

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

Projektarbeit BGK6

Prof. Dr. Susan Draeger

SS2016

Abgabe: 21.06.2016

Ökobilanzierung

Bürogebäude „Eichenseher Ingenieure“

Pfaffenhofen a. d. Ilm



Abbildung 1: Bürogebäude: Eichenseher Ingenieure, Pfaffenhofen a. d. Ilm

Florian Schreiner
Gebäudeklimatik 6
Matr.-Nr.: 2843559

Gliederung (auf Basis der ISO14040)

I. Einleitung	3
1. Vorwort.....	3
2. Definition Ökobilanzierung.....	4
3. Definition der Systemgrenzen.....	7
4. Anforderung an die Datenqualität.....	8
5. Sachbilanz.....	9
6. Wirkungsabschätzung.....	9
II. Hauptteil	10
1. Auswertung & Interpretation.....	10
1.1 Auswertung & Interpretation der errechneten Ergebnisse.....	10
1.2 Empfehlungen, Gegenmaßnahmen, Verbesserungen.....	19
III. Schluss	23
1. Resümee.....	23
2. Sinnhaftigkeit LCA (zukünftig).....	23
3. Eigene Einschätzung (Schlusswort).....	25
IV. Literatur- und Abbildungsverzeichnis	26
V. Anhang	29

I. Einleitung

1. Vorwort

Das von „Eichenseher Ingenieure“ geplante und seit 2015 genutzte Bürogebäude sollte eine nachhaltige, wirtschaftliche und zugleich hochwertige Immobilie mit geringstem Energiebedarf werden. Damit war der Anspruch auch im laufendem Betrieb möglichst autark bezogen auf technische Anlagen, sowie der benötigten Energie, zu arbeiten. Aufgrund der hohen energetischen und technischen Standards ist bei so einem Neubau von hohen Investitionskosten auszugehen.

Um die Kosten trotzdem so niedrig wie möglich zu halten, ist es unabdingbar im frühen Planungsstadium verschiedenste Alternativen und Kombinationen zur Versorgung und Speicherung zu untersuchen sowie die Auswahl der Bauprodukte exakt auf die Anforderung zu treffen, vgl. Abb. 2.

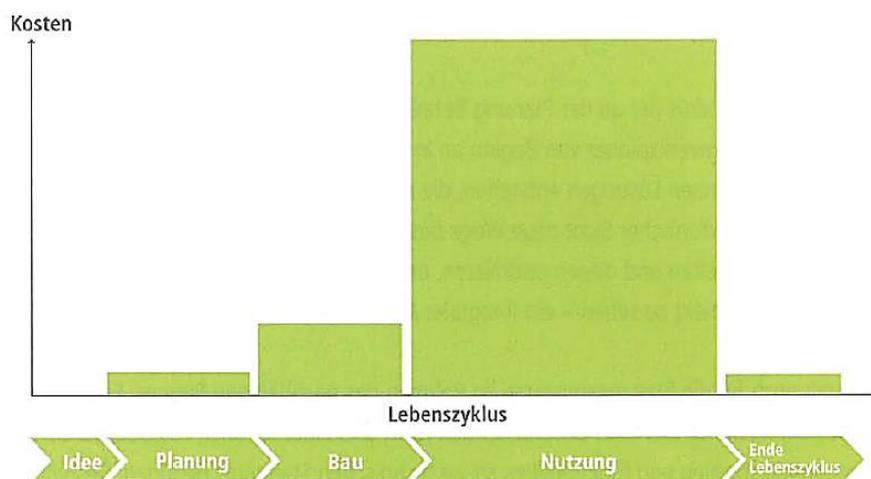


Abbildung 2: Kosten im Lebenszyklus eines Gebäudes (Draeger)

Nicht zu vernachlässigen sind bei einem nachhaltigen und effizienten Gebäude die auftretenden Emissionen. Es ist schwierig den Überblick der Emissionen zu behalten, da diese über den gesamten Lebensweg des Gebäudes entstehen, sprich beginnend mit der Herstellung bzw. dem Rohstoffabbau der (Bau)-Produkte und endend mit der Entsorgung nach dem Abriss bzw. dem Recycling. Um diese Emissionen dennoch zu überblicken gibt es eine Methode, mit der man diese Umweltbelastungen bilanzieren kann. Diese Methode nennt man *Ökobilanzierung* (engl. **Life Cycle Assessment, LCA**). Diese LCA werde ich folgend von dem Bürogebäude „Eichenseher Ingenieure“ durchführen.

