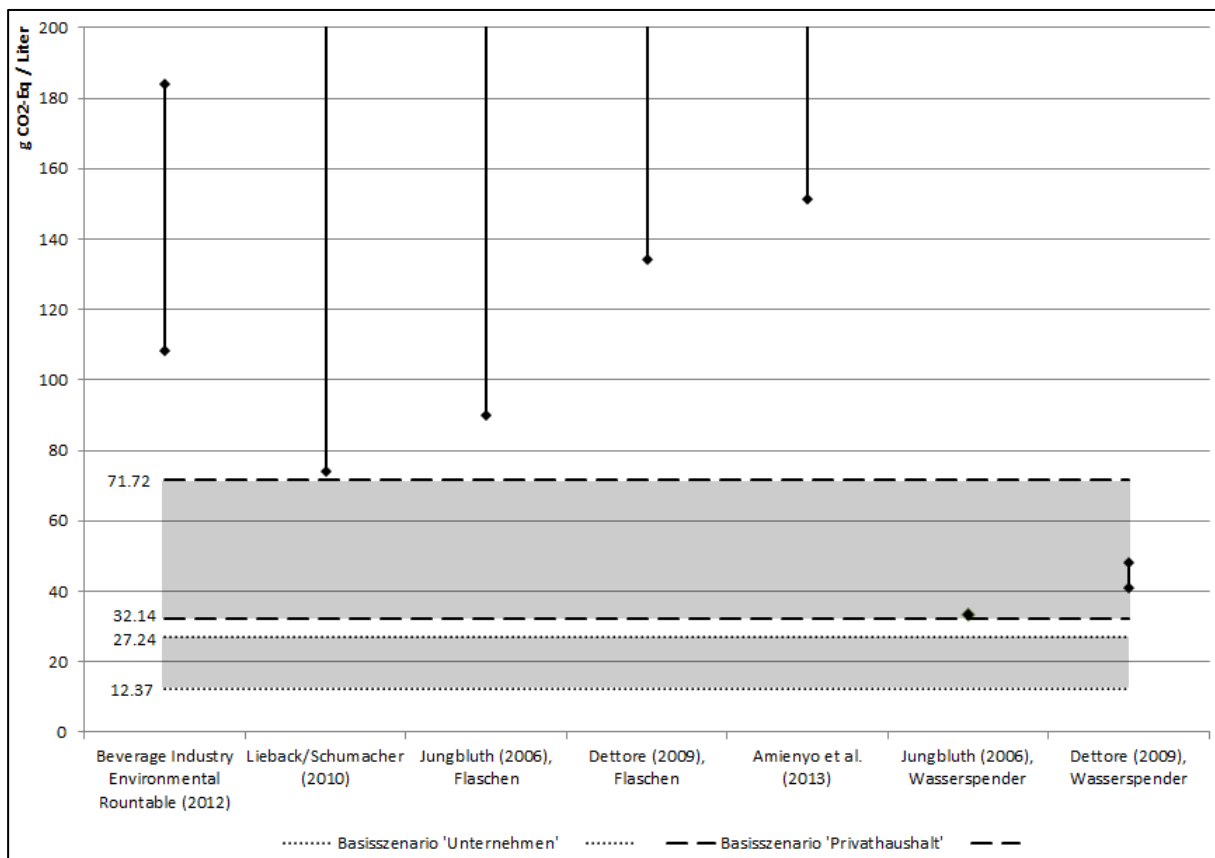


Abbildung 26: Ergebnisbandbreiten für Nutzung im Unternehmen und Privathaushalt

Quelle: eigene Darstellung

Durch unsachgemäße Entsorgung steigen die spezifischen Treibhausgasemissionen. Die gleiche Tendenz zeigt sich durch den vorwiegenden Konsum stark karbonisierten Wassers. Ebenso führt eine ausschließliche Betrachtung des deutschen oder amerikanischen Marktes zu höheren Werten. Hier können ggf. durch einen Vergleich der betrachteten Märkte mit

spezifischen Fällen durch Analogien in den Strommixen Rückschlüsse auf andere Märkte gezogen und dortige Emissionen abgeschätzt werden. Darüber hinaus sollte, unabhängig vom Markt, ein Augenmerk auf die Rückgewinnung des hoch klimaschädlichen Kühlmittels gelegt werden.

Verbesserungen der Standardwerte lassen sich etwa durch die Nutzung von Ökostrom oder durch den Konsum von weniger stark karbonisiertem Wasser erreichen. Ebenso führt eine isolierte Betrachtung des französischen Marktes zu verringerten Treibhausgasemissionen, allerdings nur aufgrund der starken Nutzung von Atomstrom. Dadurch wird deutlich, dass sich die Ergebnisse dieser Untersuchung ausschließlich auf Treibhausgasemissionen beziehen. Andere eventuell umweltschädigende Emissionen werden nicht betrachtet. Eine generelle Aussage über die Umweltfreundlichkeit des Grohe Blue Systems lässt sich daher nicht ableiten.

Literaturverzeichnis

Aniemyo, D., Gujba, H., Stichnothe, H., Azapagic, A. (2013): Life cycle environmental impacts of carbonated soft drinks, in: International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 18, Issue 1, January 2013, pp. 77-92.

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (2003): Effiziente Energienutzung in der Galvanik-industrie, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg, 2003.

Beverage Industry Environmental Roundtable (2012): Research on the Carbon Footprint of Bottled Water, 2012, <http://bieroundtable.com/files/Bottled%20Water%20Final%20DEP.pdf>.

Climate Change (1995): The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22.

Dettore, C. G. (2009): Comparative Life Cycle Assessment of Bottled vs. Tap Water, Ann Arbor, 2012, http://css.snre.umich.edu/css_doc/CSS09-11.pdf.

Eitelwein, O.; Goretzki, L. (2010): Carbon Controlling und Accounting erfolgreich implementieren - Status Quo und Ausblick, in: Controlling & Management (ZfCM) 54 (1), S. 23–32.

Gattermann, M., Quack, D. (2013): PROSA Sanitärarmaturen - Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen, Öko-Institut, Freiburg, 2013.

Herbst GmbH (2013): Übersicht Anwendungen, Telgte, 2013
<http://www.bentonit.de/anwendungen/allgemeine-uebersicht/index.html>

IPCC (2007): Fourth Assessment Report 2007. Contribution of Working Group I: Technical Summary, International Panel on Climate Change (IPCC).

Jungbluth, N. (2006): Vergleich der Umweltbelastungen von Hahnenwasser und Mineralwasser, in: Gas Wasser Abwasser GWA, 03/2006, S. 215-219.

Lieback, J., Schumacher, S. (2010): Klimaschutz im Wasserglas, in: UmweltMagazin, 9/2010, S. 62-63.

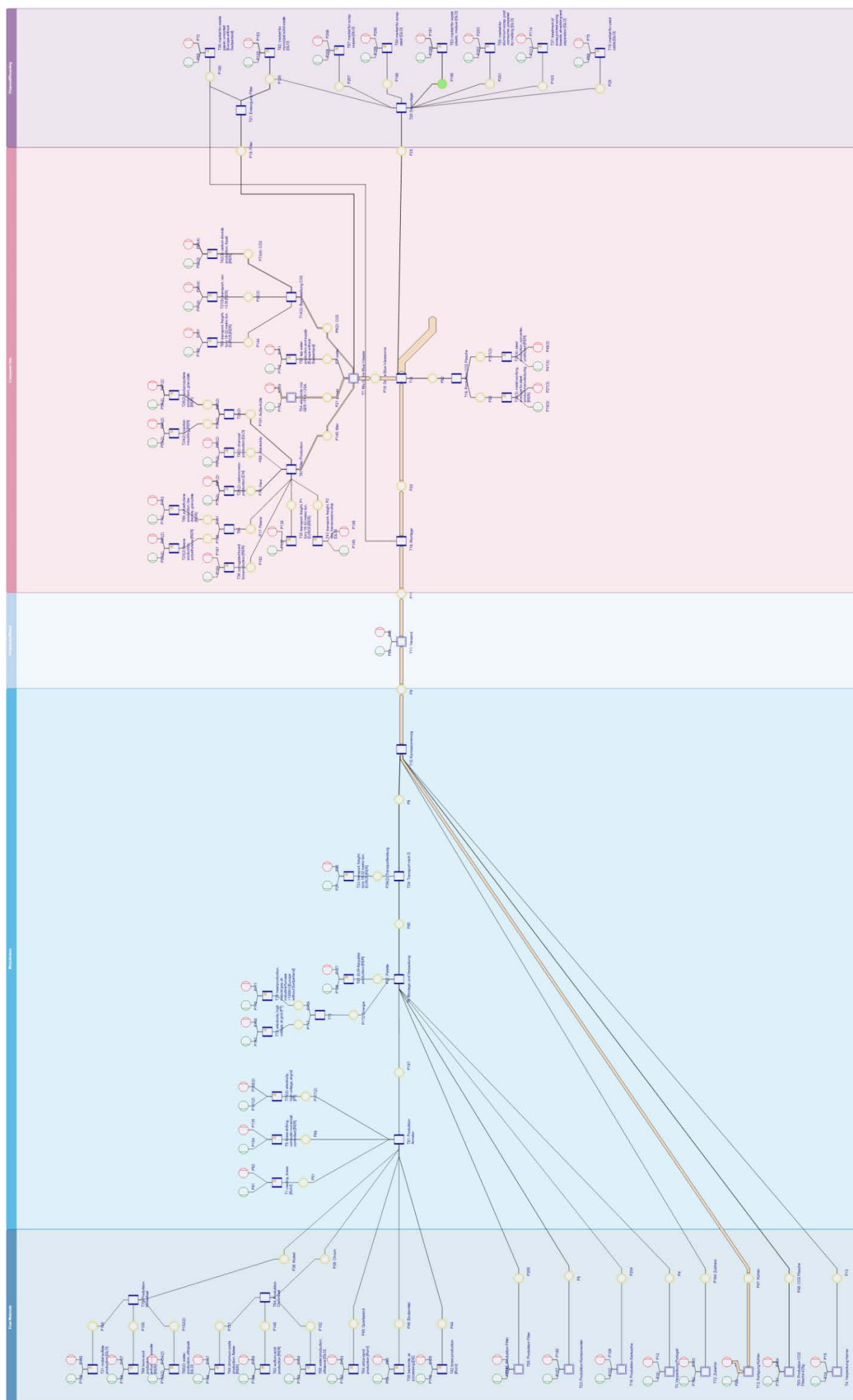
BSI (2011): PAS 2050:2011 – Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services, BSI, London, 2011.

Schmidt, M. (2010): Carbon Accounting zwischen Modeerscheinung und ökologischem Verbesserungsprozess, in: Zeitschrift für Controlling & Management (ZfCM) 54 (1), S. 32-37.

Umweltbundesamt (UBA) (2013): Europäischer Vergleich der Treibhausgasemissionen, Dessau-Roßlau, 2013, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/europaeischer-vergleich-der-treibhausgas-emissionen>.

United Nations (2009): Copenhagen Accord, Copenhagen, 2009, <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/eng/l07.pdf>

Anhang



Komponente	Benennung	Brutto	GewEh	Menge	BME	Werkstoff (alt)	Werkstoff Verpackung	Werkstoffschlüssel firmenspez_	Vorprodukt	modelliert als
400828040	GEH,EHM,SP-	1,143	KG	1	ST				Armatur	brass
05267231	Hebel, Stell-	0,016	KG	1	ST	Messing			Komponenten	brass
02522031	STIFT,GEW- ISO 4026-M5x7 NIRO Tuflok	0,001	KG	1	ST	Edelstahl			Kartusche	steel
09955031	Stift, Polygon-	0,002	KG	1	ST	Edelstahl		Edelstahl	Kartusche	steel
09956031	Stift, Polygon-	0,002	KG	1	ST	Edelstahl		Edelstahl	Kartusche	steel
02559031	RING,GLEIT- PE	0,001	KG	1	ST	Poly-Ethylen		PE-UHMW	Kartusche	PE
02553031	Hülse, Schwenk-	0,007	KG	1	ST	Polyamid		PA 12-GK 30 (Glaskugel verst.)	Kartusche	PE
00.03.1021	Granulat POM natur C9021	1	KG	0,004	KG				Kartusche	PE
05931131	DICHTG,FLACHRG-	0,001	KG	1	ST	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschu			Kartusche	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk
50599000	Granulat Noryl PX 2485	1	KG	0,011	KG				Kartusche	PE
12280040	Scheibe, Keramik 35mm	0,01	KG	1	ST	Keramik			Kartusche	cermamic tile
50587000	GRANULAT,KST- PAPA GRI-VORY GV-4H (GF40)	1	KG	0,002	KG				Kartusche	PE
50019000	SILIKON SILOPREN LSR 2660 (FASSWARE)	1	KG	0,001	KG				Kartusche	silicone
09130031	ADAPTER EUP PAPA	0,001	KG	1	ST	Patiell aromatisches Polyamid		PAPA-GF 40 (hochsteif)	Kartusche	PE
10190031	Schalldämpfer	0,001	KG	1	ST	Polyoxy-menthylen		POM-C (wasser-führend)	Kartusche	PE
05782131	SCHRAUBE,6KT- ISO 4017-M4x12 Niro	0,002	KG	1	ST	Edelstahl			Kartusche	steel
02934131	HUELSE CUZN	0,041	KG	1	ST	Messing			Komponenten	brass
403843037	Mutter, Ring- M42x1 f. Kart.35	0,025	KG	1	ST	Messing		Messing	komponenten	brass
04457038	KAPPE ATR ABS CHROM	0,003	KG	1	ST	Acrylnitril-Butadien-Styrol		ABS (galvan., nicht wasserf.)	Komponenten	ABS
05930031	DICHTUNG,RUNDRG- 38,0x2,0 NBR/EPDM	0,001	KG	1	ST	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschu			Komponenten	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk
64352038	HEBEL,EHM-	0,221	KG	1	ST	Zinkdruckguß		Zn-Druckguss	Komponenten	Metalle

01591131	STIFT,GEW- GRC NIRO TUFLOK-BESH.,DREHM.N	0,002	KG	1	ST	Edelstahl		Komponenten	steel
01050031	STOPFEN	0,001	KG	1	ST	Thermoplastischer Elastomer	TPE (spezial) 4	Komponenten	Ethylen- Propylen-Dien- Kautschuk
64353031	RING,GLEIT	0,001	KG	1	ST	Poly-Ethylen	PE-UHMW	Komponenten	PE
64356040	AUSLAUF,SCHWENK- inkl. Sprengring	0,7	KG	1	ST	kein Werkstoff	Messing	Komponenten	brass
64357031	ANSCHLUSSSTUECK	0,007	KG	1	ST	Polysulfon (Kunstst.)	PSU wasserfüh- rend	Komponenten	PE
64367031	BEFESTIGUNG	0,002	KG	1	ST	Edelstahl	Edelstahl	Komponenten	steel
64374040	MOUSSEUR	0,044	KG	1	ST			Komponenten	steel
64375031	EINS,GEH-	0,198	KG	1	ST	Entzinkungsbeständiges Messing	DR-Messing (alpha MS)	Komponenten	brass
64358031	RING,STUETZ-	0,002	KG	2	ST	Polyamid	PA 12	Komponenten	PE
64360031	RING,GLEIT	0,001	KG	1	ST	Polyoxy-menthylen	POM-C/H (nicht wasserführend)	Komponenten	PE
01566031	DICHTUNG,RUNDRG- 12,5x2,2 NBR/EPDM	0,001	KG	1	ST	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschu		Komponenten	Ethylen- Propylen-Dien- Kautschuk
02680031	DICHTUNG,RUNDRG- 32,0x2,5 NBR/EPDM	0,01	KG	1	ST	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschu		Komponenten	Ethylen- Propylen-Dien- Kautschuk
64373031	SCHRAUBE	0,002	KG	2	ST	Edelstahl	Edelstahl	Komponenten	steel
00127031	DICHTUNG,RUNDRG- 4,0x1,5 NBR/EPDM	0,001	KG	2	ST	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschu		Komponenten	Ethylen- Propylen-Dien- Kautschuk
10947031	STIFT,ZYLINDER-	0,002	KG	1	ST	Edelstahl	Edelstahl	Komponenten	steel
64361031	SCHEIBE,SICHER	0,002	KG	1	ST	Edelstahl	Edelstahl	Komponenten	steel
400817040	OBERTEIL,KERAM-	0,058	KG	1	ST	kein Werkstoff		Kartusche	cermamic tile
64363331	HUELSE-	0,005	KG	1	ST	Polyoxy-menthylen	POM-C/H (nicht wasserführend)	Komponenten	PE
403357040	GRIFF,ABSPERR-	0,039	KG	1	ST			Komponenten	ABS
50227000	Rohr 55mm x 12,5mm x 3m	1	KG	0,114	KG			Komponenten	brass
50196000	MS58 STANGENSPAENE,- Gutschr. Kalkulation	1	KG	-0,071	KG			XXX	XXX
50102000	CuZn39Pb3 Stange Abfall	1	KG	-0,004	KG			XXX	XXX

	(Endstück)									
64511240	DISPLAYELEMENT ADE	0,036	KG	1	ST				Komponenten	LED/cable, unspecified
400836040	SCHLAUCH	0,124	KG	1	ST				Komponenten	PE/steel
64370040	SCHLAUCH	0,82	KG	1	ST				Komponenten	PE/steel
65195140	Schlauch, Anschluss- NIRO	0,101	KG	2	ST	kein Werkstoff			Komponenten	PE/steel
09614031	STIFT,GEW- CUZN	0,06	KG	1	ST	Messing			Komponenten	brass
07716140	Set, Befestigung-	0,06	KG	1	ST				Komponenten	PE/steel
41007000	Was-T-Abzweigstueck, Dn10	0,12	KG	1	ST				Komponenten	brass
05345031	ETIKETT,HAFT- BLAU PFEILE RECHTS 70X24MM	0,001	KG	1	ST				Komponenten	PE/steel
05108031	ETIKETT,HAFT- ROT ZED PFEIL RECHTS 70X2	0,001	KG	1	ST				Komponenten	PE/steel
40404040	Grohe Blue Filter 600l	1,175	KG	1	ST				Filter	
64508000	Filterkopf	0,31	KG	1	ST				Filter	
40405045	KARAFFE	0,805	KG	1	ST				XXX	XXX
400837040	Schlauch, Anschluss-	0,13	KG	1	ST	Edelstahl			Komponenten	steel
92889W31	Folie, Signier	0,001	KG	0,001	ZST				XXX	XXX
98293031	Schachtel-Deckel	0,263	KG	1	ST		WP / UD2			Verpackung Portugal corrugated board box, off-set printing
98295031	Schachtel-Boden, Grohe Blue	0,3	KG	1	ST		WP / UD2			Verpackung Portugal corrugated board box, off-set printing
90100131	SCHACHTEL,FALT- UD-2 450GR	0,046	KG	1	ST		VP, MGK			Verpackung Portugal corrugated board box
91245031	Einlage Starterpaket Grohe Blue	0,04	KG	1	ST				Verpackung Portugal	corrugated board box
91714031	Einlage Armatur Grohe Blue	0,287	KG	1	ST				Verpackung Portugal	corrugated board box
91715031	Einlage Starterpaket Grohe Blue	0,04	KG	2	ST				Verpackung Portugal	corrugated board box
90703031	BEUTEL BODEN- PE TRANSP.500x500	0,022	KG	1	ST		Kunststoff (PE)			Verpackung Hemer PE
91831000	BEUTEL,FLACH- PER-GAMYN+KLAPPE 40 GR/QM	0,003	KG	1	ST		Papier, Pergamyn-			Verpackung paper

90985031	Klebepunkt transparent D=8cm	0,001	KG	2	ST				xxx	xxx
92103031	ETIKETT,SBK- WEISS-GLANZ 70x60	0,001	KG	1	ST		Papier		Verpackung Hemer	paper, printed
92354031	FARBPUNKT, SBK- BLAU	0,001	KG	1	ST		Papier		Verpackung Hemer	paper, printed
91401131	Palettkarton	7	KG	0,063	ST		WP		Verpackung Portugal	corrugated board box
91402031	Deckel, Palettkarton	1,5	KG	0,063	ST		WP		Verpackung Portugal	corrugated board box
40554245	Grohe Blue C+S Kühler + Carbonisator	22	KG	1	ST				Kühler	
402786045	Zubehör für Cornelius Küh- ler	1,14	KG	1	ST				Zubehör	
40422045	Grohe Blue Kohlensäurefla- sche 425 g	1,4	KG	1	ST				CO2-Flasche	
99690031	TPI RH 12U 112I A5 s/w 80g	0,04	KG	1	ST				Verpackung Hemer	paper, printed
96761231	TPI RH 6U 28I A5 s/w 80g	0,04	KG	1	ST				Verpackung Hemer	paper, printed
97170231	PFLEGEANLEITUNG ZF 12U 83X135 S/W 80G	0,04	KG	1	ST				Verpackung Hemer	paper, printed
98763031	KARTON,SCHLITZ- GROSS *****	0,782	KG	1	ST		WP		Verpackung Hemer	corrugated board box
91716031	Einlage 1457x384mm *****	0,75	KG	1	ST		WP		Verpackung Hemer	corrugated board box
91759031	Einlage 1129x502mm *****	0,75	KG	1	ST		WP		Verpackung Hemer	corrugated board box
91303031	Einlage 360x560mm	0,075	KG	5	ST				Verpackung Hemer	corrugated board box
91760031	Einlage,universell- gerillt *****	0,12	KG	1	ST		WP		Verpackung Hemer	corrugated board box
91129131	Stretchband sanstrap 150 x 1200 transp.	0,005	KG	0,001	ZST				Verpackung Hemer	PE
92102131	ETIKETT,SBK- WEISS 98x47,5	0,001	KG	1	ST		Papier		Verpackung Hemer	paper