2. Definition Ökobilanzierung

Die Ökobilanzierung (engl. Life Cycle Assessment, LCA) ist eine Methode, mit der man umweltrelevante Vorgänge von Produkten über ihren gesamten Lebensweg bilanzieren kann. Hierin sind die Belastungen beim Rohstoffabbau, in der Herstellung/Vorprodukte, in der Produktion, in der Nutzung bis hin zur Entsorgung bzw. dem Recycling beinhaltet, vgl. Abb.3.

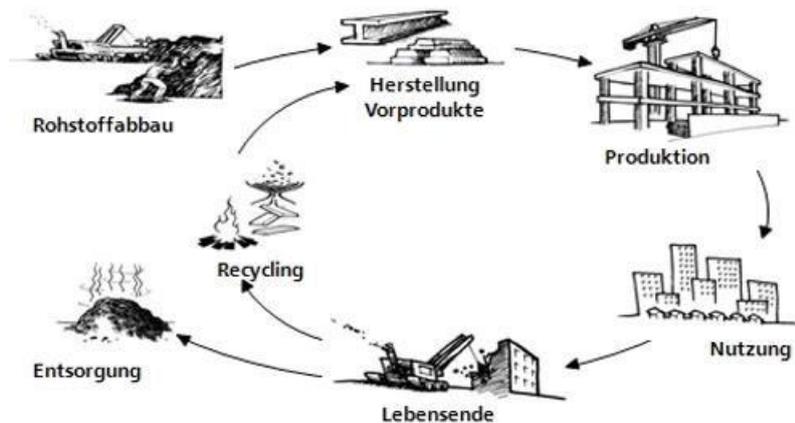


Abbildung 3: Kreislauf Ökobilanzierung, (Ökobilanzierung - Fraunhofer IBP 2016b)

Dass diese Bilanzierung jedoch einheitlich und standardisiert erstellt wird, wurde sie in der ISO14040 ff. genormt. Darin wird auch die Vorgehensweise einer LCA beschrieben. Zu Beginn sollte man das Ziel und den Untersuchungsrahmen festlegen, danach die Sachbilanz aufstellen, gefolgt von der Wirkungsabschätzung, die oft softwaregestützt (z.B. SBS-tool) erstellt wird, und zuletzt werden die Ergebnisse interpretiert und ausgewertet. Anhand dieser kann man, wenn man die Bilanzierung vor Baubeginn erstellt, Maßnahmen oder Änderungen bezogen auf die Auswahl der Bauprodukte bzw. der technischen Anlagen ergreifen. Die Ergebnisse sind dabei in folgende Wirkungskategorien unterteilt:

Wirkung auf die lokale und globale Umwelt:

Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP), Ozonschichtabbaupotenzial (ODP), Ozonbildungspotenzial (POCP), Versauerungspotenzial (AP), Überdüngungspotenzial (EP)

Wirkung auf das Ressourcenpotenzial:

Nichterneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne), Erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEe), Gesamter Primärenergiebedarf (PEges), Abiotischer Ressourcenverbrauch-Stofflich (ADPE), Abiotischer Ressourcenverbrauch-Fossil (ADPF) und Wasserverbrauch (FW).

Bei der Auswertung sind zwei Arten zu unterscheiden:

- SBS (Building Sustainability)
- DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)

Im Folgendem wird die Auswertung nach DGNB beschrieben (Auswertung mit SBS-tool):

Betrachtet wird der gesamte Lebenszyklus (50 Jahre) im Vergleich zwischen IST- und Referenzgebäude.

Im Detail wird beim **Referenzgebäude** (wird vom SBS-tool erstellt) der Lebenszyklus in Produktion, Instandhaltung, Abfallbehandlung zur Wiederverwendung, Rückgewinnung und/oder Recycling, Deponierung, Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze und Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes unterteilt. Zusammengefasst wird dies alles im Gesamtwert unter Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung. Einzeln wird nur der Gesamtwert im Betrieb (Strombedarf, Wärmebedarf und Strom- & Wärmebedarf Nutzerausstattung) betrachtet. (siehe Abb.4)

Referenzgebäude	Gesamter Lebenszyklus		A-D	Gref	Gesamtwert (K+N)
	Produktion		A	Kref	Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung
Instandhaltung		B2			
Abfallbehandlung zur Wiederverwendung, Rückgewinnung und/ oder Recycling		C3			
Deponierung		C4			
Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze		D			
Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes		B6	Nref	Betrieb	
			Nsref	Strombedarf	
			Nwref	Wärmebedarf	
			Naref	Strom- und Wärmebedarf Nutzerausstattung	

Abbildung 4: Übersicht der betrachteten Parameter Referenzgebäude

Dem gegenüber wird der gesamte Lebenszyklus beim **Ist-Gebäude** in Produktion, Errichtung des Bauwerks, Nutzung, Entsorgung und Gutschriften & Lasten außerhalb

der Systemgrenze unterteilt. In der Abbildung 5 sieht man die Unterteilung des Gesamtwerts:

Ist- Gebäude	Gesamter Lebenszyklus		A-D	Gist	Gesamtwert (K+N)	
	Produktion	A1	Rohstoffgewinnung			
		A2	Transport zum Hersteller			
		A3	Herstellung			
		KG 310	Baugrube			
		KG 320	Gründung			
		KG 330	Außenwände			
		KG 340	Innenwände			
		KG 350	Decken			
		KG 360	Dächer			
		KG 370	Baukonstruktive Einbauten			
	KG 390	Sonst. Maßnahmen für Baukonstruktion				
	KG 400	Bauwerk-Technische Anlagen				
	Errichtung des Bauwerks	A4	Transport zur Baustelle			
		A5	Einbau in das Gebäude			
	Nutzung	B1	Nutzung oder Anwendung des eingebauten Produkts			
		B2	Instandhaltung			
		B3	Reparatur			
		B4	Ersatz			
		B5	Erneuerung			
B6		Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes				
B6		Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes				
B6		Stromreduktion durch PV Anlage (30 Jahre)				
B7	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes					
Entsorgung	C1	Rückbau, Abriss				
	C2	Transport zur Abfallbehandlung				
	C3	Abfallbehandlung zur Wiederverwendung,				
	C4	Deponierung				
Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze	D	Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze				
		Gutschriften Strom aus Photovoltaik (20 Jahre)				

Abbildung 5: Übersicht der betrachteten Parameter IST-Gebäude

Zudem werden Gutschriften in negativen Zahlenwerten angegeben und sind somit schnell erkennbar.

Außerdem gibt es allgemeine Informationen (Abb. 6) zu Flächen, Wärmeerzeugung, Kühlung, sowie auch Angaben zum Energieverbrauch des Gebäudes. Hierbei kann

Allgemeine Informationen			
BGFa [m²]	2510,21	Anzahl der Geschosse	3
NGFa [m²]	2217,51	Wärmeerzeugung	
A/V [m-1]	0,38	Art der Wärmeerzeugung	Sohle-Wasser Wärmepumpe 1:4
BRI [m³]	8543,30	Energieträger	Eisspeicher
Dachfläche [m²]	600,00	Kühlung	
Fassadenfläche [m²]	980,00	Art der Kühlung	Betonkernaktivierung
Innenwandfläche [m²]	1300,00	Energieträger	Eisspeicher
Deckenfläche [m²]	1610,00	EnEV Version	EnEV 2009
Fundament/ Bodenplatte [m²]	67,80	Zeitpunkt der Erstellung der EnEV Berechnung	
Angaben zum Energieverbrauch des Gebäudes			
Heizwärmebedarf [kWh/a]			43500
Kühlenergiebedarf [kWh/a]			65425
Strombedarf [kWh/a]			
Stromerzeugung Photovoltaik [kWh/a]			77120

Abbildung 6: Allgemeine Informationen

man Werte nachträglich eingeben (gelb hinterlegt). Die Erträge der PV-Anlage werden bei Eingabe direkt noch in die Auswertung einberechnet.

Ferner werden die Verläufe der Emissionen bezüglich der Produktion, sowie dem Lebenszyklus in farbigen Diagrammen dargestellt. Hierbei wird unterteilt in Kostengruppen sowie die dabei entstehenden Emissionen in %.

Des Weiteren werden Berechnungen und Grafiken dargestellt, in denen der Vergleich zwischen REF- und IST-Gebäude zu GWP, ODP, POCP, AP, EP, sowie der Primärenergie (PEe, PEne, PEGes) abgebildet und jeweils mit Bewertungspunkten bilanziert werden. So wird ersichtlich, welche Zertifizierung nach DGNB erreicht wird. Beginnend mit der besten Bewertung: Platin, Gold, Silber & Bronze. Bei einer sehr schlechten Bewertung ist auch kein Zertifikat möglich.

Eines der wichtigsten Kriterien bei einer Ökobilanzierung ist, dass man zu Beginn der Bilanzierung den Untersuchungsrahmen (Systemgrenze) definiert.