Teilenummer	Bauteil	Menge	Einh.	Material	Teilegewicht	Gesamtgewicht
1000 220110554	Bodenwanne - Grohe Blue II	1	ST	ABS	535	535
1000 220110555	Frontplatte - Grohe Blue II	1	ST	ABS	375	375
1000 220110556	Rückwand - Grohe Blue II	1	ST	ABS	355	355
1000 220111932	Bohrschraube DIN7504 P/VZ 3,919	1	ST	Steel	2	2
1000 220110557	Seitenteil - Grohe Blue II	2	ST	ABS	510	1020
1000 220110615	Deckel - Grohe Blue II	1	ST	ABS	280	280
1000 149824000	SENKSCHRAUBE M4x10 A2 KRZ	5	ST	Steel	1	5
1000 135934048	LINSEN-BLECHSCHRAUBE F3,9X9,5 STVZ	4	ST	Steel	1	4
1000 135823080	SECHSKANTMUTTER M4	5	ST	Steel	1	5
1000 220110526	Verflüssigerstütze - Grohe Blue II	1	ST	ABS	175	175
1000 220110602	Verflüssiger - Grohe Blue II	1	ST	CU / AL	265	265
1000 220110825	Verflüssigerhülse - Sunon Fan Motor	1	ST	ABS	50	50
1000 220110605	Fan motor, Sunon DP200A, 2123XBT.GN	1	ST	ABS / CU	520	520
1000 135800080	ZAHNSCHEIBE, AUSSEN	1	ST	Steel	1	1
1000 130375025	KABELBINDER 102 x 2,4	1	ST	PP	1	1
1000 135934048	LINSEN-BLECHSCHRAUBE F3,9X9,5 STVZ	4	ST	Steel	1	4
1000 440005032	Kompressor GD30MBC; 230V	1	ST	Steel / CU	6145	6145
1000 135832000	LINSENSCHRAUBE KRZ M5X10 A2	1	ST	Steel	1	1
1000 398034400	HALTEKLAMMER	4	ST	Steel	2	8
1000 220112292	Scheibe DIN125; 8.4	4	ST	Steel	2	8
1000 131850000	LINSENSCHRAUBE KRZ M4X10 A2	1	ST	Steel	1	1
1000 149767000	LINSENSCHRAUBE KRZ M4X5 A2	1	ST	Steel	1	1
1000 131928000	FÜLLSTÜTZEN AD6X150MM 0,7mm Wand	2	ST	CU	15	30
1000 149539000	TROCKNER 2X6,2; 10gr	1	ST	CU	40	40
1000 220112254	Baugruppe Kupferleitung - Grohe (GD30)	1	ST	CU	245	245
1000 940061000	ISOLIERSCHLAUCH D-06	0,100	M	PE	2	2
1000 149706054	KAPILLARE 0,9X2200	1	ST	CU	40	40
1000 149419000	KÄLTEMITTEL R 134 A	0,070	KG	R134a	70	70
1000 220112280	Alublock - Grohe (180mm hoch)	1	ST	Steel/AL	4700	4700
1000 220112118	Isolierung Alublock - Grohe	1	ST	EPS	85	85
1000 220112119	Isolierdeckel Alublock - Grohe	1	ST	EPS	65	65
1000 220112281	Universal-Stopfen (EP 280-0 4)	1	ST	EP	2	2
1000 220112286	Verbindungsrohr Kapillar 6mm	1	ST	CU	4	4
1000 220112283	Karbonatorbaugr. m. Schläuchen (V5)	1	ST	Steel / POM /EPDM	890	890
1000 220112157	Fitting Sicherheitsventil (Kst)	1	ST	POM	10	10
1000 000001116	ABLASSVENTIL KARBONATOR 11,2bar	1	ST	Steel / POM	15	15
1000 220111159	Isolierung Carbonator Top - Grohe Alu	1	ST	EPS	15	15
1000 220111023	Karbonatorpumpenkopf incl. Schrauben	1	ST	Pa/EPDM	340	340
1000 440000846	Motor IPM PT5240024-8102 (220111024)	1	ST	Steel/Cu	1775	1775
1000 312251000	LINSENSCHRAUBE KRZ 10-24UNC STVZ	2	ST	Steel	1	2
1000 220111180	Pumpenhalter - Grohe Blue II	1	ST	ABS	100	100
1000 141647545	Transformator 100VA mit Schutzkappe	1	ST	Steel/Cu	1920	1920
1000 220111055	Linsen-Blechschrabe C4,2x55 A2 -	4	ST	Steel	1	4

	DIN7981					
1000 220111010	Magnetventilbaugruppe	1	ST	POM / Steel / CU	235	235
1000 147485425	LINSENSCHRAUBE KRZ M4X25 A2	1	ST	Steel	1	1
1000 135812080	SCHEIBE 4,3, DIN 125, A2	1	ST	Steel	1	1
1000 135823080	SECHSKANTMUTTER M4	1	ST	Steel	2	2
1000 135800080	ZAHNSCHEIBE, AUSSEN	1	ST	Steel	1	1
1000 220111273	Thermostat	1	ST	Steel	85	85
1000 220110827	Drehknopf für Thermostat	1	ST	ABS	15	15
1000 310057000	LINSEN-BLECHSCHRAUBE C3,5x6,5 STVZ	2	ST	Steel	1	2
1000 141647684	Kaltgerätebuchse mit 10A Sich., schwarz	1	ST	ABS	15	15
1000 220046603	Netzkabel 2m schwarz	1	ST	PVC / CU	210	210
1000 141647683	Platine - Grohe Blue II	1	ST	Various	85	85
1000 135934048	LINSEN-BLECHSCHRAUBE F3,9X9,5 STVZ	4	ST	Steel	1	4
1000 149816081	Schlauch 6mmIDx3/8"AD	1	ST	PE	1	1
1000 149816079	Schlauch 5mmIDx5/16"AD	1	ST	PE	1	1
1000 149816084	Schlauch 6mmIDx3/8"AD	1	ST	PE	15	15
1000 149816471DM	Y-STECK-VERBINDER 8MM	1	ST	POM	10	10
1000 149816361DM	Winkel Reduzierv. 5/16x1/4"	1	ST	POM	5	5
1000 149816251DM	Winkel Einsteckverb. 5/16x5/16"Schl. AD	2	ST	POM	5	10
1000 149816252DM	Winkel Einsteckverb. 3/8x3/8"Schl. AD	1	ST	POM	5	5
1000 149816010	SICHERUNGSRING 1/4"	5	ST	POM	1	5
1000 149816518	SICHERUNGSRING 5/16", 1 mm dick	4	ST	POM	1	4
1000 149816215DM	Winkel Reduzierv. 3/8x5/16"	1	ST	POM	10	10
1000 220046009	Erdungskabel CR	1	ST	PVC / CU	1	1
1000 220111405	Driller 13,5-16,0mm	3	ST	PP	1	3
1000 220112279	Polybeutel 75µm 430x330x490	1	ST	PE	2	2
1000 220110616	Sichtglas - Grohe Blue II	1	ST	PC	1	1
1000 220110657	Druckknopf links - Grohe Blue II	1	ST	ABS	1	1
1000 220110658	Druckknopf mitte - Grohe Blue II	1	ST	ABS	1	1
1000 220110659	Druckknopf rechts - Grohe Blue II	1	ST	ABS	1	1
1000 220110580	Platinenabdeckung - Grohe Blue II	1	ST	ABS	15	15
1000 220112080	Transportschale - Grohe Blue II	1	ST	EPS	450	450
1000 220112079	Kartonmanschette 560x370x470mm	1	ST	Carton	620	620
1000 220105096	2/2 Ventil 3/8" JG, 24V	1	ST	POM / Steel / CU	85	85
1000 147384080	LINSEN-BLECHSCHRAUBE F2,9X13 A2	1	ST	Steel	1	1
1000 220111298	Abstandhalter für Wassereingangsventil	1	ST	PP	1	1
1000 940061000	ISOLIER SCHLAUCH D-06	0,120	M	PE	1	0,12
1000 940061000	ISOLIER SCHLAUCH D-06	0,170	M	PE	1	0,17
1000 940061000	ISOLIER SCHLAUCH D-06	0,075	M	PE	1	0,075
1000 310057000	LINSEN-BLECHSCHRAUBE C3,5x6,5 STVZ	2	ST	Steel	1	2
1000 220112282	Beipack kpl. - Grohe	1	ST	ABS / PE / POM	100	100
1000 143584000	TYPENSCHILD UNBEDRU.	1	ST	Al	1	1
1000 220046559	Kabel Platine-Trafo; Grohe 230V	1	ST	PVC / CU	40	40
1000 220046560	Kabel Platine-Magnetventile; Grohe 230V	1	ST	PVC / CU	20	20
1000 220046561	Kabel Platine-Niveauelekt.; Grohe 230V	1	ST	PVC / CU	20	20
1000 220046562	Kabel Lüfter-Kompressor; Grohe 230V	1	ST	PVC / CU	30	30
1000 220046563	Kabel Trafo-Kompressor; Grohe 230V	1	ST	PVC / CU	65	65

1000 220046564	Kabel Platine-Überlaufschutz; Grohe 230V	1	ST	PVC / CU	10	10
1000 149816018	SICHERUNGSRING 3/8"	4	ST	POM	1	4
1000 143829178	KABELBINDER 203X3,6	1	ST	PP	1	1
1000 220112046	Beiblatt Montageausschnitt; Grohe	1	ST	Paper	10	10
1000 220046600	Kommunikationskabel - Grohe	1	ST	PVC / CU	15	15

inputs	amount	unit ⁽⁹⁾	range ⁽¹⁰⁾	data quality and comments ⁽¹¹⁾								
energy source and efficiency ⁽¹²⁾												
Electricity	116,74	kWh	1,14 - 39,39	calculation								
Natural Gas	17,01	m3	0,13 - 6,13	calculation								
Electricity	0,025	ton CO2	-	estimation								
Natural Gas	0,413	ton CO2	-	estimation								
material inputs ⁽¹³⁾												
operating materials ⁽¹⁴⁾												
process												
process name ⁽¹⁾	Assembly											
process-No. ⁽²⁾	TTM/AL											
site ⁽³⁾	BR01 or BR02											
reference unit ⁽⁴⁾	31079345											
contact ⁽⁵⁾				date ⁽⁸⁾								
address				period under observation ⁽⁷⁾								
phone												
e-mail												
process flow chart ⁽⁶⁾												
outputs												
product(s) ⁽¹⁵⁾												
GROHE Blue (31079345)	1631	PC	16 - 558	calculation								
energy outputs ⁽¹⁶⁾												
wastes / recycling goods ⁽¹⁸⁾												
Paper												
Plastic												

Abbildung 27: Energieinputs Grohe Blue Montage in Albergaria

Product Carbon Footprint for drinking water supply through a Grohe Blue faucet system compared to mineral water

Tim Schroeder
Prof. Dr. Jutta Geldermann
Chair of Production and Logistics
Georg-August University of Göttingen

Table of contents

Table of contents	I
List of Figures	II
List of Tables	III
List of abbreviations	IV
1 Introduction	1
2 Modeling of the product life cycle in Umberto NXT LCA	3
2.1 Data sources and quality	3
2.2 System limits	4
2.3 Scenario building	5
2.4 Functional unit	5
2.5 Allocation	6
2.6 Modeling of the network	6
2.6.1 Raw Materials Phase	7
2.6.2 Manufacture	19
2.6.3 Distribution	22
2.6.4 Consumer use	23
2.6.5 Recycling / Disposal	27
3 Results and Analysis	29
3.1 Baseline result	29
3.1.1 Analysis of the baseline results	29
3.2 Benchmarks literature analysis	33
3.3 Sensitivity and scenario analysis	35
3.3.1 Water consumption	35
3.3.2 Individual examination of sales markets	36
3.3.3 Consideration without faucet	37
3.3.4 Isolated view of the three drinking water options	37
3.3.5 Green energy use in operation	38
3.3.6 Coolant release	38
4 Conclusion	40
Bibliography	VI
Appendix	VIII

List of Figures

Figure 1: Geographical representation of the Grohe Blue Supply Chain Members	7
Figure 2: Petri net cartridge	9
Figure 3: Dimensions und Phase diagram 600 liter filter	10
Figure 4: Petri net filter	12
Figure 5: Petri net components.....	13
Figure 6: Petri net packing Portugal.....	15
Figure 7: Petri Net Cooler	16
Figure 8: Petri net CO ₂ bottle 425g.....	17
Figure 9: Petri net accessories	18
Figure 10: Petri net packaging Hemer	19
Figure 11: Extract Manufacture phase	20
Figure 12: Petri net shipping Grohe Blue	22
Figure 13: Extract Consumer Use phase	23
Figure 14: Petri net Grohe Blue water mix	24
Figure 15: Petri net electricity mix.....	25
Figure 16: Dimensions sketch Grohe Blue filter 3000 l	26
Figure 17: Percentage greenhouse gas emissions per liter according to life cycle phases ...	29
Figure 18: Absolute greenhouse gas emissions by life cycle phases [g CO ₂ -eq / l].....	30
Figure 19: Contributions to the CO ₂ footprint in the Manufacture phase	30
Figure 20: Shares of CO ₂ -eq emissions up to entry into service of the system	31
Figure 21: CO ₂ -eq emissions per liter of drinking water in the baseline scenario companies	32
Figure 22: CO ₂ -eq emissions per liter of drinking water in the baseline scenario private household.....	32
Figure 23: Comparison Grohe Blue to mineral / water dispenser	33
Figure 24: Sensitivity analysis of water consumption	36
Figure 25: Sensitivity analyses of household and business	36
Figure 26: Results ranges for use in business and private household	40
Figure 27: Energy Input Grohe Blue assembly in Albergaria	XVII

List of Tables

Table 1: Effect factors exemplary greenhouse gases	1
Table 2: Sequence of the project.....	2
Table 3: Grohe Blue usage in the baseline scenarios "company" and "private household"	5
Table 4: Inputs cartridge.....	8
Table 5: Parameters of analyzed filters	10
Table 6: Derivation filter weights.....	11
Table 7: Inputs filter.....	11
Table 8: Input components	14
Table 9: Inputs Packaging Portugal	14
Table 10: Inputs cooler	15
Table 11: Inputs CO ₂ bottle 425g.....	17
Table 12: Inputs Accessories.....	18
Table 13: Input packaging Hemer.....	19
Table 14: Inputs fitting	21
Table 15: derivation of energy consumptions assembly of faucet.....	21
Table 16: Transport routes and means during the distribution of Grohe Blue Systems.....	22
Table 17: average inputs for 1 liter of drinking water Grohe Blue.....	26
Table 18: residue materials per faucet.....	27
Table 19: Change in greenhouse gas emissions per individual country use	37
Table 20: Specific greenhouse gas emissions when alternating the user profile.....	38
Table 21: Greenhouse gas emissions in partial release of the coolant [g CO ₂ eq / liter]	39

List of abbreviations

CO ₂ -eq	CO ₂ -Equivalent
DAX	German Stock Index (Deutscher Aktienindex)
GHG	greenhouse gas
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
km	kilometer
kWh	kilowatt hour
mm	millimeter
t	tonne
tkm	tonne kilometre
Mm	micrometer

1 Introduction

One of the greatest challenges of the present day is the reduction in global emissions of greenhouse gases (GHG). The federal government has publicized the goal of reducing GHG emissions by 40% compared to 1990, by 2020. To achieve this goal, in addition to private persons, companies are also being asked to make their contribution. In this context, around 70% of the DAX 30 companies are committing to mandatory CO₂ reduction targets (Eitelwein / Goretzki 2010).

On average, in 2011 every German citizen was responsible for annual emissions of about 11 tons of CO₂-equivalents (about 30 kg per day) (Federal Environment Ministry 2013). This value needs to be reduced, if the goal of limiting global warming defined at the UN Climate Change Conference in Copenhagen in 2009 of 2° C is to be achieved (United Nations 2009). This requires some large, but especially many small steps in daily life.

Consequently, environmental friendliness is increasingly perceived as an important factor, which plays a part in purchasing decisions for consumers, businesses and business partners (Schmidt 2010 Eitelwein / Goretzki 2010). The product portfolio of GROHE AG includes, among others, the Grohe Blue System, which allows conventional tap water to be filtered, cooled and carbonated in order to replace bottled mineral water. The system is designed for both companies and private households. For corporate customers especially, it is increasingly important to be able to evaluate the effect of an installation of GROHE Blue equipment on their own CO₂ footprint. Grohe would like to enable potential customers to have that opportunity with the Product Carbon Footprint.

Table 1: Effect factors exemplary greenhouse gases

Chemical substance	kg CO ₂ -eq / kg GHG
Carbon dioxide (CO ₂)	1
Methane (CH ₄)	25
Nitrous oxide (N ₂ O)	298
Sulfur hexafluoride (SF ₆)	22,800

Source: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007)

The aim of the study is the creation of a Product Carbon Footprint, which will enable measurement of greenhouse gas emissions that come from defined usage scenarios in the consumption of one liter of drinking water from the Grohe Blue faucet. In order to aggregate the values of various greenhouse gases into a result value, all greenhouse gases are converted into CO₂ equivalents (CO₂-eq). The data source for the conversion factors is the IPCC report. Some of these are exemplified in Table 1.

The project launch took place on 07/23/2013 at the kickoff meeting and was completed in

November 2013 with submitting this report in German language. First, the required data was acquired and structured August and September and integrated into a calculation model in the Umberto NXT LCA. At the end of September 2013 preliminary results of the observation of Grohe were publicized. Subsequently, the present report on the documentation of the procedure was issued in October and November 2013, and the project was completed (Table 2).

Table 2: Sequence of the project

Work Batch	2013				
	Months				
	July	August	September	October	November
Work Batch 1: Definition and scope					
Work Batch 2: Creation of material flow networks					
Work Batch 3: Data collection and validation-					
Work Batch 4: Impact Assessment, Sensitivity analysis and evaluation					

The consideration is based on production and installation of the faucet in 2014. From January 2014 Grohe is changing the filter suppliers. These will now come, as already incorporated in the analysis, from Mondsee in Austria and not from the previous supplier in Germany. The consideration period starts from 2014, depending on the scenario, to five or ten years into the future.

2 Modeling of the product life cycle in Umberto NXT LCA

This section describes the modeling of the life cycle for calculating the greenhouse gas emissions of GROHE BLUE system with the software "Umberto NXT LCA" from the ifu-Institute of Hamburg.

In Umberto NXT LCA process chains are modeled by Petri nets. These consist of two types of nodes that are connected by arcs. The nodes can be either to places (circles / ellipses) or transitions (squares / rectangles). An arc (arrow) connects one place with a transition or vice versa, but never a place with a place or a transition with a transition.

For the modeling of production processes, this means that one or more materials are transferred from a place to a transition. In this transition, different input materials can form new output materials, which in turn are "delivered" from the transition to a place. For example, the materials aluminum and energy can be delivered to a transition, where for example liquid aluminum is formed, which then is then passed on further downstream. Starting from there, in a subsequent transition, optionally with the addition of other materials from other places, another new material can be produced, etc. Similarly, transport and storage processes can be modeled by transitions. In this process, energy (diesel, electricity) is added to the transition as an additional input material along with the cargo. In this way, the entire life cycle of a product from "cradle to grave", i.e. from the raw material extraction through to the disposal of waste, can be portrayed. The Petri net of the whole product lifecycle of a Grohe Blue faucet is pictured in the Annex on page VII. Individual reports or sub-nets of the model are described in further detail in the following.

2.1 Data sources and quality

The majority of the data used is made available by Grohe. Fundamental to this is the Grohe Blue bill of materials that contains both information on the materials of the inputs used and their weights. This is summarized in the Appendix starting on page VIII. Some more complex supply parts are given on the parts list as semi-finished without further detailed information (e.g., coolers, filters, carbon dioxide bottles). The supplier of the cooler, IMI Cornelius Germany GmbH, provides a detailed bill of materials and weights, so that there is a solid data base. The situation is different for the other third-party intermediate products. Here, technical drawings or comparable products from other manufacturers are used to derive volumes or weights and material and weight are determined with the help of Grohe as well as textbook and internet research. In addition, required transport distances, for example between the Grohe facility in Hemer and Albergaria in Portugal, are determined using a route check in Google Maps and approximately rounded up.

To determine the energy consumption and emissions in the production of the required mate-

rials, the "ecoinvent 2.2" and "ecoinvent 3" databases of Swiss ecoinvent center are used (ecoinvent 2013). These data sets allow the calculation of the average emissions involved in the production or processing of certain materials. Thus, emissions that occur during the injection molding of plastic parts or in metal processing of steel, aluminum or copper can be modelled as well as the production of metals or plastics themselves. Where such pre-defined processes are not available, similar processes are used as a basis for comparison. In the case of alloys not included in the database, the metal that makes up the majority was taken as the benchmark. If the material of a component is not specified in the parts list, other indications are used to estimate it (e.g. screw → steel). In ambiguous material descriptions from semi-finished goods ("steel/AL"), as they occur in the bills of materials of the cooler, the same procedure is applied. In this case for example the description of the material, "Aluminium block - Grohe (180 mm height)" indicates the main component aluminium.

A similar problem arises in some types of plastics. While common plastics such as polypropylene (PP), polyethylene (PE) or acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) can be easily modeled by predefined production processes in Umberto, there are no defined processes for some other plastics. These plastics are usually only used in small amounts in the final product. It is therefore assumed that they are sufficiently well approximated through a representation by PE. In the parts list in the Appendix the last column for each part described by which material it is represented in the model.

The procedure is similar also in the disposal or recycling of the materials in the material cycle. For example, there is no data on the utilization of brass available, but there is for copper. Since copper is the main component of brass, this data was accepted as the benchmark for the further use of copper.

2.2 System limits

For the modeling of the life cycle of Grohe Blue faucet, data sets from the most recent ecoinvent database are used (ecoinvent 2013). These include all expenses required for the provision of a material. For the production of "aluminum, primary" for example, processes such as mining, recycling of scrap, transport and further processing steps with the respective energy consumption are recorded. When disposing on the other hand, the whole disposal process is not considered. Only distribution, i.e. the removal transportation processes of material is included in the calculation. Steps that are necessary for a renewed processing of the materials for a recycling process are excluded. These processes are attributed to the following product made from recycled material product in order to avoid double counting of emissions. Similarly to a study which calculates the carbon footprint of sanitary installations, it is assumed that 100% of the scrap metals will be recycled (Gattermann/Quack 2013). For waste which cannot be used in any other materials, waste incineration is assumed. The emissions arising in the course of this are therefore also not attributed to the Grohe Blue faucet, but to the products heat and electricity (BSI 2011).

Also not taken into account is the CO₂ used for the carbonation of the water. This is contained in the same amounts in both drinking water from the Grohe Blue plant and bottled

mineral water and can therefore be ignored.

In addition, the production of capital goods such as machinery and equipment, infrastructure and transport means is excluded. It is difficult to attribute these to the final product in any meaningful way. Additionally, these factors normally only play a marginal role for the end result and can thus be ignored.

In the event that further limitations of the system are necessary, these will be addressed directly in the following section on the modeling, if they are relevant.

2.3 Scenario building

In principle, two basic scenarios are considered (Table 3), for which sensitivity analyses will be carried out later on in the process. This is to show, for instance, which areas are particularly sensitive to changes in the parameters. For the first scenario it is assumed that the GROHE Blue faucet is installed in a company and will provide the drinking water supply of employees. Here the default assumption is that 30 employees use the Grohe Blue System. Each employee consumes one liter of water on 220 working days a year. Overall, the fittings will be used for five years, resulting in a total consumption of 33,000 liters of water.

Table 3: Grohe Blue usage in the baseline scenarios "company" and "private household"

Parameters	companies	private household
Number of users	30	4
Consumption per day [liters]	1	0.7
Number of days per year	220	365
usage duration in years	5	10
Total consumption over usage duration [liters]	33,000	10,220

Source: own assumptions

The Grohe Blue system targets not only use in the business sector, but is equally suitable for use in the private sector. The second scenario, "private household", therefore, is the use in a private context of a four-person family. Here 0.7 liters of water is consumed on 365 days a year per person. Due to the lower intensity of use a longer lifespan of 10 years is assumed. In this scenario, this results in a total consumption of 10,220 liters of water. Both scenarios are compared with water supply from mineral water. In addition, the benchmark of water dispenser will be used in the base scenario of companies.