3. Definition der Systemgrenze

Die Definition der Systemgrenze ist vor jeder Ökobilanzierung festzulegen, da hiermit bestimmt wird welche Produkte und technische Anlagen betrachtet werden und welche nicht. Dies ist wichtig, da man teilweise auch bei der Wirkungsabschätzung, aufgrund von lückenhaften Datenbanken, die in der Software verwendet werden, nicht alle Produkte finden kann. Da in dieser LCA mit dem „SBS-tool“, welches vom „Fraunhofer IBP“ zusammen mit „PE International“ entwickelt wurde, gearbeitet wird, werden folgende Abschneidekriterien angewandt:

- Produkte-Masse <2%
- Keine Türen
- Technische Anlagen:
 - keine Lüftungsanlage
 - Elektr. Sole-Wasserwärmepumpe mit Eisspeicher 1:4 (hierbei wurde bei der Auswertung nur eine elektr. Sole Wasser Wärmepumpe (0/35) 1kWh berücksichtigt)
 - Keine Kühlung
 - Keine E-Mobilität

- Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktion
- Gründung und Baugrube
- Keine Innenwandunterkonstruktion (Trockenwand)
- Investitionsgüter für Herstellungsprozesse (Maschinen, Gebäude, etc.)

(ift_Richtlinie_Ökobilanzen_rev2)

Berücksichtigt werden der Ertrag der PV-Anlage, sowie die verbauten Bauprodukte inkl. ihrer Lebensdauer und Entsorgung (End of life, EoL).

Außerdem ist zu erwähnen, dass in der benutzten Datenbank manche Produkte von den verbauten Produkten gering abweichen können.

4. Anforderung an die Datenqualität

Die verwendeten Daten der Ökobilanzierung basieren auf der Verwendung der Datenbank (Ökobau 2013) des SBS-tools. Die „ÖKOBAUDAT“ ist eine deutsche Baustoffdatenbank, die vom „Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)“ für Ökobilanzierungen zur Verfügung gestellt wird.

(Im BBSR)

Die Verbrauchsdaten wurden von „Eichenseher Ingenieure“ zur Verfügung gestellt.

Die Lebensdauer der einzelnen Produkte wurde aus der Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)“ entnommen.

(Informationsportal Nachhaltiges Bauen des BMVBS)

5. Sachbilanz

Durch die Verwendung der „ÖKOBAUDAT 2013“ sind darin alle benötigten **ein- und ausgehenden Stoff- und Energieströme (Inputs, Outputs)** beinhaltet. Folgende Phasen werden darin berücksichtigt: Herstellungsphase, Errichtungsphase (wobei diese in dieser Ökobilanzierung nicht berücksichtigt wird), Nutzungsphase und Entsorgungsphase. Außerdem werden Inputs (Energie, Wasser, Rohmaterial, Flächennutzung) und Outputs (Abwärme, Emissionen in Luft, Wasser und Boden, anfallendes Abwasser, Abfälle und erzeugte Produkte) berücksichtigt.

(ift_Richtlinie_Ökobilanzen_rev2)

6. Wirkungsabschätzung

Bei der Wirkungsabschätzung werden die potenziellen Umwelteinwirkungen, sowie Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und Ressourcenverfügbarkeit softwaregestützt errechnet. Dies geschieht mithilfe der Ergebnisse der Sachbilanz über entsprechende Charakterisierungsmodelle.

(Ökobilanzierung - Fraunhofer IBP 2016a)

Die betrachteten Emissionen (im Gebäudebereich üblicherweise GWP, ODP, POCP, AP, EP, PE) werden durch Stoffäquivalente (z.B. CO₂-Äquivalent) dargestellt:

- Treibhauspotenzial GWP [kg CO₂ – Äq]
- Ozonabbaupotenzial ODP [kg CFC₁₁ – Äq]
- Ozonbildungspotenzial POCP [kg C₂H₄ – Äq]
- Versauerungspotenzial AP [kg SO₂ – Äq]
- Überdüngungspotenzial EP [kg PO₄⁻³ – Äq]
- Primärenergieinhalt PE [MJ]

(Alfons Oebbeke 2016)

In Folgendem wird die Auswertung mit SBS-tool nach DGNB von dem Gebäude „Eichenseher Ingenieure“ analysiert und interpretiert sowie Maßnahmen bzw. mögliche Verbesserungen vorgeschlagen.

II. Hauptteil

1. Auswertung und Interpretation

1.1 Auswertung und Interpretation der errechneten Ergebnisse

In der Abbildung 7 wird der prozentuale Anteil der auftretenden Emissionen auf die einzelnen Konstruktionen dargestellt.