2.4 Functional unit

Calculations on greenhouse gas emissions are connected to a functional unit. In the case of product carbon footprints, this is a so-called "utility unit". In this study one liter of drinking water from the Grohe Blue System is defined as the functional unit. This means that the intui-

tive understanding of the results as well as the good comparability with other studies, such as bottled mineral water, is given.

2.5 Allocation

This section specifies how the life cycle steps can be allocated to the end use "drinking water supply". The main emphasis here lies on the faucet itself. Since even without installing a Grohe Blue System in most cases a faucet would have been installed, the parts that would normally be present have been excluded from consideration. In the baseline scenario, however, the tap will be considered with 60% of its weight for the calculation. According to Grohe this is typically the proportion in which the faucet is used for drinking water supply. In order to make the dimensions of this decision clear, the components which were only included in the observation with 60%, are marked with "*" in the tables below. In those tables, the net weights are given, so the actual weights of the parts were thus reduced by 40%.

2.6 Modeling of the network

The overall network is divided into five sections as recommended by the guidelines of the ISO 14067 draft and the British PAS 2050:2011: The raw material extraction, production, distribution, use and disposal. The entire network is shown in the Appendix on page VII. In this section individual areas are looked at more closely in order to communicate and idea how the real production system in Umberto NXT LCA was transformed into a Petri net. The geographical distribution of the supply chain for the Grohe Blue system is shown in Figure 1 and is intended to make the following explanations easier to understand. The faucet itself is produced in Albergaria and sent to Hemer packaged together with some accessories. There, these parts are commissioned just-in-time together with other accessories and shipped to customers.

The creation of the basic materials belongs in the "raw materials" phase. The production of pre-manufactured interim products, such as the cooler or the filter is examined here. The transport to the production site in Albergaria, Portugal, is included in this. In the "manufacture" phase, the energy requirements during assembly of the individual parts to make the final product and during galvanization are taken into account. Additionally processes such as drilling and sanding of the faucet are attributed to this lifecycle phase. Subsequently in the "distribution/retail" phase, the delivery of the Grohe Blue Systems is analyzed, the "consumer use" phase looks at all emissions occurring during the use phase at the client. Here the production of consumption goods such as water and carbon dioxide is also included. In the "disposal/recycling" phase the re-use of components of the faucet at the end of the lifecycle is evaluated. It should be noted in this context that duplicate counting is being avoided (BSI 2011). This means that although transport of waste to a waste incineration plan is taken into account, the emissions that stem from the incineration are not counted. These are attributed to the products electricity and heat, which are derived from the incineration of the waste,

which lie outside the system boundaries of the product lifecycle of Grohe Blue. A similar process is applied for scrap metals, which are re-used in a high proportion in Germany. The processing of scrap metals therefore falls under raw material extraction for a subsequently manufactured product and is not a part of the current analysis. This aspect is included through the use of "market" processes from the ecoinvent data set. These only look at the distribution of residual materials and do not include any further transformative processes.

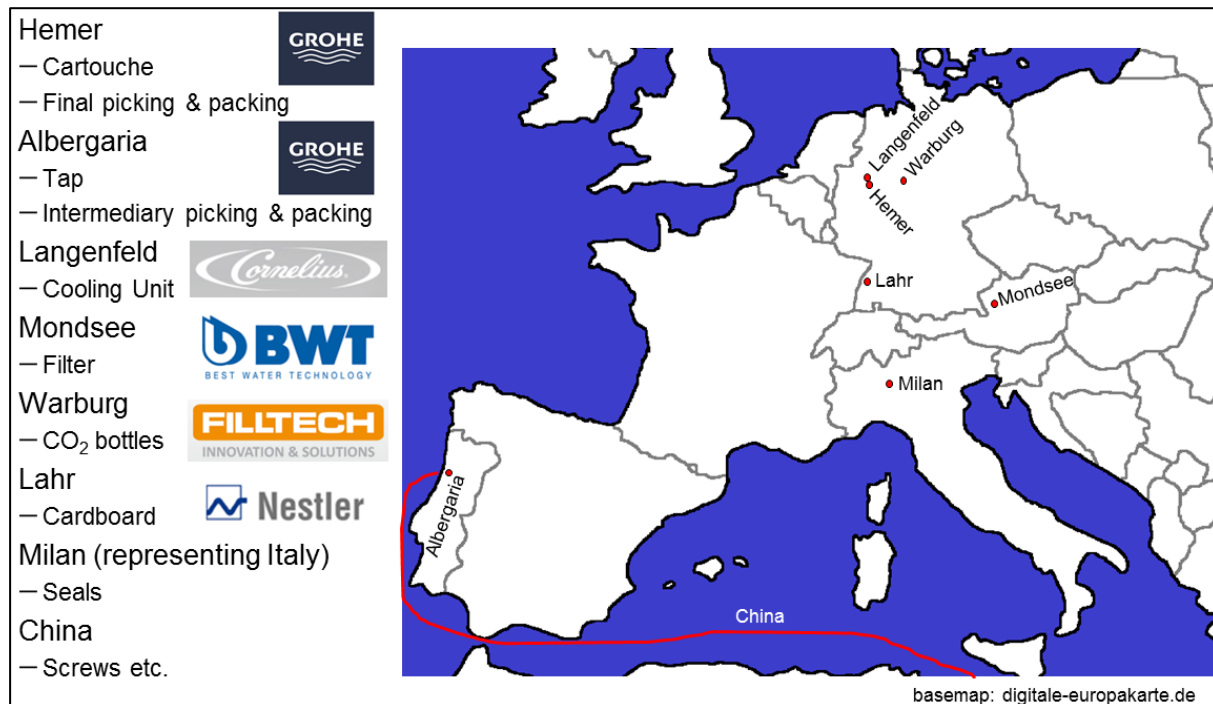


Figure 1: Geographical representation of the Grohe Blue Supply Chain Members

Source: own illustration

In order to ensure the clarity of the model, processes with a large number of partial processes in Umberto NXT LCA were preferably modeled in sub-processes. This was done for example for the production of the cooler, the filter and the cartridge. The width of the arrows in the following pictures of Petri nets represent the relative greenhouse gas emissions, which are caused by the respective process and can be seen as an anticipation of the result analysis. In sub-nets these are not related to the final result and must therefore be considered without context for each figure.

The bill of materials, which were used as the basis of observation, can be found in the appendix.

2.6.1 Raw Materials Phase

In the first stage of the value chain, raw materials are recovered for the production of the Grohe Blue Systems. Here the manufacture of primary and intermediate products also takes place. The transition from raw material to the manufacture phase is thus practically at the gate of the factory in Albergaria, Portugal. Packaging materials, the cartridge of the faucet, the filter and several other components (seals, plastic parts, screws, handles and levers,

hoses, cables) are supplied. In addition, raw materials are provided for the production of the faucet. These are brass for faucet itself, quartz sand and binder for the modeling of the cavity inside the faucet and materials required for galvanizing the faucet with a zinc and a chromium layer. The quantities required and the working assumptions are more closely considered in Section 2.6.2, when the production of the faucet in the "Manufacture" phase are analyzed. The assignment of the individual items of the bill of materials to the right intermediate product was made by research in the SAP system of Grohe and by evaluation of the analyst. This is considered sufficient as an assignment of individual parts into the wrong precursor has little impact on the outcome of the analysis. With few exceptions, the parts are modeled on the points in the supply chain at which they are also installed. Such an exception is for example the "UPPER PART, CERAM" that is not directly part of the cartridge, but is modeled there. The subdivision into individual primary and interim products occurs primarily because of improved clarity. All data is also based on the consideration of the entire quantity of consumed water, meaning the production of one faucet. An association with the functional unit (1 liter of upgraded drinking water) does not take place at this point. Unless explicitly stated otherwise, this applies to all tables in section.

The modeling of the cartridge is shown in Figure 2. This component mixes hot and cold water and controls throughput of water. The transport distance for the cartridge from its production site in Hemer to Albergaria is 2250 km. Multiplied by the weight in tonnes the transport intensity can be derived in tonnes per kilometer (tkm). This parameter is a measure of the transport capacity and is directly related to the greenhouse gas emissions caused by the transport. Therefore, this value is also given in the following Tables 4 to 18, which, apart from that, contain primarily the input materials and weights.

Table 4: Inputs cartridge

Material	Weight / transport performance
Polyethylene (PE)	0.016 kg *
Ceramics	0.041 kg *
Steel	0.004 kg *
Silicone	0.001 kg *
Seals	0.001 kg *
Sum	0.063 kg *
Transport capacity truck (1398 miles)	0.141 tkm

Source: Grohe Blue Bill of Materials

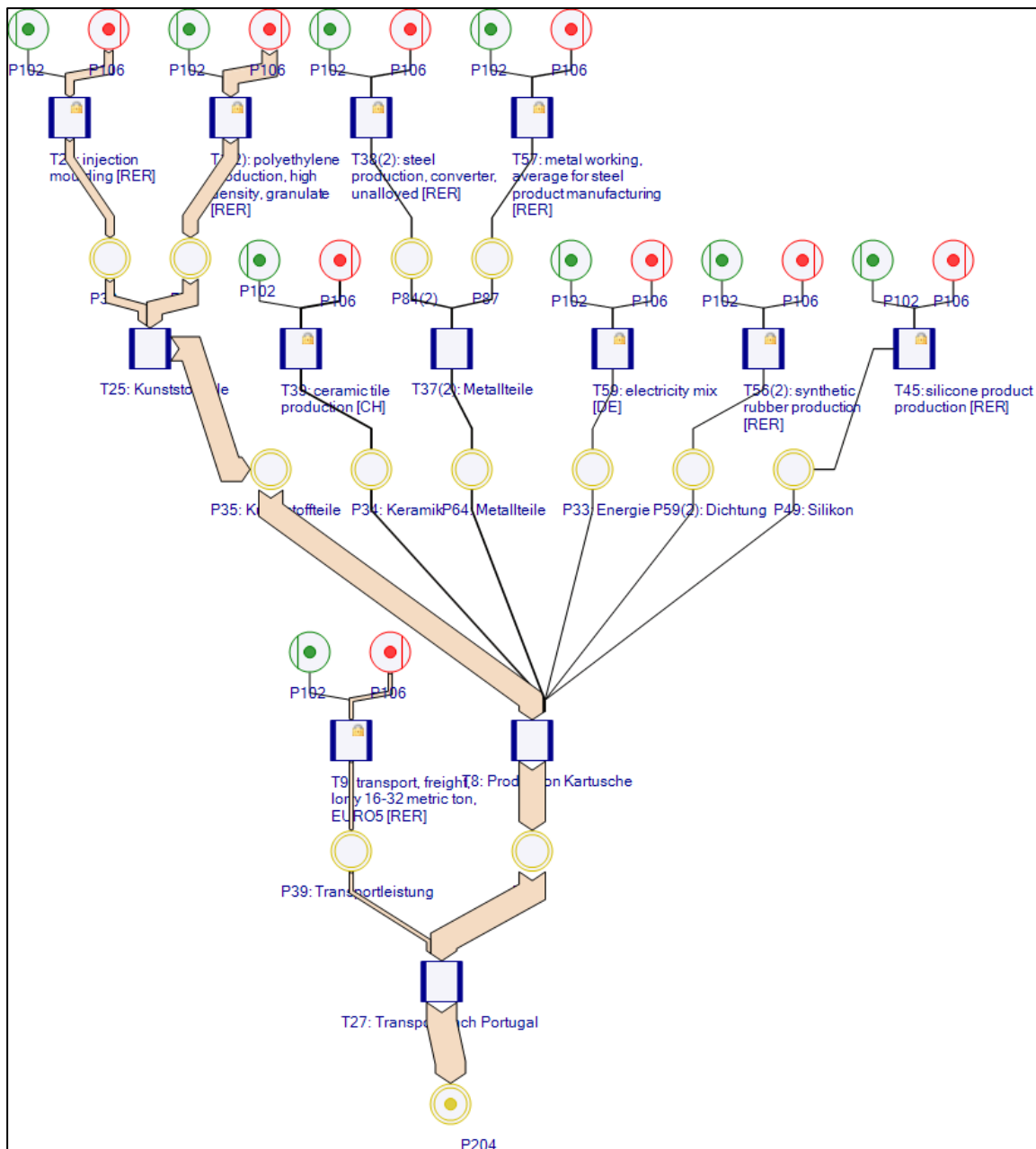


Figure 2: Petri net cartridge

Source: Umberto NXT LCA

The modeling of the 600 liter filter, which is part of the starter set of the Grohe Blue System and packed in Portugal, is shown in Figure 4. Since the filter is not manufactured by Grohe themselves, no data can be obtained regarding its precise nature and composition. The construction, materials and their weights therefore had to be approximated. For this purpose, existing drawings and specifications were taken from the Grohe website (Figure 3). Tables 5 and 6 show how using this data and with the aid of specific densities of the various materials, the composition and the weight of the filter were determined. The weight of the filter determined in this way is very close to the actual total weight from the bill of materials. The approximation is therefore accepted as sufficiently good. In addition to the filter, a filter head is produced.



Figure 3: Dimensions und Phase diagram 600 liter filter1

Source: grohe.com

The 3,000 l filter is not part of the starter pack and can only be purchased as a spare part by Grohe Blue customers. In the standard scenario "Company" the use of the 3,000 l is assumed during the Consumer Use phase (see Section 2.6.4).

Table 5: Parameters of analyzed filters

Filter capacity	600 Liter	3000 liters
outside diameter	100 mm	117 mm
Inside diameter	92 mm	109 mm
Height filter without connector	202 mm	411 mm

Source: grohe.com

Table 7 shows which inputs are part of the filter production in which quantity. The total mass of the filter head, which is not included in the calculation in Table 6 and is considered separately, is known. The proportions of the materials steel and plastic in the weight of the filter head were estimated.

The small differences from the weight derived in Table 6 weight (1.129 kg) to the weight from the bill of materials (1.175 kg) were balanced out by additional polyethylene (0.046 kg), because in the derivation, although the cylindrical container was modeled on itself, the connection that sits on top was not (see Figure 3 and Table 6).

Table 6: Derivation filter weights

Filter part	Material	Density [kg / m ³]	proportion filters	Filter small (600 l)		Filter large (3000 l)	
				Volume [m ³]	Weight [kg]	Volume [m ³]	Weight [kg]
precursor part / fine part	PE liner	100	5/16	0.000420	0.042	0.00120	0.120
Ion exchanger	Resin	750	10/16	0.000840	0.629	0.00240	1.798
Activated carbon filter	Coal	400	1/16	0.000084	0.034	0.00024	0.096
Container	PE	950	---	0.000450	0.424	0.00087	0.828
Sum					1.129		2.841

Table 7: Inputs filter

filters	
Material	Weight
Cationic resin	0.629 kg
Activated carbon	0.034 kg
Polyethylene (lining)	0.042 kg
polyethylen (container)	0.470 kg
Sum	1.175 kg
Filter head	
Material	Weight / transport performance
polyethylen (container)	0.250 kg
Steel	0.060 kg
Sum	0.310 kg
Transport performance truck (1398 miles)	3.713 tkm

Source: Grohe Blue Bill of Materials

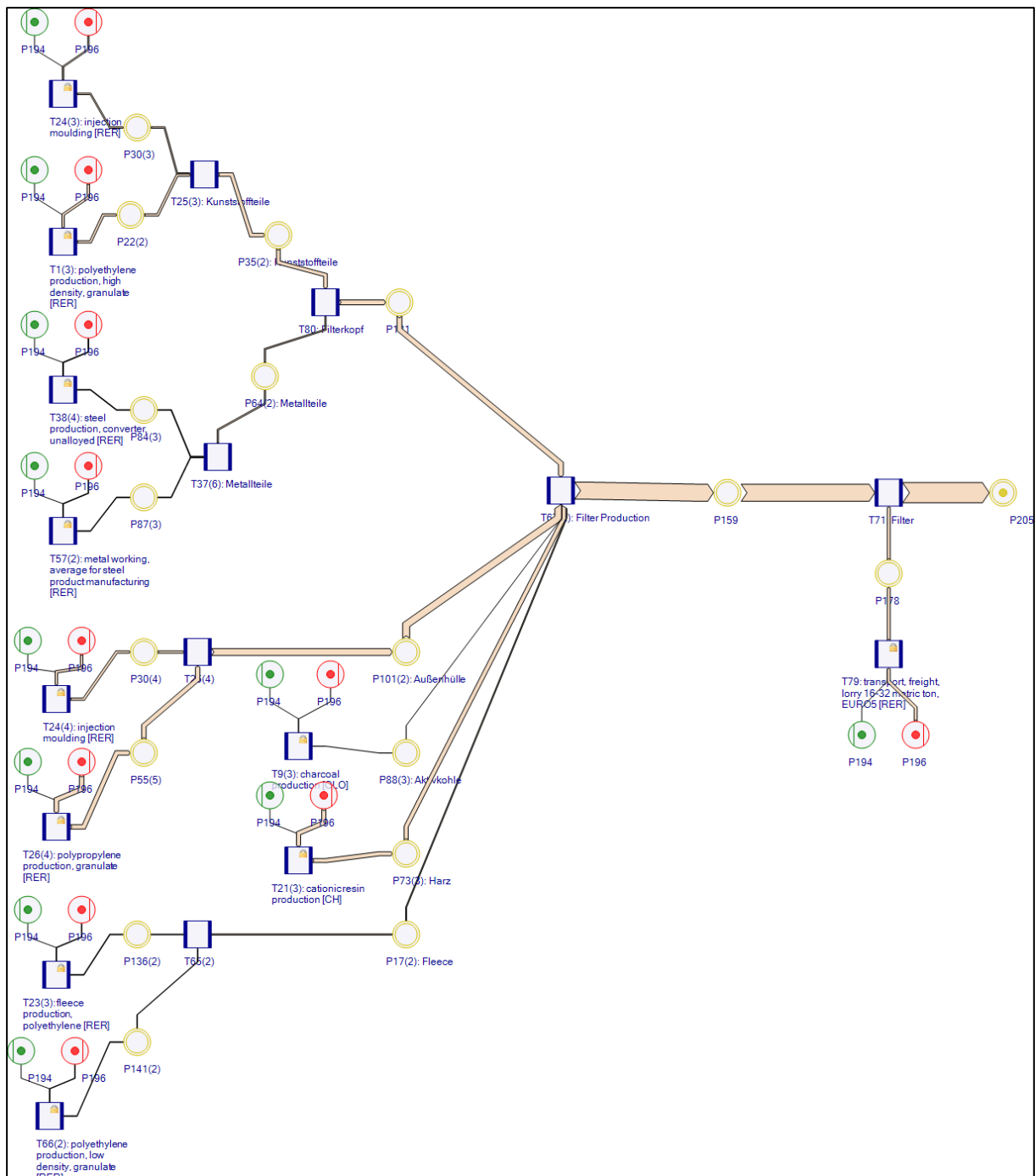


Figure 4: Petri net filter2

Source: Umberto NXT LCA

Figure 5 shows the production of various small components of the Grohe Blue system. These are assembled in the Manufacture phase of the life cycle to make the faucet. The production of metal and plastic parts is again modeled in subnets. In the transport capacities it was taken into account that small metal parts such as screws come mainly from China and seals from Italy. In the case of the hoses used, which were modeled by the lower section of the graph, these are made of steel-sheathed plastic hoses. In Table 8, this sub-division of the plastic and metal parts into the hose and other parts in the listing of materials and weights of the components was maintained.

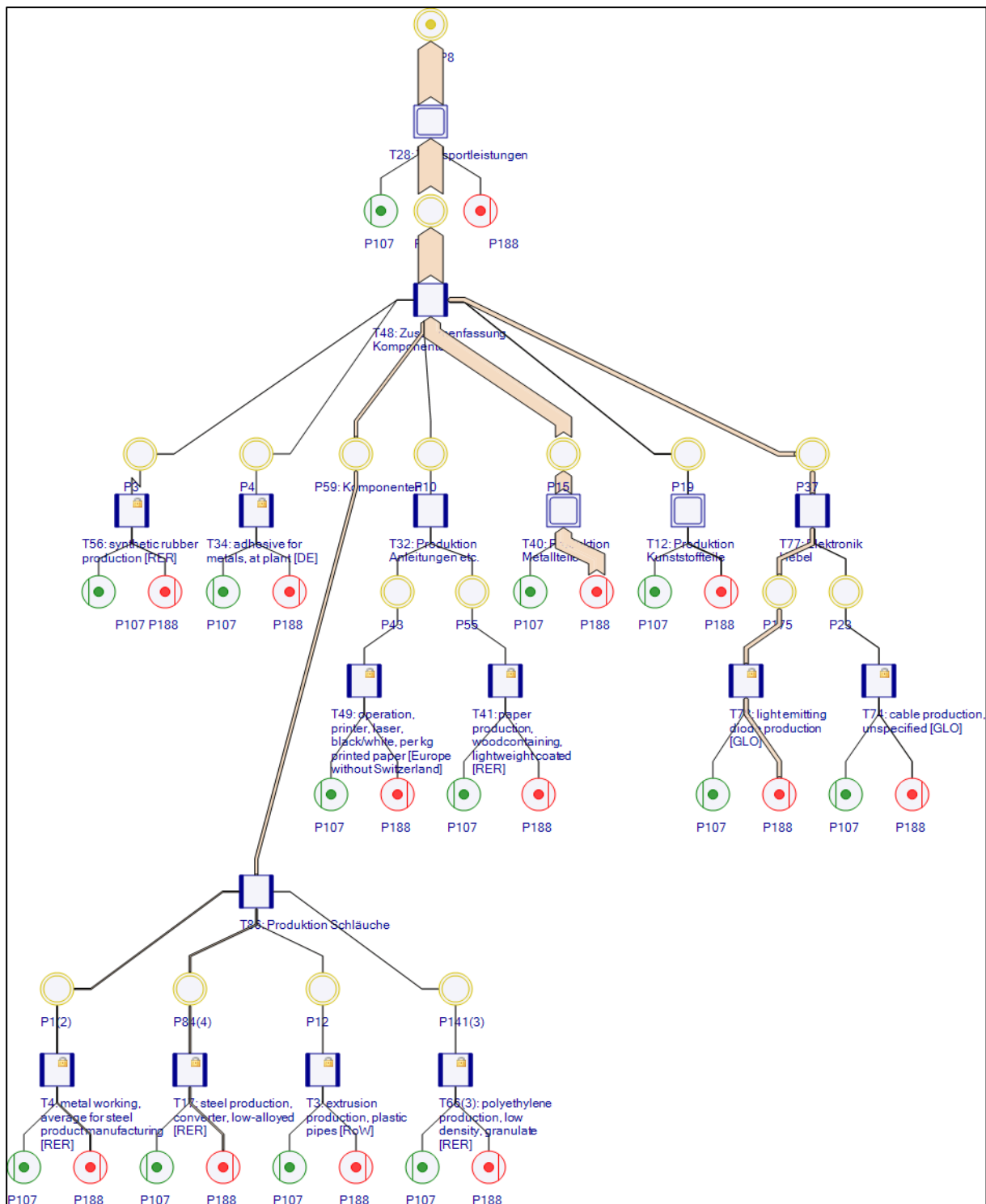


Figure 5: Petri net components

Source: Grohe Blue Bill of Materials

Finally in Albergaria packaging material is needed as a last precursor product before the faucet is transported to Hemer and there picked together with other components. Cardboard for the packaging of the fitting is supplied by the Nestler Wellpappe GmbH & Co. KG, based in Lahr im Schwarzwald, Germany. Both printed and unprinted cardboard is used. The modeling of corrugated board production with pressure and subsequent transport to Portugal is shown in Figure 6, the corresponding material flows in Table 9

Table 8: Input components

Metal parts	
Material	Weight
Zinc	0.133 kg *
Steel	0.115 kg *
Brass	0.789 kg *
Plastic parts	
Material	Weight
Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	0.025 kg *
Polyethylene (PE)	0.034 kg *
Hoses	
Material	Weight
Polyethylene (PE)	0.043 kg *
Steel	0.219 kg *
Electronic component	
Material	Weight
Cable	0.031 kg *
LED	0.005 kg *
Other components	
Material	Weight / transport performance
Metal adhesive	2E-04 kg *
Paper printed	0.003 kg *
Seals	0.027 kg *
Sum total	1.424 kg *
Transport performance container ship	0.363 tkm
Transport performance truck	0,470 tkm

Source: Grohe Blue BOM

Table 9: Inputs Packaging Portugal

Material	Weight / transport performance
cardboard	0.5931 kg *
Printed cardboard	0.3378 kg *
Sum	0.9309 kg *
Transport performance truck (1398 miles)	1.8618 tkm

Source: Grohe Blue Bill of Materials

The following intermediate products are packed in Hemer, together with the parts previously produced in Albergaria to form the final product. The largest share is formed by the cooler at a weight of over 22 kg. Its Petri net is shown in Figure 7. The precise used amounts of the different input materials are listed in Table 10.

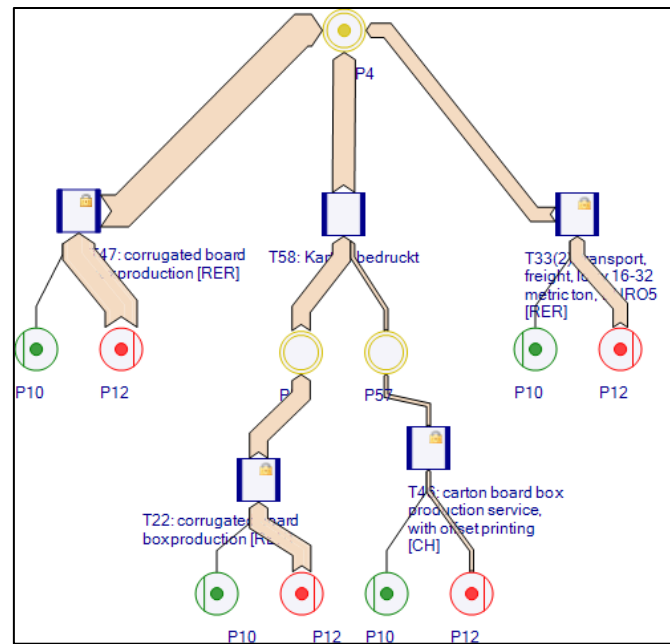


Figure 6: Petri net packing Portugal

Source: Umberto NXT LCA

Table 10: Inputs cooler

Material	Weight / transport performance
Aluminum	4.701 kg
Acrylonitrile-butadiene-Styrene (ABS)	3.458 kg
Cable	0.411 kg
Refrigerant R134a (tetrafluoroethane)	0.070 kg
Copper	0.624 kg
Printed circuit board	0.085 kg
Polyethylene (PE)	1.227 kg
Polypropylene (PP)	0.006 kg
Steel	11.125 kg
corrugated cardboard	0.630 kg
Sum	22.337 kg
Transport truck (100 km)	2.234 tkm

Source: Grohe Blue cooler parts list

Figure 8 shows the production of the 425 g CO₂ aluminum bottle that is included in the basic equipment of the Grohe Blue Systems. There was no exact data on the production processes of the supplier, so it was assumed for simplicity that the bottle is made entirely of aluminum. In addition, the production of liquid carbon dioxide is included in the evaluation. The corresponding masses of the materials are shown in Table 11

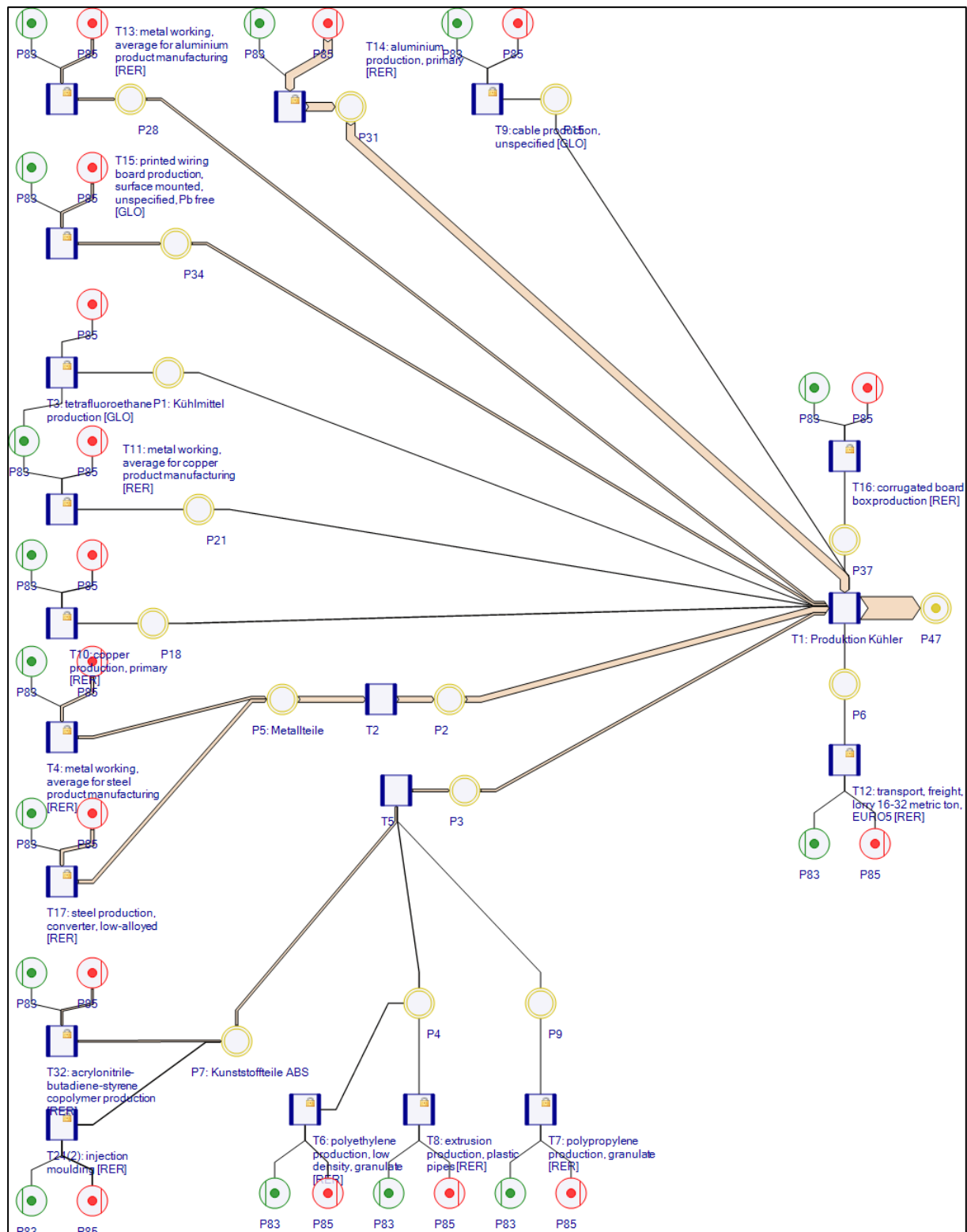
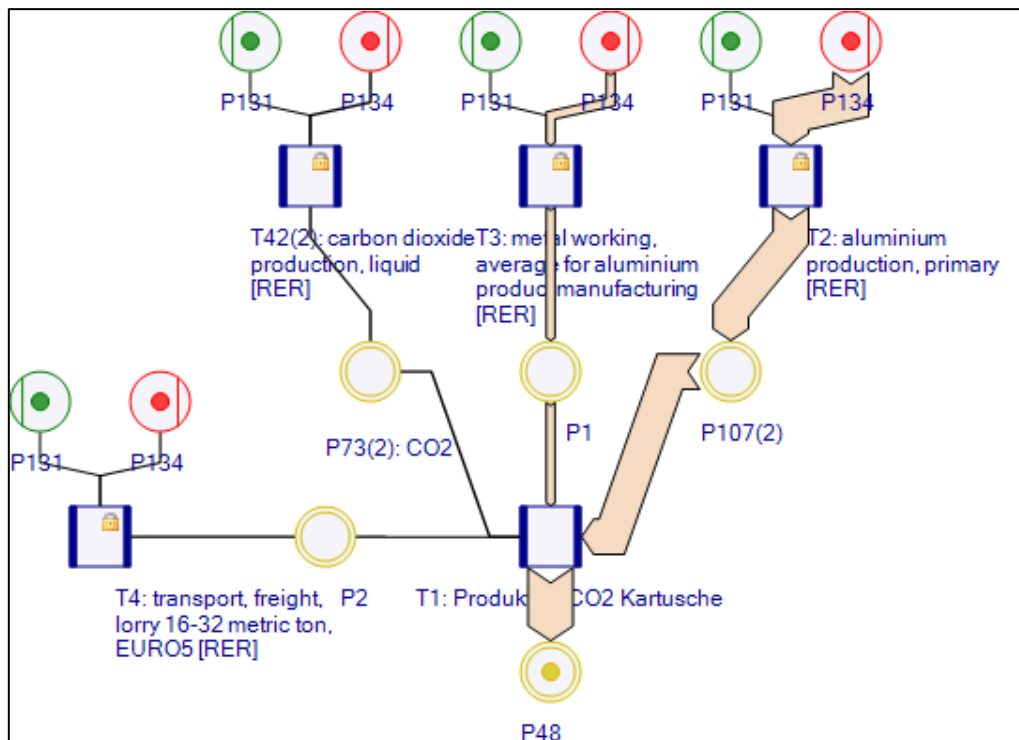


Figure 7: Petri Net Cooler

Source: Umberto NXT LCA

Figure 8: Petri net CO₂ bottle 425g

Source: Umberto NXT LCA

Table 11: Inputs CO₂ bottle 425g

Material	Weight / transport performance
Aluminum	0.975 kg
Carbon dioxide, liquid	0.425 kg
Sum	1.400 kg
Transport performance truck (74.5 miles)	0.168 tkm

Source: Grohe Blue Bill of Materials

For the accessories, which are sourced from “Werkstätten Iserlohn”, there are no detailed specifications available. Therefore it is assumed that the accessory components are plastic hoses. Their modeling is shown in Figure 9. Since the accessories only constitute a very small part of whole system this is considered sufficient.

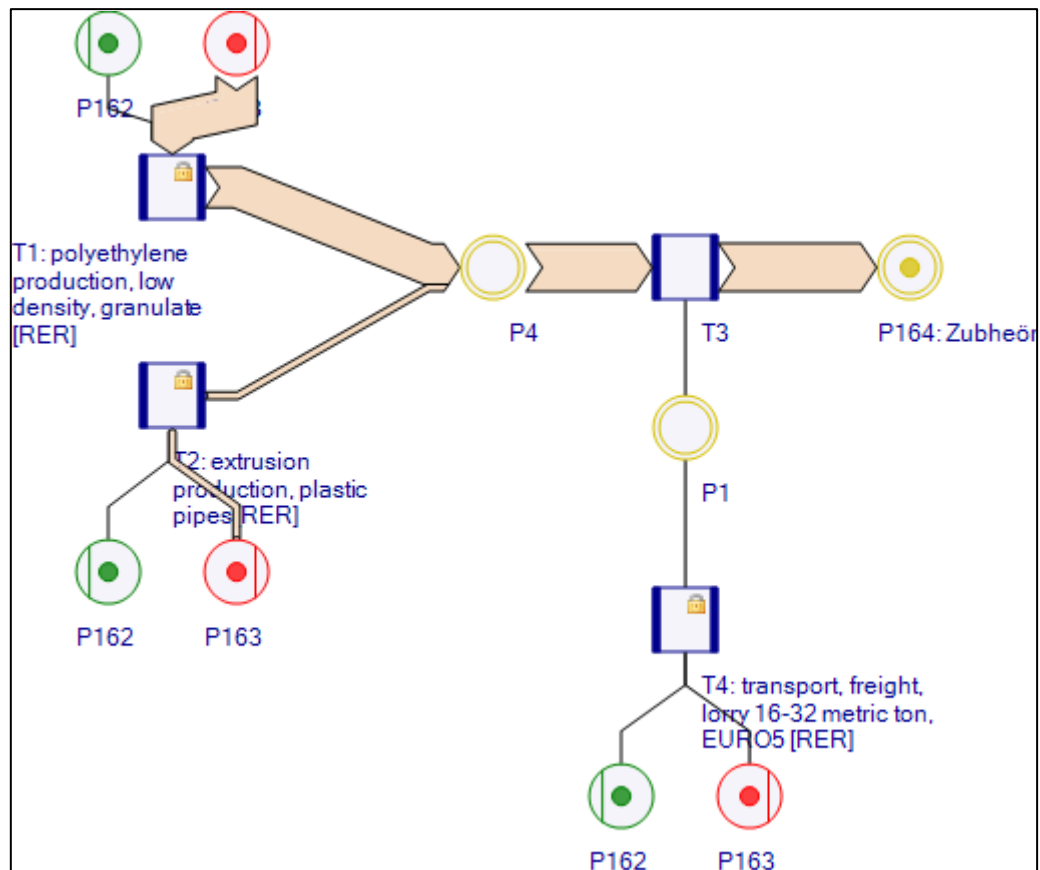


Figure 9: Petri net accessories

Source: Umberto NXT LCA

Table 12: Inputs Accessories

Material	Weight / transport performance
Plastic hoses	1.140 kg
Transport capacity truck (10 miles)	0.011 tkm

Source: Grohe Blue Bill of Materials

The last part of the Raw Material Phase is that of packaging materials that are needed for the final commissioning and packaging in Hemer. This is cardboard and a small amount of stretch film. For the cardboard boxes, as well as their own production, the transportation from the supplier in Lahr was included (Figure 10 and Table 13). The production of instruction manuals for the Grohe Blue system is also included in this sub-net.

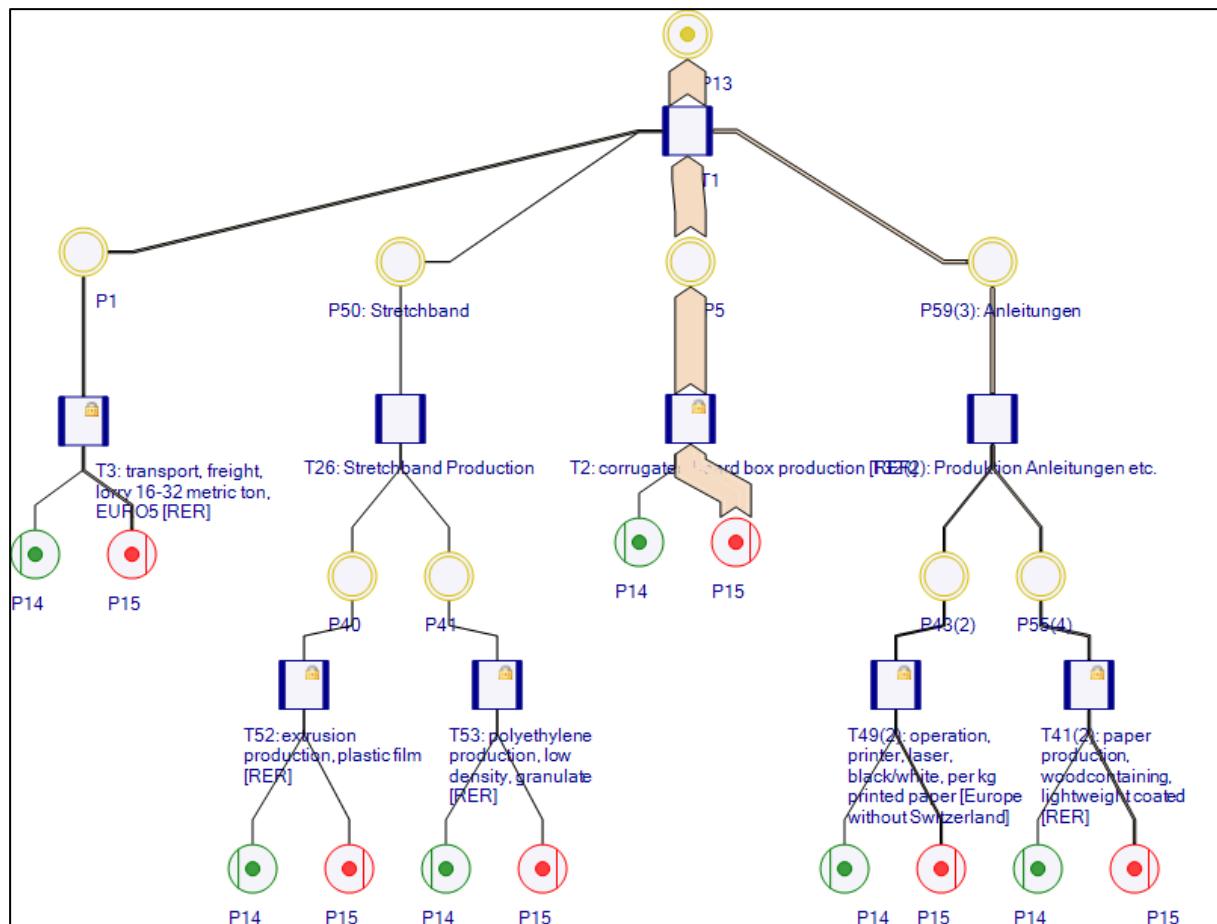


Figure 10: Petri net packaging Hemer

Source: Umberto NXT LCA

Table 13: Input packaging Hemer

Material	Weight / transport performance
Polyethylene (PE)	0.027 kg
Paper printed	0.121 kg
corrugated cardboard	2.777 kg
Sum	2.925 kg
Transport performance Truck (279.6 miles)	1.250 tkm

Source: Grohe Blue Bill of Materials

2.6.2 Manufacture

In this phase, the transformation of primary and intermediate products is considered, which is carried out by Grohe itself. This phase begins with the production of the faucet, i.e. the part of the faucet that visibly attached above the sink. Exact figures on the specific energy consumption of casting, milling and drilling and for the grinding and polishing are not available. This data must therefore be approximated using predefined data sets from the ecoinvent 3 database. The recovery of the input factors listed in Table 14 is assigned to the raw material

Table 14: Inputs fitting

Casting and working of fitting	
Material / process	Amount
Binder (bentonite)	0.050 kg
Brass	1.300 kg
of which extracted by drilling	0.160 kg
Quartz sand	0.200 kg
Cast of brass (energy expenditure, etc.)	1.300 kg
Chrome bath	
Chromium oxide	0.250 kg
Sulfuric acid	0.010 kg
Ultra-pure water	1.000 kg
from: chromium (electroplating)	2.4 E-05 kg
Nickel bath	
Boric acid	0.050 kg
Nickel sulfate	0.300 kg
Ultra-pure water	1.000 kg
from nickel	0.004 kg
Electricity for electroplating	9.74 kWh
Sum (fitting)	1.143 kg
60% fitting	0.686 kg *

Source: Grohe Blue bill of materials and own assumptions

The faucet and intermediate products described in the previous section are mounted in the next stage. Electricity and natural gas consumption (see Table 15) for this process stage are derived from a sample from the factory in Albergaria (see Appendix, p XIV).

Table 15: derivation of energy consumptions assembly of faucet

Quantity Grohe Blue	1631	1
electricity required	116.74 kWh	0.0716 kWh / faucet
Required natural gas	17.01 m ³	0.0104 m ³ / faucet

Source: Own calculations with data from Grohe Portugal

In addition to the materials already mentioned, a EURO pallet is needed to transport the semi-finished products to Hemer. With 16 Grohe Blue fittings to a pallet and assumed 20 use circulations, the calculation of consumption comes out at 0.003125 pallets per faucet, whose weight during transport is evaluated at 22 kg / 16 pieces = 1.375 kg / piece. Following transport to Germany, the other intermediate products such as cooler, accessories, a 425 g CO₂ bottle as well as additional packaging materials are produced in Hemer. Storage does not need to be included as all deliveries are coordinated in a just-in-time system. At this point, only commissioning processes take place, a production or transformation of materials is no longer necessary. Thus no further inputs are needed in the Manufacture phase.

2.6.3 Distribution

The finished products are now delivered to customers. The faucet is sold in three markets: Germany, Europe (represented by France) and the rest of the world (represented by the USA). 60% of fittings are sold in Germany, 30% in France and 10% in the U.S. The modeling of the shipment is shown in Figure 12. Table 16 shows the average transport distances and means of transport in the different markets.

Table 16: Transport routes and means during the distribution of Grohe Blue Systems

	transport means	route
shipping Germany	trucks, EURO 5	350 km
shipping France	trucks, EURO 5	700 km
Shipping USA	trucks, EURO 5	1400 km
	container ship	6200 km

Source: Google Maps

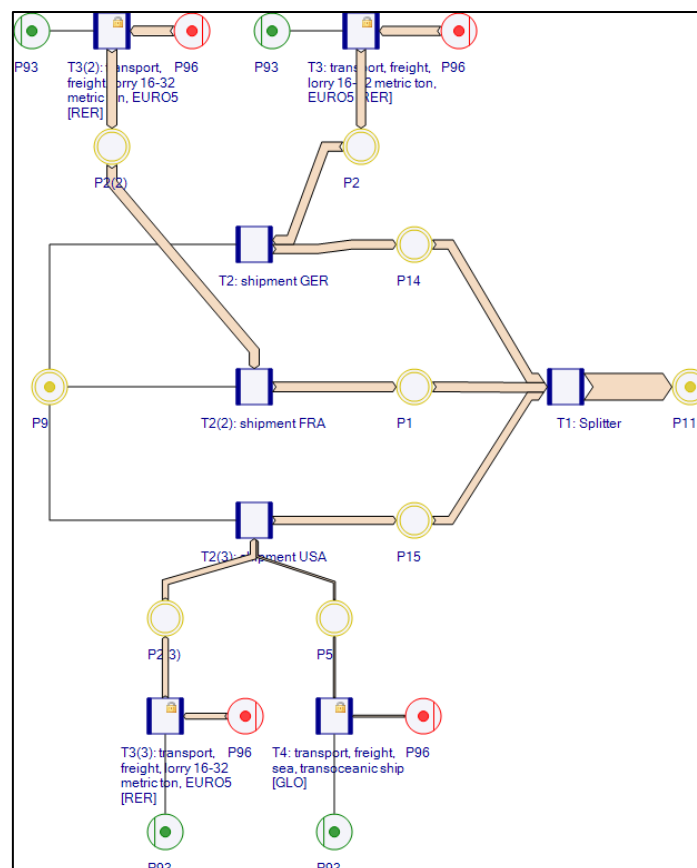


Figure 12: Petri net shipping Grohe Blue

Source: Umberto NXT LCA

2.6.4 Consumer use

The Use Phase of the Grohe Blue Systems follows the Distribution phase. This begins with the installation of GROHE Blue system, and is followed by the actual use. The use case is divided into 40% highly carbonized water and 30% each of medium carbonized and still water. The production of the treated drinking water from the Grohe Blue System requires four inputs: water, carbon dioxide, electricity and filter capacity. For the provision of still water carbon dioxide is eliminated as an input. In this phase a difference between the two scenarios also becomes clear. In the use case of the corporate context, the deployment of 2 kg CO₂ bottles and filters with a capacity of 3000 l is assumed. In the private household 2 kg CO₂ cylinders are also used, but the smaller 600 liter variant of the filter is selected because the filters have a maximum lifespan of one year (Technical product information on the filter, available at grohe.com). In the deployment of the larger 1,500 liter or 3,000 liter filters, their capacity would not be exhausted within one year at a consumption of just over 1,000 liters. The specific consumptions of the input factors electricity, water and carbon dioxide are therefore identical in both scenarios, but the consumption of filters is different. In addition the CO₂ bottle is produced only once, made of steel, and is then re-filled in the course of the Use Phase. The modeling in Umberto NXT LCA is shown in Figure 13.

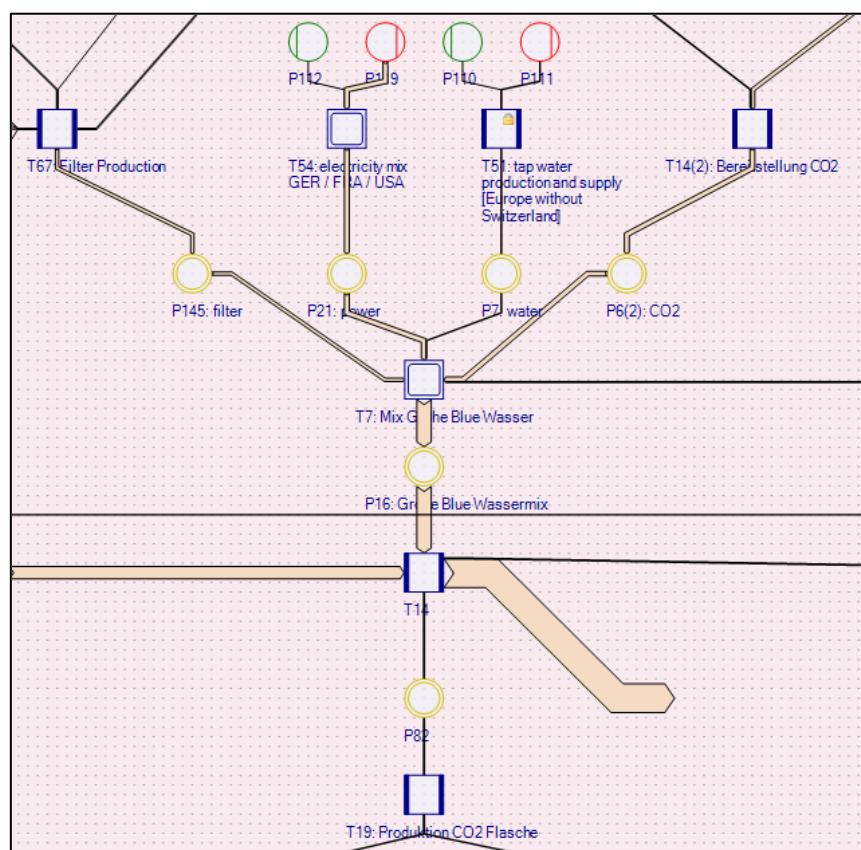


Figure 13: Extract Consumer Use phase

Source: Umberto NXT LCA

Depending on which type of treated water is consumed with the Grohe Blue System, the consumption of carbon dioxide varies. For the provision of still water no CO₂ is used, where-

as for the use of highly effervescent water it is assumed that 350 liters of water can be strongly carbonized with a 2 kg CO₂ bottle. For medium carbonation of the water this value rises to 525 liters. The other input factors tap water (1 liter per liter of treated water), electricity for cooling (0.005 kWh per liter of treated water) and filter capacity (1/3000 or 1/600 of the filter per liter of treated water) do not change according to the types of use. The differences in the consumption of resources were modeled in another sub-net (Figure 14).¹²

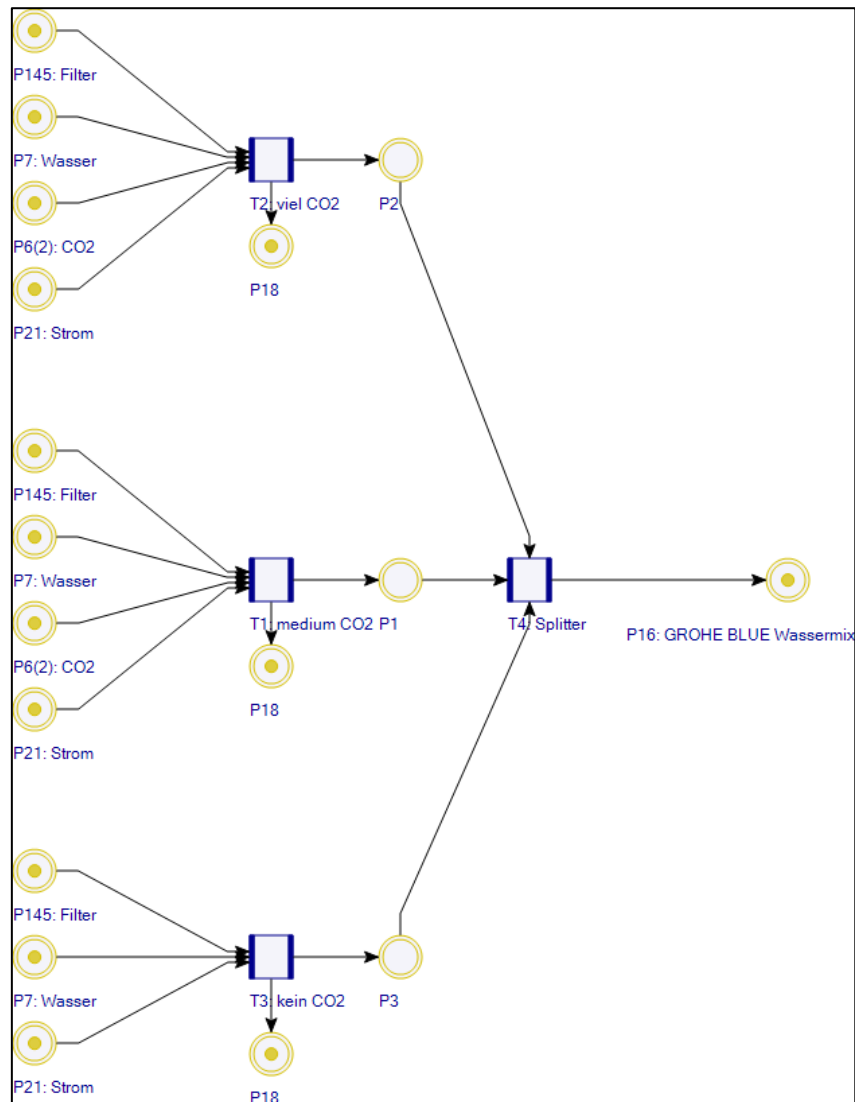


Figure 14: Petri net Grohe Blue water mix

Source: Umberto NXT LCA

The modeling of the input factors water and electricity is done relatively simply. For this purpose, predefined processes were used from the ecoinvent 3 data set. In the provision of tap water, the various markets cannot be differentiated as no data broken down by region is available. Therefore, it is assumed that the data for the water supply in Europe comes close

¹ Estimations depending on data from the Grohe catalogue, confirmed by Grohe officials

² From the Grohe Blue Calculator

enough to the American conditions.

In the case of the power supply, the various supply combinations of the three markets of Germany, France and the USA are taken into account with their respective market shares (see Figure 15).

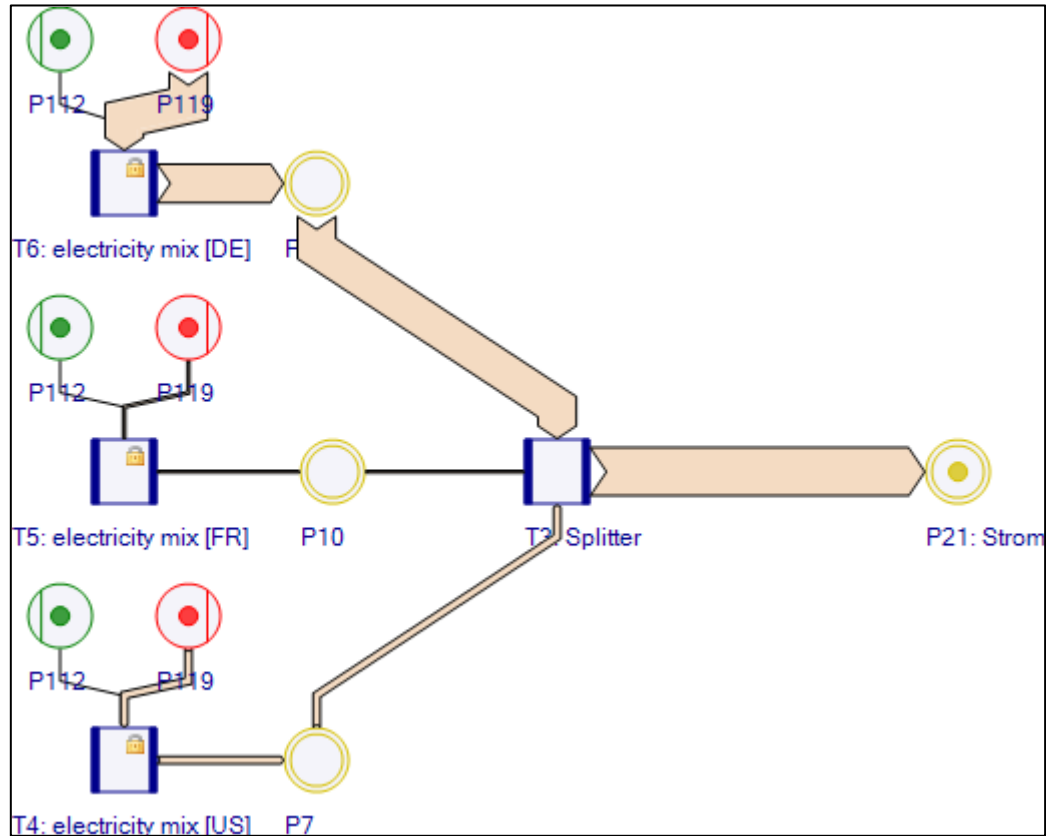


Figure 15: Petri net electricity mix

Source: Umberto NXT LCA

The production of the filter is similar to Raw material phase. However, for company use a 3,000 l filter is evaluated, which leads to changed input amounts of the individual materials. For use in private households 600 l filters are assumed. The derivation of the input materials of the large filter is already shown in the Tables 5 and 6 and Section 2.6.1. For the calculation the dimensions sketch of the 3,000 l filter was also used (Figure 16). In addition to the filter itself, 361 g of packaging material (cardboard) is used. This number results from the difference between the calculated weight of the filter itself and the weight of the complete "replacement packet filter", which was taken from the Grohe SAP. Using this assumption, the weight of the packaging of the smaller filter, which is half as high and has the same width as the large filter, was estimated to be 200 g. Furthermore, it was taken into account that a spare filter is only needed from 601st liter in the Use Phase, as the Start Package of Grohe Blue already includes a 600 liter filter, and this was also modeled in the Raw Materials Phase. The filters for the Grohe Blue System are produced exclusively in Mondsee, Austria, which means that they must be transported from there to the final user, if there is demand. The transport to Europe in trucks (750 km to Germany, 1000 km to France) or to the US in trucks (1500 km) and container ship (6200 km) is therefore included in the consideration ac-

according to market share. These distances are estimated average distances for the transport from Mondsee too the individual regions.

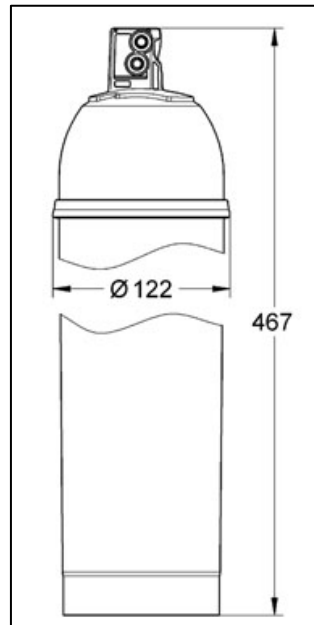


Figure 16: Dimensions sketch Grohe Blue filter 3000 I

Source: grohe.com

Only the production of liquid CO₂ and the transports to the end use are considered for the input factor of carbon dioxide. As described above, it is assumed that only one CO₂ cylinder must be produced, which is then refilled again and again. Furthermore, it is assumed that the production process for liquid CO₂ already includes the filling of bottles. In the distribution of the bottles, 300 km of transport route is assumed per refill. There is still no differentiation between the various markets, as the CO₂ cylinders, unlike the filters, can be sourced from independent regional suppliers. Similarly to the filter, here it was also taken into account that a carbon dioxide bottle is included with the Grohe Blue Systems. The first 425 g of CO₂ that are required in the use, therefore, need not be supplied. The use of carbon dioxide supplied later only takes place afterwards.

In Table 17 all inputs are listed that are used per liter of Grohe Blue drinking water in the baseline scenarios.

Table 17: average inputs for 1 liter of drinking water Grohe Blue

input	companies	private household
filters	0.00105 kg	0.00229 kg
electricity	5 kWh	5 kWh
Tap water	1 kg	1 kg
CO ₂	0.003420 kg	0.00342 kg
faucet	0.000846 kg	0.00273 kg
large CO ₂ cylinder	0.000139 kg	0.00045 kg

Source: own calculations

2.6.5 Recycling / Disposal

In the last phase of the product life cycle, the disposal of the fitting system is considered. During the assembly of the faucet, the packaging materials become waste materials. In the subsequent Use Phase, residual materials are also produced. The used filters are disposed of via household waste collection. After the 5 (companies) or 10 (private households) years of usage time, the system itself is disposed of. It is assumed that all metal waste can be recycled (Gattermann/Quack 2013). The non-recyclable waste materials are incinerated for electricity production. Nothing is landfilled. Thus all residual materials are given a new use, either by material recycling or energy production. According to the principles of PAS 2050:2011 for the creation of Product Carbon Footprints, double counting of emissions should be avoided. As the emissions which were produced during the preparation and incineration of the materials should be attributed to the resulting products (substantial or energetic), these emissions are not taken into account for the Carbon Footprint of the Grohe Blue System. Here the only emissions counted are those that are produced during the transfer of the materials to the location where they will be processed. This can be ensured by using special transitions from the ecoinvent 3 data set, which include only re-distributing processes, not re-shaping processes.

Table 18: residue materials per faucet

Waste category	Amount in the baseline scenario companies
Plastic	6.237 kg
Residual waste (including re-fill filters)	31.960 kg
Paper (including packing of replacement filters)	8.339 kg
Copper	2.100 kg
Steel (including zinc and 2kg CO ₂ cylinder)	16.259 kg
Aluminum	5.676 kg
boards	0.085 kg
cable	0.442 kg
Sum	71.098 kg

Source: own calculations

In Table 18 the amount and type of the total occurring residual materials in the Recycling/Disposal Phase are listed. All occurring residual materials are divided into the categories scrap aluminum, scrap steel, scrap copper, platinum, used paper, used plastic, other waste and cables. Alloys are allocated in principle to the material which they primarily consist of, so for example brass is treated as copper. In addition zinc was allocated to the steel category, as ecoinvent 3 database does not have a separate disposal data set for zinc. It should be assumed that the distributive processes of waste treatment are comparable for both materials. The components of the faucet are allocated to the different waste categories according to their various materials, where possible. Other materials are allocated to residual waste. Equally, the different materials from the filters are summarized as residual waste. These are disposed of in the household waste as a whole component by the user of the faucet. Of the

material inputs, only the coolant R134a (tetrafluorethane) is not included in one of the waste flows or in the reference flow drinking water. A full reclamation is assumed as standard. The effort required for this is attributed completely to the subsequent deployment of the coolant. A partial release of very climate active gas through inappropriate disposal is evaluated in the sensitivity analyses in Section 3.

3 Results and Analysis

This section considers the results of the calculation of the model described in Section 2. First the results of the basic scenarios are considered. Subsequently, as a comparison, several other studies on the carbon footprint of the comparison unit of bottled mineral water as well as water from water dispensers are listed and put into context with the results ascertained here. In a sensitivity analysis some parameters are then changed and their influence on the overall result is evaluated.

3.1 Baseline result

GHG emissions amount to 17.96 g CO₂-eq per liter of processed Grohe Blue drinking water in the baseline scenario “companies”. In the baseline scenario “private household”, specific emissions are significantly higher, at 41.96 g CO₂-eq per liter.

3.1.1 Analysis of the baseline results

If the results are divided into the five life cycle phases, it becomes clear in which phases these emissions are produced. The breakdown into absolute and relative values, is seen in Figures 17 and 18.

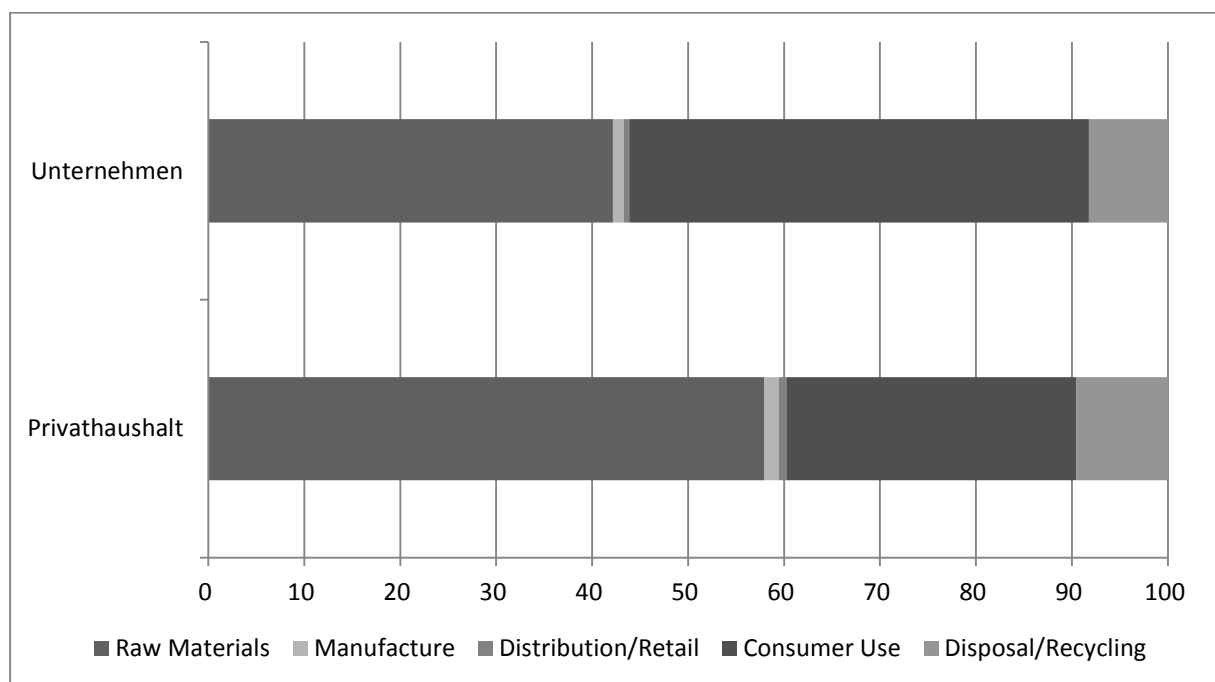


Figure 17: Percentage greenhouse gas emissions per liter according to life cycle phases

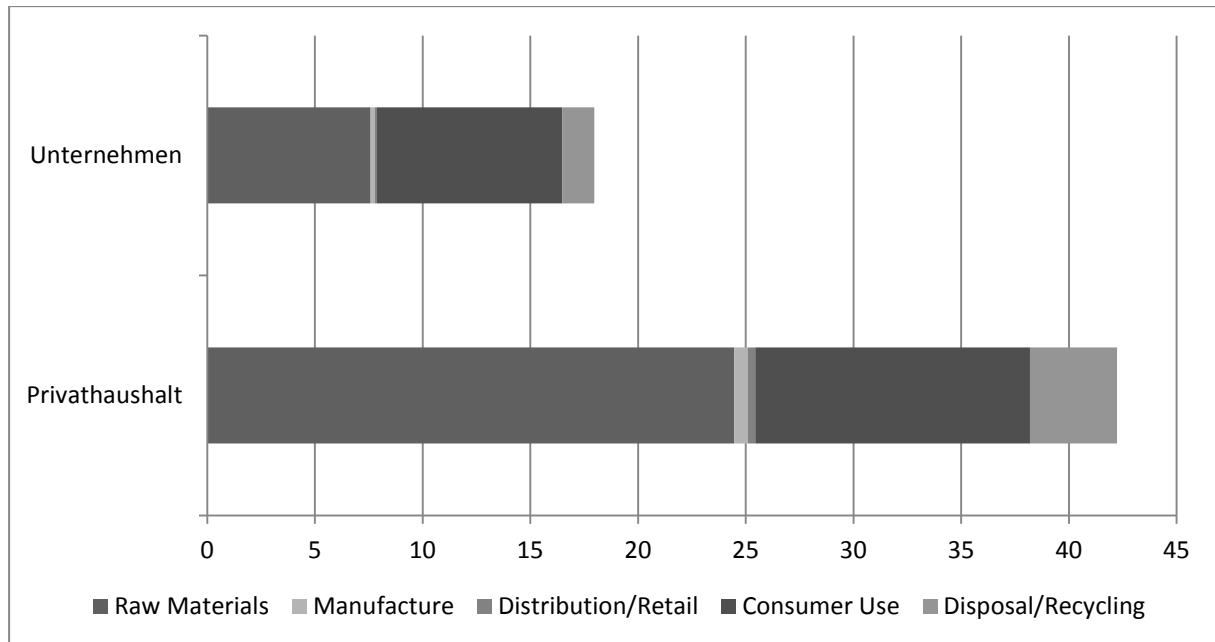


Figure 18: Absolute greenhouse gas emissions by life cycle phases [g CO₂-eq / l]

A closer inspection of the Manufacture phase (Figure 19) reveals that a single arrow contributes by far the largest contribution to the total footprint of manufacture. This arrow represents the CO₂ emissions which are generated in the production of the cooler. The same situation is depicted in Figure 20. Here the shares of the other components described in Section 2 are also shown. The percentage shares of CO₂ emissions and the absolute CO₂ emissions without regard to the amount of water consumed are the same in both baseline scenarios. The only difference here is the share of the total emissions generated by this part of the life cycle.

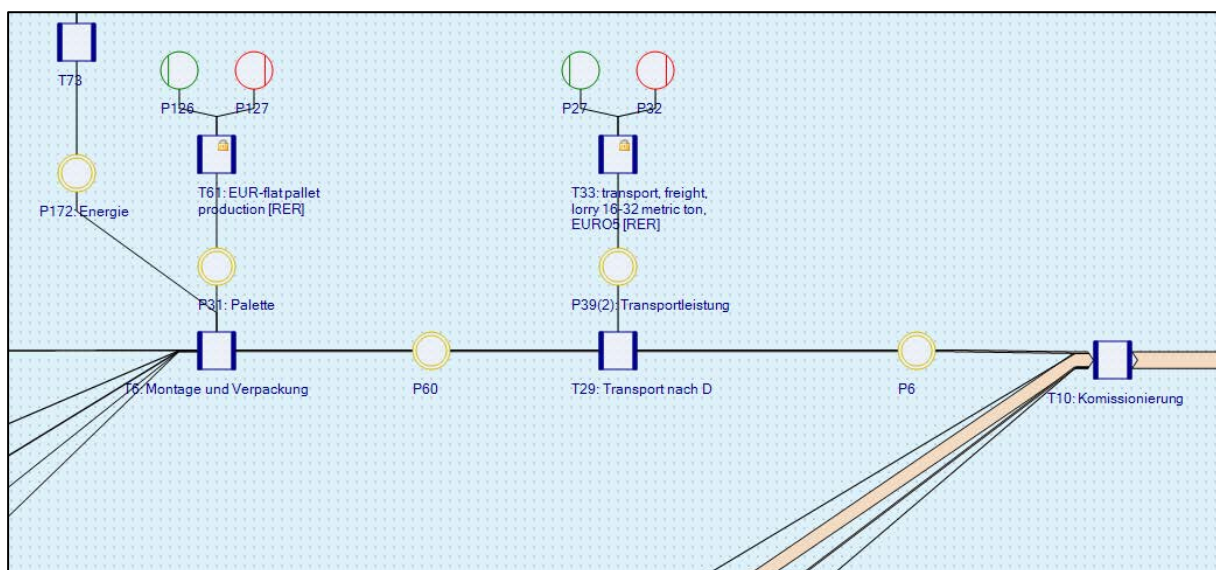


Figure 19: Contributions to the CO₂ footprint in the Manufacture phase

Source: Umberto NXT LCA

With just under 20 g CO₂-eq per liter of Grohe Blue drinking water, the production of the cooler in the baseline scenario "private household" causes almost half of the specific greenhouse gas emissions. In total over 26 g CO₂-eq are caused up to the entry into service. In the baseline scenario "company", the share of the cooler in the production remains predominant, but constitutes a smaller proportion of both the specific and the total greenhouse gas emissions, since the production is distributed over around three times the amount of consumed water. The cooler is responsible for over 6 g CO₂-eq per liter of drinking water, which is about one third of total emissions. Until entry into service of the system, a total of 8.06 g CO₂-eq is emitted in the Base Scenario "company" (see Figures 21 and 22). Overall, the production of a GROHE Blue system causes about 266 kg CO₂-eq.

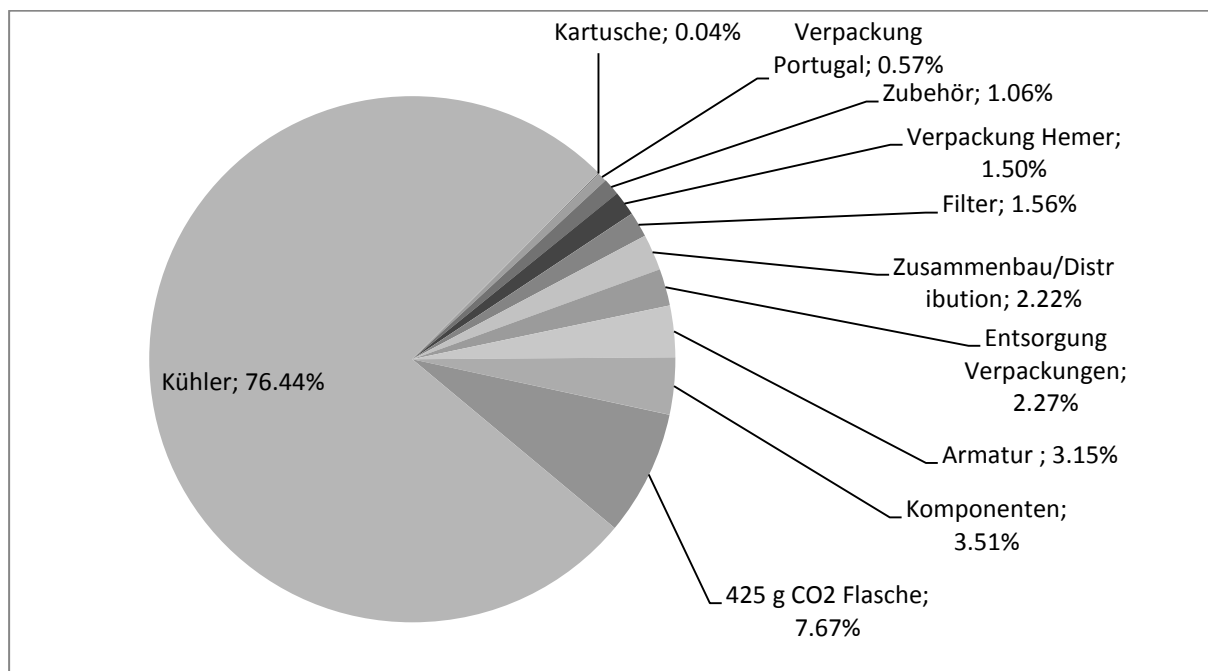
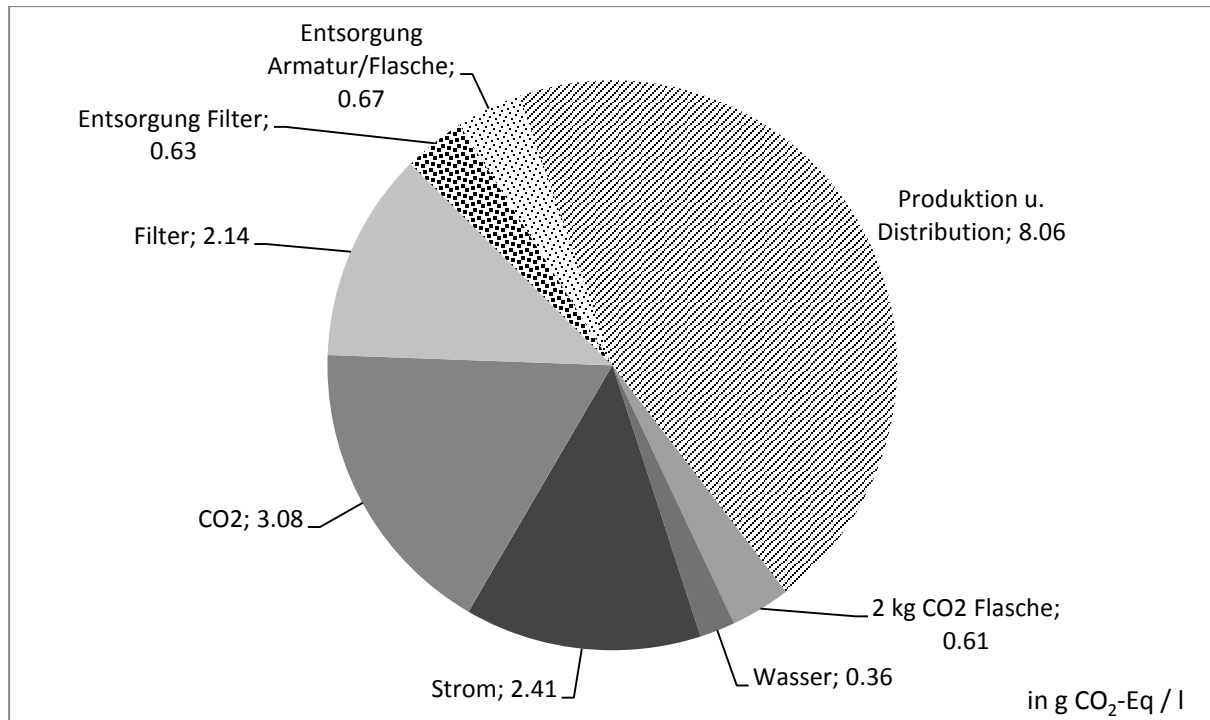
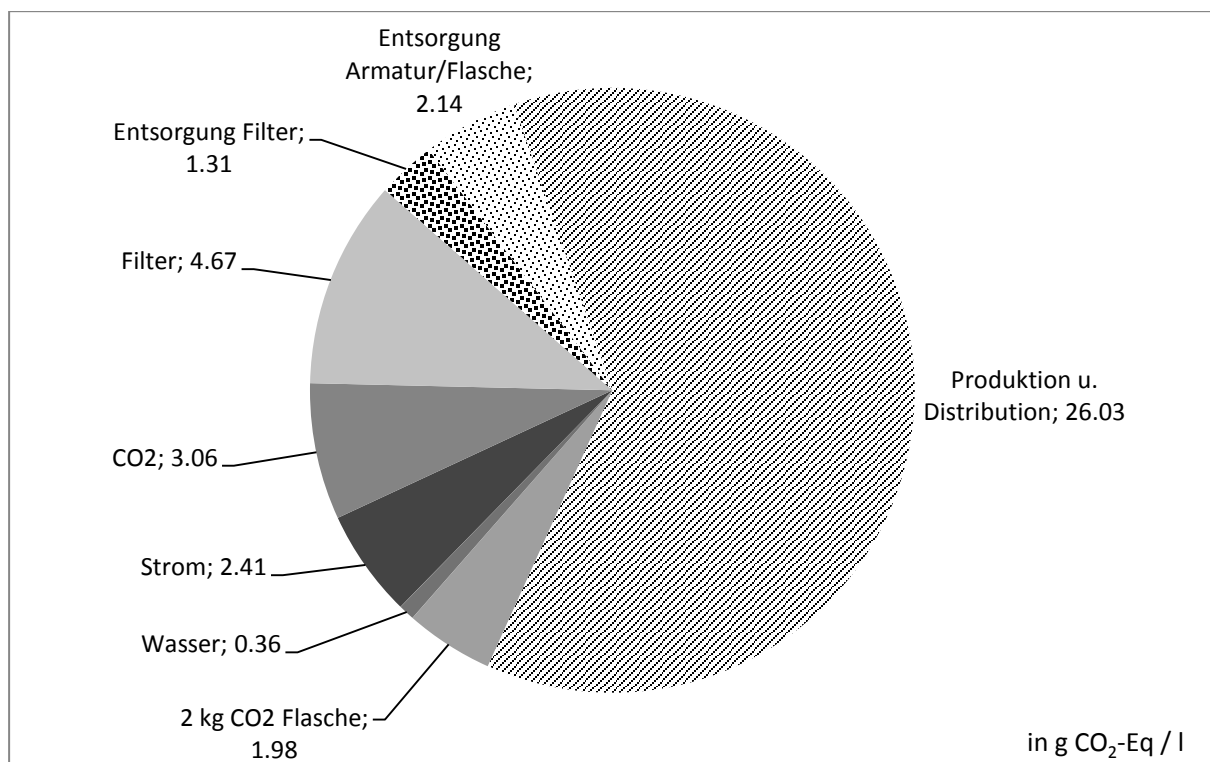


Figure 20: Shares of CO₂-eq emissions up to entry into service of the system

The variable consumption sizes during operation, in the baseline scenario "company" result in 8.9 g CO₂-eq per liter of drinking water. These are constituted as shown in Figure 21. Here the inputs in the operation of the system are filled in. The disposal is marked with a dotted filling. The striped block summarizes all emissions from the processes in Figure 20. Accordingly Figure 22 applies to the baseline scenario "household". What is noticeable here is that the variable values for water and electricity are the same because they are incurred variably for each liter. The minimal differences in the CO₂-provision arise from the initial endowment of 425 g CO₂. The average emissions in the private household are therefore very slightly below those in the company. The marginal emissions are the same. Using the 600 l filter in the private household more than doubles the specific greenhouse gas emissions caused by the filter. This is due to a proportionally lower material consumption and higher transport outlay.

Figure 21: CO₂-eq emissions per liter of drinking water in the baseline scenario companiesFigure 22: CO₂-eq emissions per liter of drinking water in the baseline scenario private household

3.2 Benchmarks literature analysis

In this section the previously determined values for greenhouse gas emissions from treated drinking water from a Grohe Blue System are contrasted with values of bottled mineral water and a water dispenser. Overall, it can be stated that the results of these analyses are highly dependent on the assumptions made. For example the origin of the water and the resulting distance to the bottler and end user play a role. Likewise, the type of bottle is crucial for the specific greenhouse gas emissions of the mineral water. Thus, there are clear differences depending on whether the water is bottled in PET or glass bottles and whether it is in each case these are one-use or recyclable bottles. It is therefore difficult to determine a single value for greenhouse gas emissions from bottled water. Rather, the results vary within certain bandwidths. In Figure 23, the bandwidths of several studies are subtracted. In comparison to this, the results of the baseline scenarios "company" and "private household" from this study are represented as lines.

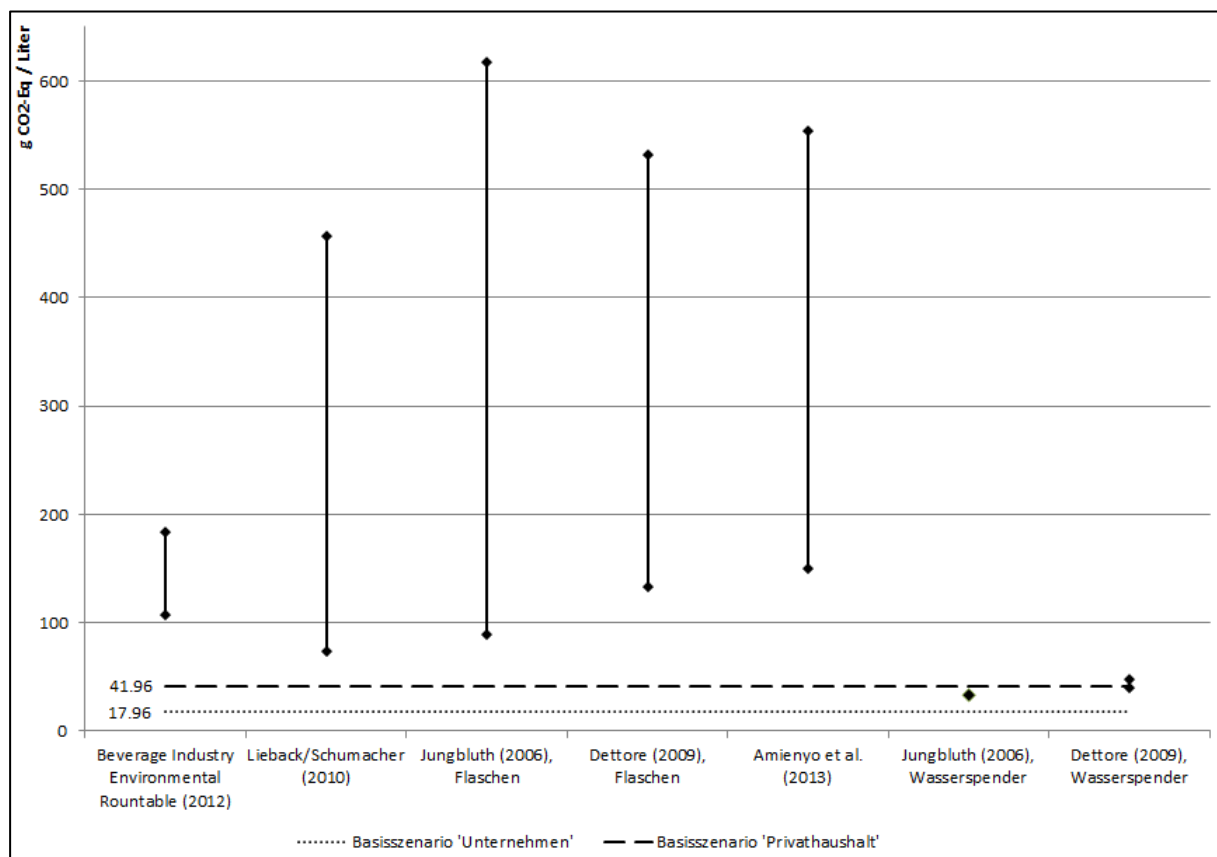


Figure 23: Comparison Grohe Blue to mineral / water dispenser

In the study, "Research on the Carbon Footprint of Bottled Water" of the Beverage Industry Environmental Roundtable, the CO₂ footprint of water in typical packaging on the European (1.5 l PET bottle, six-pack, shrink-wrapped) and American (0.5 l PET bottle, 24-Pack, wrapped with cardboard pallet) market was examined. This resulted in a carbon footprint of 162.7 g CO₂-eq for the 1.5 liter PET bottle in Europe ($\pm$ 108.5 g CO₂-eq / liter) and 82.8 g CO₂-eq for the 0.5 liter bottle in North America ($\pm$ 165.6 g CO₂-eq / liter). These values

are plotted as upper and lower limit of the interval in Figure 23. In both scenarios, the largest contribution - about two-thirds to three-quarters - of greenhouse gas emissions come from the distribution and production of the bottles (Beverage Environmental Roundtable, 2012).

Lieback and Schumacher, in their study from 2010, investigate various mineral waters consumed in Berlin. They identified a range from 74 to 457.5 g CO₂-eq / liter of chilled and carbonated mineral water. The amount of the value is mainly dependent on the transport route of the water. Regional waters remain roughly in the lower area of the chart, if the water comes from "France, Italy or even the Himalayas", the greenhouse gas emissions increase considerably (Lieback / Schumacher 2010).

Jungbluth investigated mineral water that is consumed in Switzerland. Due to the geographical proximity it is assumed that these results are valid for the European region and especially for Germany. In this study too, the results vary mainly as in connection with the transport distance and the packaging of the water. The values for mineral water bottles in this case move between 89.8 g CO₂-eq / liter (regional production, still, unrefrigerated container) and 618 g CO₂-eq / liter (no regional production, carbonated, refrigerated, glass bottle). The water which is also carbonated and chilled from a regional production in a non-refillable PET bottle reaches greenhouse gas emissions of 204 g CO₂-eq / liter. Chilled tap water carbonated in a soda machine comes out at a value of 61.1 g CO₂-eq / liter. A value that is of particular interest as a benchmark for the scenario of company use is the 33.4 g CO₂-eq / Liter value that Jungbluth found from cooled water from a water dispenser. Here it should however be noted that this is provided without carbonization. (Jungbluth 2006).

Water from the water dispenser with home delivery or to the workplace was also studied by Dettore for the American market. Here, 4 gallons (ca. 15 liters) containers were the starting assumption, which would be refilled 50 times. Depending on the scenario, the container, the transport route and the disposal of the container change. This results in greenhouse gas emissions of about 41-48 g CO₂-eq / liter. In addition Dettore also examined bottled water in the U.S. market. In various scenarios regarding disposal and production of the origin of the water bottle, the result is a spread of greenhouse gas emissions from 134 - 532 g CO₂-eq / liter (Dettore 2009).

Aniemyo et al. show findings of 151 - 555 g CO₂-eq / liter in their investigation into carbonated soft drinks in the UK, in which they explicitly include water. A 2-liter PET demonstrates the best result, the worst came from a 0.75 liter glass bottle. Between these extremes there are also beverages in 0.33 l aluminum cans and 0.5 l PET bottles, which each come in at about 300 g CO₂-eq / liter (Aniemyo et al., 2013).

Looking at Figure 23, it is noticeable that the results of the various studies on the CO₂ footprint of bottles, except the study by the Beverage Environmental Roundtable, show roughly the same range. In this study, however, only two scenarios are evaluated. The two studies on the greenhouse gas emissions of water from a water dispenser also result in a similar level.

Furthermore, the statement can be made that privately used water is slightly above water consumed in a company, in terms of greenhouse gas emissions, as many deliveries of small amounts of water are made. In contrast, companies can use economies of scale for their purchasing. In principle, the level of greenhouse gas emissions caused by bottled water de-

depends on which water is chosen, and on its packaging and as well as the distance between source, bottler and consumer.

In principle, drinking water from the Grohe Blue system comes out better than the comparison systems bottled water or water dispenser. The latter, in terms of CO₂ footprint, is at about the level of privately used Grohe Blue Systems. However, this type of water supply (dispenser) is of interest almost exclusively to companies. It should also be noted here that water dispenser normally do not provide carbonated water. Thus, in terms of its greenhouse gas emissions, it can also be seen to be at a disadvantage compared to the Grohe Blue System.

3.3 Sensitivity and scenario analysis

In this section the impact of the change in individual parameters on the result of the observation is examined. The change in water consumption, focus on one sales market, the exclusion of the faucet from the observation, the varied use of the different types of water, the use of green energy during the use phase, as well as a partial release of the coolant through improper disposal, are all taken into consideration.

3.3.1 Water consumption

Figure 24 shows the results of an increase or reduction in water consumption by 50% in 10% increments, starting from 33,000 or 10,220 liters. In the baseline scenario "company", the amount of water consumed thus rose to a maximum of 49,500 liters and fell to a minimum of 16,500 liters. If the value is further increased, the curve approximately approaches the marginal emissions of a liter of Grohe Blue drinking water. This value is about 8.3 g CO₂-eq / liter and with the given parameters it will never fall further.

A similar picture emerges when considering the baseline scenario household. This varies the water consumption between 5,110 and 15,330 l. The curve is much steeper and at a higher level. Due to the smaller filters used, the minimal emissions, which the curve comes close to, increase to reach about 11.5 g CO₂-eq / liter of drinking water increase.

If the sensitivity analyzes presented for both scenarios are shown in a diagram with the absolute amount of water consumed, the result is Figure 25. Here it becomes clear that the observed capacities practically merge into each other (maximum value of water consumption in private households: 15,330 l; minimum water consumption in the company: 16,500 l). The difference in the analyzed period of the scenarios is irrelevant. The jump from the higher level of use within the home to use in the corporate context is created by the use of the 600 l filter compared to the 3,000 l filter and the more frequent transports involved and less economical ratio of capacity to material usage. The mid-size 1500 l filter was not considered in the overall analysis, but Figure 25 gives a good approximation of where the greenhouse gas emissions would come out in this case. The fundamental path depending on the consumption amount would be equivalent to the two curves depicted there, however it would be at the level between the two curves of the scenarios "company" and "private household".

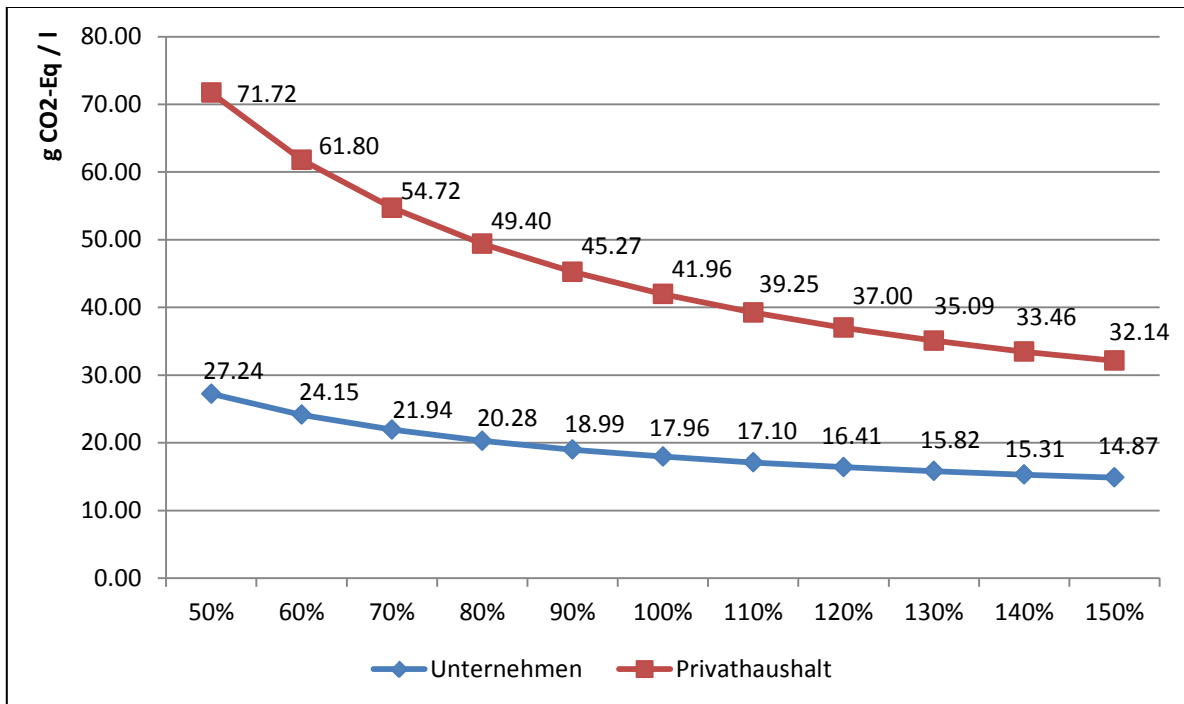


Figure 24: Sensitivity analysis of water consumption

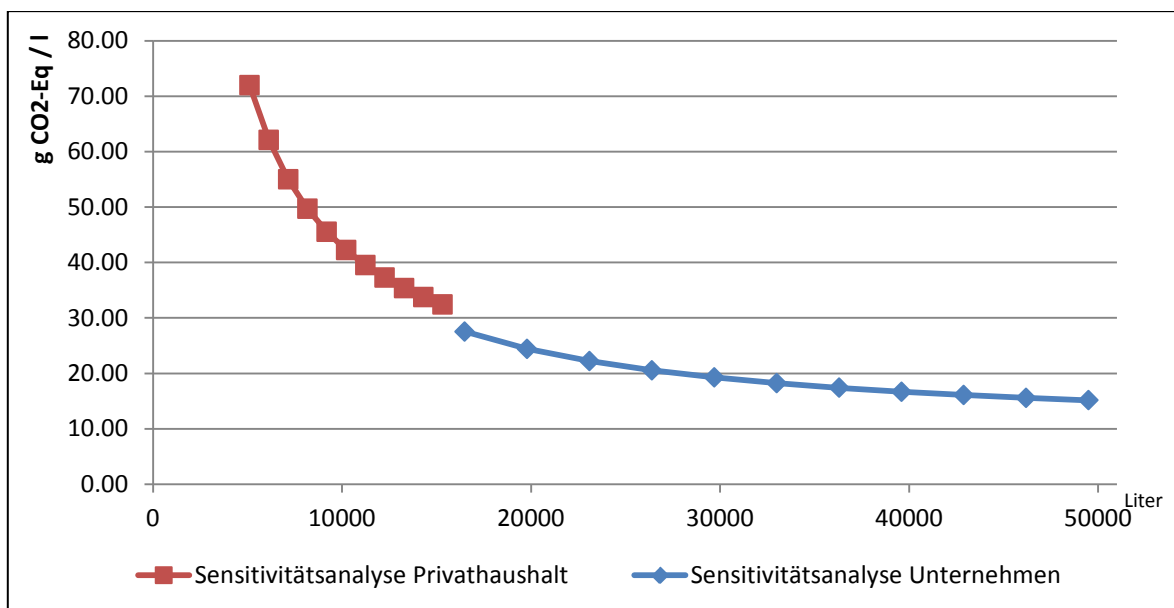


Figure 25: Sensitivity analyses of household and business

3.3.2 Individual examination of sales markets

If the Grohe Blue faucet is sold in just one market, then the greenhouse gas emissions move. The largest share is attributable to the change of the electricity combination during the Consumer phase. Other influencing factors are the altered transport distances for replacement filters as well as for the distribution of the faucet.

If the faucet is only sold in Germany, the greenhouse gas emissions rise due to coal-

intensive electricity generation in Germany. The shorter transport distances cannot outweigh these disadvantages. If only France is considered, the outcome is reversed due to the high use of nuclear energy and greenhouse gas emissions fall compared to the baseline scenario. However in the U.S. again, electricity generation is focused even more strongly on fossil fuels than in Germany. Combined with the long transport distance, the result is significantly increased greenhouse gas emissions. The exact values for all three markets in both scenarios are plotted in Table 19.

Table 19: Change in greenhouse gas emissions per individual country use

	company			private household		
	g CO ₂ -eq/l	Diff.	% Dev.	g CO ₂ -eq / l	Diff.	% Dev.
Standard	17.96	---	---	41.96	---	---
only Germany	18.65	0.69	3.8%	42.51	0.55	1.3%
France only	16,02	-1.94	-10.8%	40.08	-1.88	4.7%
U.S. only	19.65	1.69	9.4%	44.29	2.33	5.5%

3.3.3 Consideration without faucet

In the baseline scenarios, the production of the faucet itself is included at 60% in the consideration because it is used at 60% for the provision of drinking water. It can however also be argued that a faucet would be present even without the installation of a Grohe Blue System. The emissions for the production of the faucet are therefore not necessarily attributable to the Grohe Blue System. In this view, all the components of the Grohe Blue Systems that are marked with a star (*) in the tables in Section 2, are excluded completely from the analysis. This then results in emissions of 17.33 g CO₂-eq per liter for the use in companies and 39.91 g CO₂-eq per liter for use in private households. Thus, the initial value improves by 3.5% (0.63 g CO₂-eq per liter) or 4.9% (2.05 g CO₂-eq per liter).

The faucet itself is responsible for only a small proportion of the total greenhouse gas emissions. The majority of the emissions occur during the Use phase of the system and through the production of the cooler, which does always have to be attributed to the Grohe Blue System. The result is that due to the altered allocation, only comparatively small deviations from the value of the baseline scenarios occur, which do not alter the qualitative statement of the result.

3.3.4 Isolated view of the three drinking water options

This section considers the change in the outcome variables in a change of usage. It is assumed that only one of the three available types of water is consumed. The resulting changes are virtually identical in both scenarios. Differences are attributable only to the proportionally different initial endowment with the 425 grams of carbon dioxide bottle. The exclusive use of non-carbonated water results in a saving of over 3 g CO₂-eq per liter of water com-

pared to baseline scenarios. This is exactly the amount of greenhouse gas emissions caused by the CO₂ provision (see Figures 21 and 22). If only medium carbonated water is consumed, the specific greenhouse gas emissions increase in both cases, by over 0.3 g CO₂-eq per liter; heavily carbonated water leads to an increase of more than 2 g CO₂-eq per liter (Table 20).

Table 20: Specific greenhouse gas emissions when alternating the user profile

	company			private household		
	g CO ₂ -eq / l	Diff.	% Dev.	g CO ₂ -eq / l	Diff.	% Dev.
Standard	17.96	---	---	41.96	---	---
100% heavily carbonated	20.01	2.06	11.5%	44.01	2.05	4.9%
100% medium carbonated	18.30	0.34	1.9%	42.29	0.33	0.8%
100% non-carbonated	14.88	-3.06	-17.0%	38.90	-3.08	-7.3%

Source: own calculations

3.3.5 Green energy use in operation

The default assumption for operation of the Grohe Blue System is the German, French and US electricity combination. As some companies and households draw electricity generated from renewable sources, this section will examine the impact this has on the CO₂ balance of the drinking water supply. Here power generation through wind power is assumed to come from 1-3 MW plants. The power combination in the production area is not changed. Recourse to renewably generated power will only be made during the Use phase. As a result, this leads in each case to a reduction in CO₂ emissions by 2.3 g CO₂-eq per liter to reach 15.66 g CO₂-eq per liter in the company or 39.66 g CO₂-eq per liter in private homes. By percentage, the improvement in the “company” scenario above is better, started from a lower level. It lies at 12.8%, while the use of electricity from wind power only improves the result in the private household by 5.5%.

3.3.6 Coolant release

In the basic scenario, it is assumed that the refrigerant R134a is fully recovered. With a proper disposal, this is also the case. Nevertheless, due to incorrect waste disposal, for example via the household waste, it can happen that the system is damaged by physical influences and the highly climate-damaging refrigerant is released. The effects of this release, compared to the very small amount of released coolant, are quite remarkable, but their influence on the overall result still remains moderate. Table 21 shows the change of specific greenhouse gas emissions in the two basic scenarios, with a release of 1%, 10% and 20% of

the total of 70 g of refrigerant. When the coolant release rises, the specific greenhouse gas emissions rise in a linear fashion, if all other parameters remain the same.

Table 21: Greenhouse gas emissions in partial release of the coolant [g CO₂-eq / liter]

	company			private household		
	g CO ₂ -eq / l	Diff.	% Dev.	g CO ₂ -eq / l	Diff.	% Dev.
Standard	17.96	---	---	41.96	---	---
1% R134a free	17.99	0.03	0.2%	42.06	0.10	0.2%
10% R134a free	18.26	0.30	1.7%	42.94	0.98	2.3%
20% R134a free	18.57	0.61	3.4%	43.92	1.96	4.7%

Source: own calculations

The release of the entire 70 g of coolant in a Grohe Blue cooler would be the equivalent of an emission of 91 kg of carbon dioxide (Climate Change 1995). The correct disposal of refrigerant should therefore not be neglected.

4 Conclusion

Installing a Grohe Blue Systems is advantageous in terms of greenhouse gas emissions across the different scenarios compared to the alternative water supply in bottles or water dispensers. The biggest changes in the sensitivity and scenario analysis resulted from a change in the quantity of water consumed by + / - 50%. So all the results of the analysis lie between the two dashed (companies) or respectively dotted (household) lines in Figure 26. It should be noted that this is a modified section of Figure 23. The result ranges in 'Lieback / Schumacher (2010)', 'Jungbluth (2006), bottles', 'Dettore (2009), bottles' and 'Amienyo et al. (2013)' sometimes considerably exceed the area shown here.

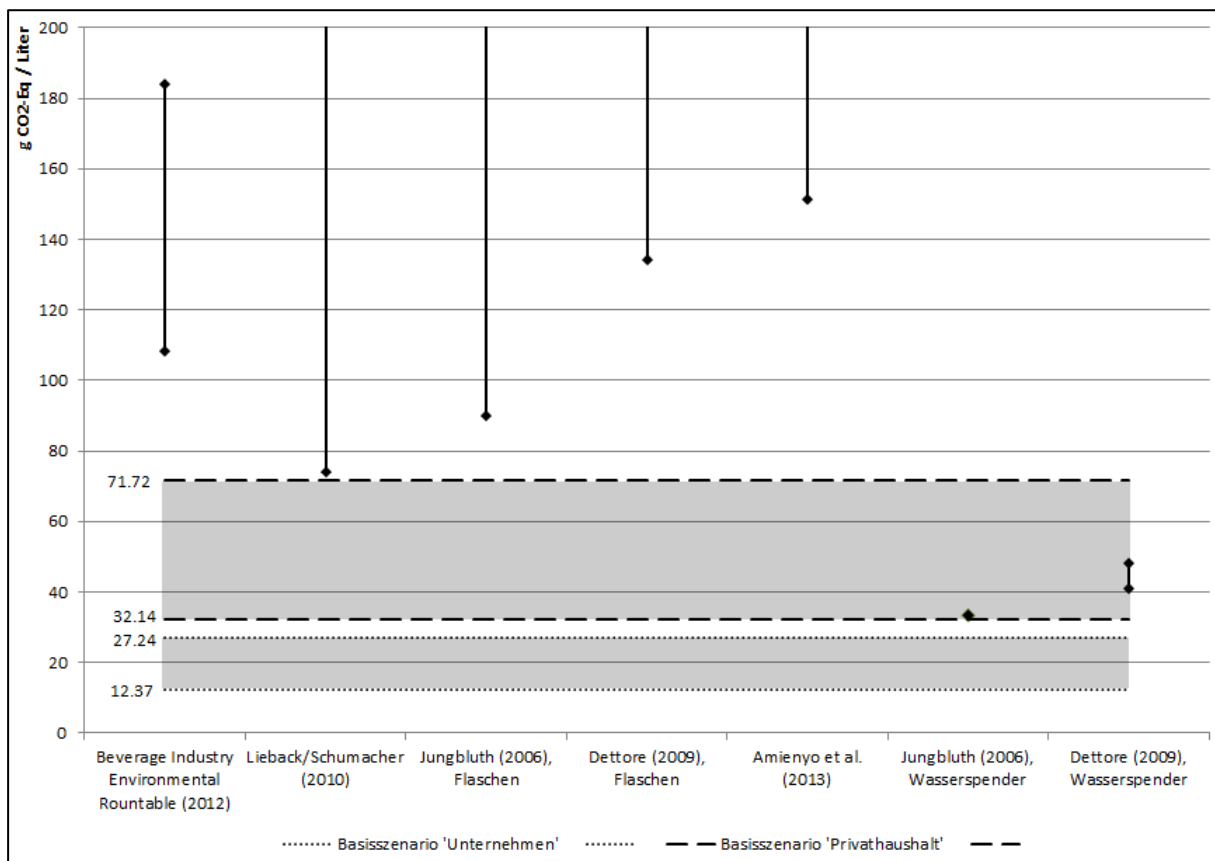


Figure 26: Results ranges for use in business and private household3

Source: own illustration

Improper disposal leads to a rise in the specific greenhouse gas emissions. The same trend is shown by a predominant consumption of strongly carbonated water. Likewise, an exclusive analysis of the German or American market leads to higher values. Through comparison of the analyzed markets with specific cases and similarities in the power combination, conclusions may be drawn about other markets, and emissions in these can be estimated. In addition attention should be paid to the recovery of the highly climate damaging coolant, regard-

less of market.

Improvements to the default values can be achieved for example by the use of green electricity or by consuming less carbonated water. Likewise, an isolated analysis of the French market leads to reduced greenhouse gas emissions, but only because of the high use of nuclear power. This makes it clear that the results of this study only relate to greenhouse gas emissions. Other potentially polluting emissions have not been analyzed. An overall statement about the environmental friendliness of the Grohe Blue system cannot therefore be made.

Bibliography

Aniemyo, D., Gujba, H., Stichnothe, H., Azapagic, A. (2013): Life cycle environmental impacts of carbonated soft drinks, in: International Journal of Life Cycle Assessment, Vol 18, Issue 1, January 2013 , pp. 77-92.

Bavarian State Office for Environmental Protection (2003): Efficient energy use in the electroplating industry, Bavarian State Office for Environmental Protection, Augsburg, 2003.

Beverage Industry Environmental Roundtable (2012): Research on the Carbon Footprint of Bottled Water, 2012 [http://bieroundtable.com/files/Bottled%% 20Final% 20Water 20DEP.pdf](http://bieroundtable.com/files/Bottled%%20Final%20Water%20DEP.pdf).

Climate Change (1995): The Science of Climate Change: Summary for Policy Makers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22

Dettore, CG (2009): Comparative Life Cycle Assessment of Bottled vs. Tap Water, Ann Arbor, 2012 http://css.snre.umich.edu/css_doc/CSS09-11.pdf.

Eitelwein, O.; Goretzki, L. (2010): Successfully Implementing Carbon Accounting and Controlling - status quo and outlook, in: Controlling & Management (ZfCM) 54 (1), pp. 23-32.

Gate man, M., Quack, D. (2013): PROSA sanitary fittings - Development of the award criteria for a climate protection related Ecolabel, Öko-Institut, Freiburg, 2013.

Herbst GmbH (2013): Overview of Applications, Telgte, 2013
<http://www.bentonit.de/applications/general-overview/index.html>

IPCC (2007) Fourth Assessment Report, 2007. Contribution of Working Group I: Technical Summary, International Panel on Climate Change (IPCC).

Jungbluth, N. (2006): Comparison of the environmental impact of tap water and bottled water, in: Gas Water Wastewater GWA, 03/2006, pp. 215-219.

Lieback, J., Schumacher, S. (2010): Climate change in the water glass, in: Environmental Magazine, 9/2010, pp. 62-63.

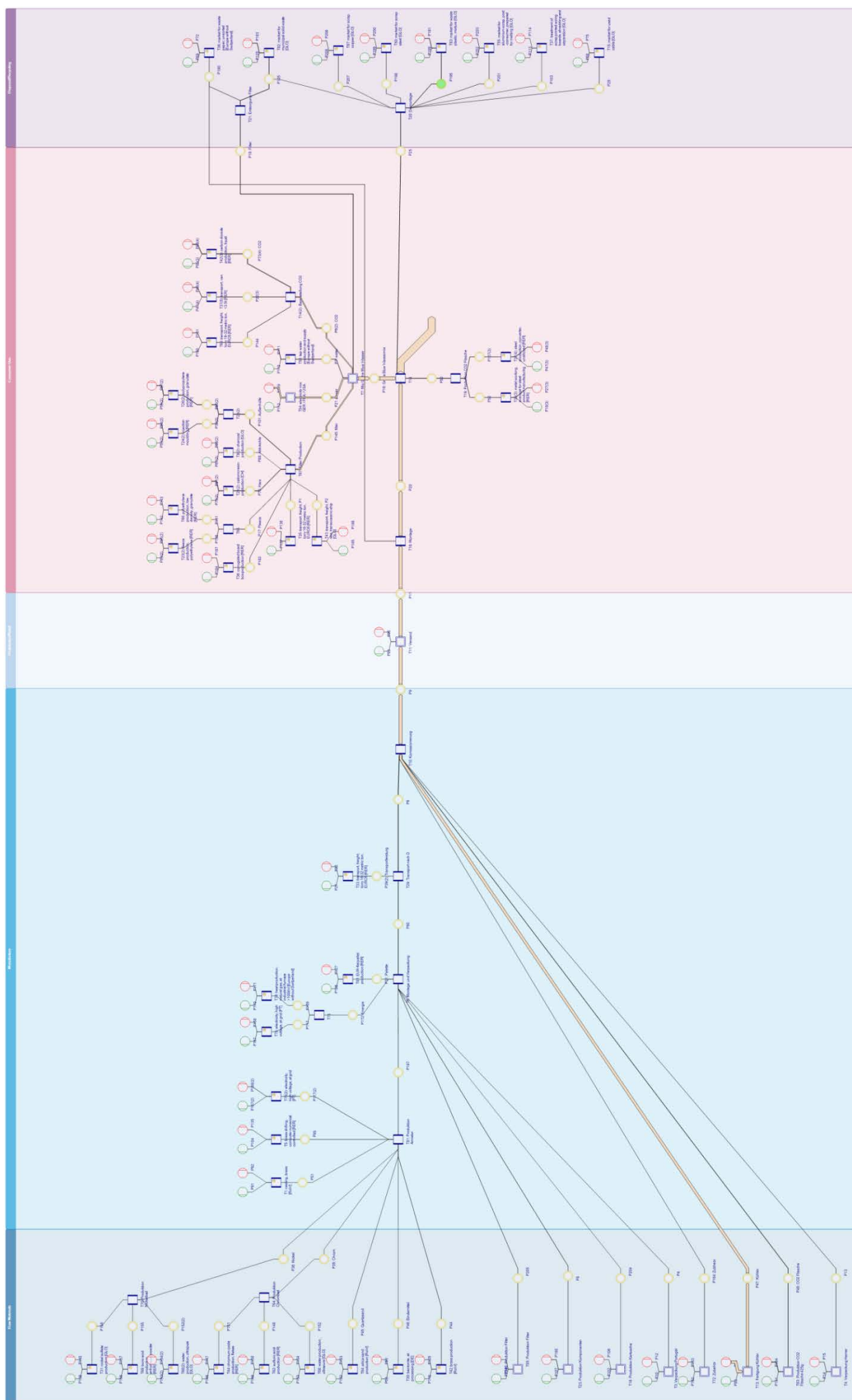
BSI (2011) PAS 2050:2011-Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services, BSI, London, 2011.

Schmidt, M. (2010): Carbon Accounting between fashion fads and environmental improvement process, Journal for Controlling & Management (ZfCM) 54 (1), pp. 32-37.

Federal Environment Agency (UBA) (2013): European comparison of greenhouse gas emissions, Dessau, 2013, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/europaeischer-vergleich-der-treibhausgas-emissionen>.

United Nations (2009): Copenhagen Accord, Copenhagen, 2009
<http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/eng/l07.pdf>

Appendix



Component	Designation	Gross	GewEh	Amount	BME	Material (old)	Material Packaging	Material designation company specific_	Precursor	modeled as
400828040	GEH, STM, SP-	1.143 kg	KG	1	PC				faucet	brass
05267231	Lever, parking	0.016 kg	KG	1	PC	Brass			components	brass
02522031	PEN, PRO-ISO 4026-M5x7 NIROTuflok	0.001	KG	1	PC	Stainless steel			cartridge	steel
09955031	Pen, Polygon	0.002	KG	1	PC	Stainless steel		Stainless steel	cartridge	steel
09956031	Pen, Polygon	0.002	KG	1	PC	Stainless steel		Stainless steel	cartridge	steel
02559031	RING, SLIDE-PE	0.001	KG	1	PC	Polyethylene		PE-UHMW	cartridge	PE
02553031	Sleeve, swivel	0.007	KG	1	PC	Polyamide		PA 12-30 GK (glass ball adj.)	cartridge	PE
00.03.1021	Granulate POMnatur C9021	1	KG	0.004	KG				cartridge	PE
05931131	SEAL, FLAT SCREW-	0.001	KG	1	PC	Ethylene-propylene-diene rubber			cartridge	Ethylene-propylene-diene rubber
50599000	Granulate Noryl PX 2485	1	KG	0.011	KG				cartridge	PE
12280040	Pane, ceramic 35mm	0.01	KG	1	PC	Ceramics			cartridge	Ceramic tile
50587000	GRANULATE, KST-PAPA GRIVORY GV-4H (GF40)	1	KG	0.002	KG				cartridge	PE
50019000	SILICONE SILOPRENE LSR 2660 (BARREL PRODUCT)	1	KG	0.001	KG				cartridge	silicone
09130031	ADAPTER EUP PAPA	0.001	KG	1	PC	Patiell aromatic poly-amide		PAPA-GF 40 (highly rigid)	cartridge	PE
10190031	muffler	0.001	KG	1	PC	Polyoxyethylene menthylen		POM-C (water-bearing)	cartridge	PE
05782131	SCREW, 6KT-ISO 4017-M4x12 Niro	0.002	KG	1	PC	Stainless steel			cartridge	steel
02934131	SLEEVE CUZN	0.041	KG	1	PC	Brass			components	brass
403843037	nut, ring M42x1 f Kart.35	0.025	KG	1	PC	brass		brass	components	brass
04457038	CAP ATR ABS CHROME	0.003	KG	1	PC	acrylonitrile butadiene styrene		ABS (galvan., not waterproof)	components	ABS
05930031	SEAL, ROUND RING 38.0 x 2.0 NBR/EPDM	0.001	KG	1	PC	Ethylene-propylene-diene rubber			components	Ethylene-propylene-diene

									rubber
64352038	LEVER, STM	0.221	KG	1	PC	Die-cast zinc	Zn die-casting	components	Metals
01591131	PIN, PRO-GRC NIRO TUFLOK-BESH., TURNM.N	0.002	KG	1	PC	Stainless steel		components	steel
01050031	STOPPER	0.001	KG	1	PC	Thermoplastic Elasto- mers	TPE (special) 4	components	Ethylene- propylene-diene rubber
64353031	RING, SLIDE-PE	0.001	KG	1	PC	Polyethylene	PE-UHMW	components	PE
64356040	DISCONTINUED, SWING- including snap ring	0.7	KG	1	PC	No material	brass	components	brass
64357031	ATTACHMENT PIECE	0.007	KG	1	PC	Polysulfone (plastic)	PSU water- conducting	components	PE
64367031	ATTACHMENT	0.002	KG	1	PC	Stainless steel	Stainless steel	components	steel
64374040	aerator	0.044	KG	1	PC			components	steel
64375031	ONE, GEH-	0.198	KG	1	PC	Dezincification-proof brass	DR brass (MS al- pha)	components	brass
64358031	RING, GUIDING-	0.002	KG	2	PC	Polyamide	PA 12	components	PE
64360031	RING, SLIDE	0.001	KG	1	PC	Polyoxyethylene menthylen	POM-C/H (not water-conducting)	components	PE
01566031	SEAL, ROUNDRG-12.5 x 2.2 NBR / EPDM	0.001	KG	1	PC	Ethylene-propylene-diene rubber		components	Ethylene- propylene-diene rubber
02680031	SEAL, ROUNDRG-32.0 x2, 5 NBR / EPDM	0.01	KG	1	PC	Ethylene-propylene-diene rubber		components	Ethylene- propylene-diene rubber
64373031	SCREW	0.002	KG	2	PC	Stainless steel	Stainless steel	components	steel
00127031	SEAL, ROUNDRG-4,0 x1, 5 NBR / EPDM	0.001	KG	2	PC	Ethylene-propylene-diene rubber		components	Ethylene- propylene-diene rubber
10947031	PIN, CYLINDER	0.002	KG	1	PC	Stainless steel	Stainless steel	components	steel
64361031	PLATE, SECURE	0.002	KG	1	PC	Stainless steel	Stainless steel	components	steel
400817040	UPPER, CERAM-	0.058	KG	1	PC	No material		cartridge	Ceramic tile
64363331	SLEEVE	0.005	KG	1	PC	Polyoxyethylene menthylene	POM-C/H (not water-conducting)	components	PE
403357040	HANDLE, SHUT-OFF	0,039	KG	1	PC			components	ABS
50227000	Pipe 55mm x 12.5mm x 3m	1	KG	0.114	KG			components	brass
50196000	MS58 ROD SCRAPS, credit	1	KG	-0.071	KG			XXX	XXX

	note calculation									
50102000	CuZn39Pb3 rod scrap (tail)	1	KG	-0.004	KG				XXX	XXX
64511240	DISPLAY ELEMENT ADE	0.036	KG	1	PC				components	LED / cable, unspecified
400836040	HOSE	0.124	KG	1	PC				components	PE / steel
64370040	HOSE	0.82	KG	1	PC				components	PE / steel
65195140	Hose, connection-NIRO	0.101	KG	2	PC	No material			components	PE / steel
09614031	PIN, PRO-CUZN	0.06	KG	1	PC	brass			components	brass
07716140	Set, attachment-	0.06	KG	1	PC				components	PE / steel
41007000	Water- T-branched part, DN10	0.12	KG	1	PC				components	brass
05345031	LABEL, ADHESIVE 70X24MM BLUE ARROWS RIGHT	0.001	KG	1	PC				components	PE / steel
05108031	LABEL, ADHESIVE RED ZED RIGHT ARROW 70x2	0.001	KG	1	PC				components	PE / steel
40404040	Grohe Blue filter 600 l	1.175	KG	1	PC				filters	
64508000	Filter head	0.31	KG	1	PC				filters	
40405045	PITCHER	0.805	KG	1	PC				XXX	XXX
400837040	Hose, connection-NIRO	0.13	KG	1	PC	Stainless steel			components	steel
92889W31	Film, signier	0.001	KG	0.001	ZST				XXX	XXX
98293031	Box-cover	0.263	KG	1	PC		WP / UD2		packing Portugal	corrugated board box, off-set printing
98295031	Box base, Grohe Blue	0.3	KG	1	PC		WP / UD2		packing Portugal	corrugated board box, off-set printing
90100131	BOX FOLDING UD-2 450gr	0.046	KG	1	PC		VP, MGK		packing Portugal	corrugated board box
91245031	Insert starter package Grohe Blue	0.04	KG	1	PC				packaging Portugal	corrugated board box
91714031	Insert faucet Grohe Blue	0.287	KG	1	PC				packing Portugal	corrugated board box
91715031	Insert starter package Grohe Blue	0.04	KG	2	PC				packing Portugal	corrugated board box
90703031	BAG FLOOR-PE TRANSP.500x500	0.022	KG	1	PC		Plastic (PE)		packaging Hemer	PE

91831000	BAG, FLAT-GLASSINE + COVER 40 GR / SQUIM	0.003	KG	1	PC		Paper, glassine	packaging	paper
90985031	Transparent glue dot D = 8cm	0.001	KG	2	PC			XXX	XXX
92103031	LABEL, SBK WHITE GLOSS 70x60	0.001	KG	1	PC		paper	packaging Hemer	paper, printed
92354031	COLOUR DOT, SBK-BLUE	0.001	KG	1	PC		paper	packaging Hemer	paper, printed
91401131	Pallet box	7	KG	0.063	PC		WP	packing Portugal	corrugated board box
91402031	Cover, Pallet box	1.5	KG	0.063	PC		WP	packing Portugal	corrugated board box
40554245	Grohe Blue C + S cooler + carbonator	22	KG	1	PC			cooler	
402786045	Accessories for Cornelius cooler	1.14	KG	1	PC			Accessories	
40422045	Grohe Blue carbon dioxide cylinder 425 g	1.4	KG	1	PC			CO2 cylinder	
99690031	TPI RH 12U 112I A5 b/w 80g	0.04	KG	1	PC			packaging Hemer	paper, printed
96761231	TPI RH 6U 28I A5 b/w 80g	0.04	KG	1	PC			packaging Hemer	paper, printed
97170231	CARE INSTRUCTIONS IF 12U 83X135 B/W 80G	0.04	KG	1	PC			packaging Hemer	paper, printed
98763031	CARTON, SLOT LARGE *****	0.782	KG	1	PC		WP	packaging Hemer	Corrugated board box
91716031	Insert 1457x384mm *****	0.75	KG	1	PC		WP	packaging Hemer	Corrugated board box
91759031	Insert 1129x502mm *****	0.75	KG	1	PC		WP	packaging Hemer	Corrugated board box
91303031	Insert 360x560mm	0.075	KG	5	PC			packaging Hemer	Corrugated board box
91760031	Insert, universal-grooved *****	0.12	KG	1	PC		WP	packaging Hemer	Corrugated board box
91129131	Stretch band sanstrap 150 x 1200 transp.	0.005	KG	0.001	ZST			packaging Hemer	PE
92102131	LABEL, SBK WHITE 98x47.5	0.001	KG	1	PC		paper	packaging Hemer	paper

part number	component	Amount	Unit	Material	Part weight	Total weight
1000 220110554	floor tray-Grohe Blue II	1	PC	ABS	535	535
1000 220110555	Front Panel Grohe Blue II	1	PC	ABS	375	375
1000 220110556	Backboard Grohe Blue II	1	PC	ABS	355	355
1000 220111932	Drilling Screw DIN7504 P / VZ 3.919	1	PC	steel	2	2
1000 220110557	Side part Grohe Blue II	2	PC	ABS	510	1020
1000 220110615	Cover, Grohe Blue II	1	PC	ABS	280	280
1000 149824000	COUNTERSUNK SCREW M4x10 A2 KRZ	5	PC	steel	1	5
1000 135934048	LENS SHEET METAL SCREW F3, 9X9, 5 STVZ	4	PC	steel	1	4
1000 135823080	HEX NUT M4	5	PC	steel	1	5
1000 220110526	condensor prop Grohe Blue II	1	PC	ABS	175	175
1000 220110602	Condenser Grohe Blue II	1	PC	CU / AL	265	265
1000 220110825	condenser protection Sunon fan motor	1	PC	ABS	50	50
1000 220110605	Fan motor, Sunon DP200A, 2123XBT.GN	1	PC	ABS / CU	520	520
1000 135800080	SERRATED WASHER, OUTSIDE	1	PC	steel	1	1
1000 130375025	CABLE TIE 102 x 2.4	1	PC	PP	1	1
1000 135934048	LENS SHEET METAL SCREW F3, 9X9, 5 STVZ	4	PC	steel	1	4
1000 440005032	Compressor GD30MBC; 230V	1	PC	Steel / CU	6145	6145
1000 135832000	LENS SCREW KRZ M5X10 A2	1	PC	steel	1	1
1000 398034400	CLAMP	4	PC	steel	2	8
1000 220112292	flat washer DIN125; 8.4	4	PC	steel	2	8
1000 131850000	LENS SCREW KRZ M4X10 A2	1	PC	steel	1	1
1000 149767000	LENS SCREW KRZ M4x5 A2	1	PC	steel	1	1
1000 131928000	filler ports AD6X150MM 0.7 mm wall	2	PC	CU	15	30
1000 149539000	DRYER 2X6.2; 10gr	1	PC	CU	40	40
1000 220112254	Copper cable assembly group - Grohe (GD30)	1	PC	CU	245	245
1000 940061000	INSULATING HOSE D-06	0.100	M	PE	2	2
1000 149706054	CAPILLARY 0.9 X2200	1	PC	CU	40	40
1000 149419000	REFRIGERANT R 134 A	0.070 kg	KG	R134a	70	70
1000 220112280	Aluminum block - Grohe (180mm high)	1	PC	Steel / AL	4700	4700
1000 220112118	Insulation aluminium block - Grohe	1	PC	EPS	85	85
1000 220112119	insulation cover aluminium block - Grohe	1	PC	EPS	65	65
1000 220112281	Universal plug (EP 280-0 4)	1	PC	EP	2	2
1000 220112286	Connecting tube capillary 6mm	1	PC	CU	4	4
1000 220112283	carbonator assembly group with hoses (V5)	1	PC	Steel / POM / EPDM	890	890
1000 220112157	Fitting safety valve (Kst)	1	PC	POM	10	10
1000 000001116	DRAIN VENT CARBONATOR 11.2 bar	1	PC	Steel / POM	15	15
1000 220111159	Isolation carbonator top Grohe aluminum	1	PC	EPS	15	15
1000 220111023	Carbonator pump head incl. screws	1	PC	Pa / EPDM	340	340
1000 440000846	IPM motor PT5240024-8102 (220111024)	1	PC	Steel / CU	1775	1775
1000 312251000	LENS SCREW KRZ 10-24UNC STVZ	2	PC	steel	1	2
1000 220111180	Pump Holder Grohe Blue II	1	PC	ABS	100	100
1000 141647545	100VA transformer with protective cap	1	PC	Steel / CU	1920	1920

1000 220111055	LENS SHEET METAL SCREW C4, 2x55 A2 DIN7981	4	PC	steel	1	4
1000 220111010	magnet valve assembly group	1	PC	POM / Steel / CU	235	235
1000 147485425	LENS SCREW KRZ M4X25 A2	1	PC	steel	1	1
1000 135812080	FLAT WASHER 4.3 DIN 125, A2	1	PC	steel	1	1
1000 135823080	HEX NUT M4	1	PC	steel	2	2
1000 135800080	SERRATED WASHER, OUTSIDE	1	PC	steel	1	1
1000 220111273	thermostat	1	PC	steel	85	85
1000 220110827	turning knob for thermostat	1	PC	ABS	15	15
1000 310057000	LENS SHEET METAL SCREW C3, 5x6, 5 STVZ	2	PC	steel	1	2
1000 141647684	IEC socket with 10A fuse, black	1	PC	ABS	15	15
1000 220046603	2m mains cable black	1	PC	PVC / CU	210	210
1000 141647683	Plates Grohe Blue II	1	PC	Various	85	85
1000 135934048	SHEET METAL SCREW F3, 9X9, 5 STVZ	4	PC	steel	1	4
1000 149816081	Hose 6mm IDx3 / 8" AD	1	PC	PE	1	1
1000 149816079	Hose 5mm IDx5/16" AD	1	PC	PE	1	1
1000 149816084	Hose 6mm ID x 3/8" AD	1	PC	PE	15	15
1000 149816471DM	Y-PUSH-IN CONNECTOR 8MM	1	PC	POM	10	10
1000 149816361DM	Angle reducible conn. 5/16 x 1/4"	1	PC	POM	5	5
1000 149816251DM	elbow push-in conn. 5/16x5/16" hose AD	2	PC	POM	5	10
1000 149816252DM	elbow push-in conn. 3/8x3/8" Schl. AD	1	PC	POM	5	5
1000 149816010	RETAINING RING 1/4"	5	PC	POM	1	5
1000 149816518	RETAINING RING 5/16", 1 mm thick	4	PC	POM	1	4
1000 149816215DM	Angle reduction conn. 3/8x5/16"	1	PC	POM	10	10
1000 220046009	grounding cable CR	1	PC	PVC / CU	1	1
1000 220111405	Driller 13.5 - 16.0 mm	3	PC	PP	1	3
1000 220112279	Polybag 75 microns 430x330x490	1	PC	PE	2	2
1000 220110616	indicator glass Grohe Blue II	1	PC	PC	1	1
1000 220110657	Push-button on the left-Grohe Blue II	1	PC	ABS	1	1
1000 220110658	Pushbutton center Grohe Blue II	1	PC	ABS	1	1
1000 220110659	Right button Grohe Blue II	1	PC	ABS	1	1
1000 220110580	Board cover-Grohe Blue II	1	PC	ABS	15	15
1000 220112080	Transport tray-Grohe Blue II	1	PC	EPS	450	450
1000 220112079	Cardboard sleeve 560x370x470mm	1	PC	box	620	620
1000 220105096	2/2 valve 3/8" JG, 24V	1	PC	POM / Steel / CU	85	85
1000 147384080	LENS SHEET METAL SCREW F2, 9X13 A2	1	PC	steel	1	1
1000 220111298	Spacer for water inlet valve	1	PC	PP	1	1
1000 940061000	INSULATING HOSE D-06	0.120	M	PE	1	0.12
1000 940061000	INSULATING HOSE D-06	0.170	M	PE	1	0.17
1000 940061000	INSULATING HOSE D-06	0.075	M	PE	1	0.075
1000 310057000	LENS SHEET METAL SCREW C3, 5x6, 5 STVZ	2	PC	steel	1	2
1000 220112282	included socket - Grohe	1	PC	ABS / PE / POM	100	100
1000 143584000	TYPE PLATE UNPRINTED	1	PC	Al	1	1
1000 220046559	Cable PCB transformer; Grohe 230V	1	PC	PVC / CU	40	40
1000 220046560	Cable board magnet valves; Grohe 230V	1	PC	PVC / CU	20	20
1000 220046561	Cable to board level electr.; Grohe 230V	1	PC	PVC / CU	20	20
1000 220046562	Cable fan-compressor; Grohe 230V	1	PC	PVC / CU	30	30

1000 220046563	Cable transformer compressor; Grohe 230V	1	PC	PVC / CU	65	65
1000 220046564	Cable board overflow protection; Grohe 230V	1	PC	PVC / CU	10	10
1000 149816018	RETAINING RING 3/8"	4	PC	POM	1	4
1000 143829178	CABLE TIE 203 X 3.6	1	PC	PP	1	1
1000 220112046	Supplement assembly detail; Grohe	1	PC	paper	10	10
1000 220046600	Communication cables - Grohe	1	PC	PVC / CU	15	15

inputs	amount	unit ⁽⁹⁾	range ⁽¹⁰⁾	data quality and comments ⁽¹¹⁾						
energy source and efficiency ⁽¹²⁾										
Electricity	116,74	kWh	1,14 - 39,39	calculation						
Natural Gas	17,01	m3	0,13 - 6,13	calculation						
Electricity	0,025	ton CO2	-	estimation						
Natural Gas	0,413	ton CO2	-	estimation						
material inputs ⁽¹³⁾										
operating materials ⁽¹⁴⁾										
process										
process name ⁽¹⁾	Assembly									
process-No. ⁽²⁾	TTM/AL									
site ⁽³⁾	BR01 or BR02									
reference unit ⁽⁴⁾	31079345									
contact ⁽⁵⁾				date ⁽⁸⁾						
address				period under observation ⁽⁷⁾						
phone										
e-mail										
process flow chart ⁽⁶⁾										
outputs										
product(s) ⁽¹⁵⁾										
GROHE Blue (31079345)	1631	PC	16 - 558	calculation						
energy outputs ⁽¹⁶⁾										
wastes / recycling goods ⁽¹⁸⁾										
Paper										
Plastic										

Figure 27: Energy Input Grohe Blue assembly in Albergaria4

Göttingen, 2014
ISSN 1867-0121
Herausgeber:
Schwerpunkt Unternehmensführung
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
Georg-August-Universität Göttingen

Prof. Dr. Dr. Fabian Jintae Froese (Personalmanagement mit Schwerpunkt China / Asien)
Prof. Dr. Jutta Geldermann (Produktion und Logistik)
Prof. Dr. Lutz M. Kolbe (Informationsmanagement)
Prof. Dr. Indre Maurer (Organisation und Unternehmensentwicklung)
Prof. Dr. Michael Wolff (Management und Controlling)

Platz der Göttinger Sieben 3, D-37073 Göttingen
Web www.wiwi.uni-goettingen.de/man

Kontakt:
Prof. Dr. Jutta Geldermann
Professur für Produktion und Logistik
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
Georg-August-Universität Göttingen

Platz der Göttinger Sieben 3
D-37073 Göttingen
Tel. +49 551 39 7257
Fax +49 551 39 9343

Mail produktion@wiwi.uni-goettingen.de
Web www.produktion.uni-goettingen.de

Bisherige Publikationen der Research Paper Reihe:

- Nr. 1: Isbruch, F. (2008): Anwendbarkeit und Ausgestaltung übergreifender Controllinginstrumente in Unternehmenskooperationen, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Unternehmensrechnung und Controlling, Göttingen Juli 2008
- Nr. 2: Möller, K., Schmälzle, H. (2008): Messung und Steuerung im Innovationsprozess, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Unternehmensrechnung und Controlling, Göttingen Juli 2008
- Nr. 3: Geldermann, J., Bertsch, V., Gering, F. (2008): Risikomanagement und Mehrzielentscheidungsunterstützung unter Unsicherheit am Beispiel der Planung effizienter Notfallmaßnahmen nach kerntechnischen Störfällen, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Produktion und Logistik, Göttingen Oktober 2008
- Nr. 4: Möller, K., Krull, T. (2008): Reporting immaterieller Vermögenswerte in den Geschäftsberichten der DAX-30-Unternehmen, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Unternehmensrechnung und Controlling, Göttingen Oktober 2008
- Nr. 5: Geldermann, J., Treitz, M. (2008): Quantifying Eco-Efficiency with Multi-Criteria Analysis, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Produktion und Logistik, Göttingen Oktober 2008
- Nr. 6: Möller, K., Gamerschlag, R., Klusmann, A. (2009): Anforderungsanalyse und Gestaltungsempfehlungen für das Reporting von Human Capital, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Unternehmensrechnung und Controlling, Göttingen Januar 2009
- Nr. 7: Flinspach, T. (2009): Prozessorientierte Effizienzmessung in Rechnungswesen, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Unternehmensrechnung und Controlling, Göttingen September 2009

- Nr. 8: Isbruch, F. (2009): Informationsoffenlegung im Rahmen des Kostenmanagements in Hersteller-Zuliefererkooperationen, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Unternehmensrechnung und Controlling, Göttingen September 2009
- Nr. 9: Geldermann, J., Daub, A., Hesse, M. (2009): Chemical Leasing as a model for sustainable development, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Produktion und Logistik, Göttingen Dezember 2009
- Nr. 10: Lauven, L., Wiedenmann, S., Geldermann, J. (2010): Lebenszykluskosten als Entscheidungshilfe beim Erwerb von Werkzeugmaschinen, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Produktion und Logistik, Göttingen Oktober 2010
- Nr. 11: Hesse, M., Schmehl, M., Geldermann, J. (2012): Ökobilanzielle Bewertung von Biogasanlagen unter Berücksichtigung der niedersächsischen Verhältnisse, Research Paper der Georg-August-Universität Göttingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Schwerpunkt Unternehmensführung, Professur für Produktion und Logistik, Göttingen April 2012