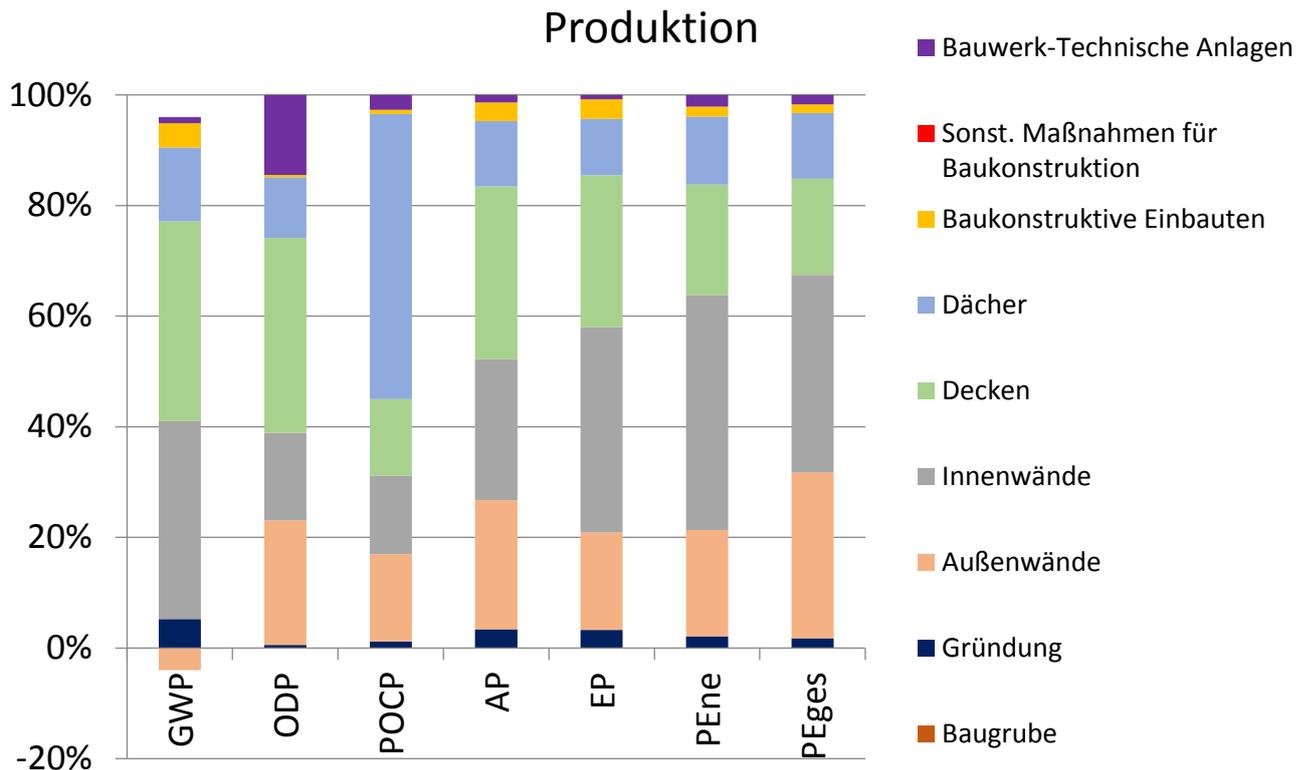


Abbildung 7: Ökologische Kriterien in der Produktion

Hierbei ist auf dem ersten Blick ersichtlich, dass die Auswirkungen der einzelnen Konstruktionen auf jedes Kriterium unterschiedlich sind. Erkennbar ist auch, dass die größten Emissionen von den Wänden, gefolgt von den Decken und dem Dach entstehen. Grund hierfür ist natürlich auch die große Masse der verbauten Materialien. Auffallend ist jedoch der hohe POCP Wert der Dachkonstruktion. Grund hierfür ist der hohe POCP-Wert der verbauten Dämmung (EPS). Nicht aufgeführt sind Emissionen der Baugrube und sonstige Maßnahmen für Baukonstruktion. Der negative GWP-Wert der Außenwände resultiert daraus, dass diese aus Holzkonstruktionen bestehen und Holz die Eigenschaft hat CO₂ aufzunehmen bzw. zu binden und somit wird der CO₂ Aufnahmewert von Holz mit den freigesetzten Treibhausgasen der restlichen

Außenwandkonstruktionen entgegengereicht. Hinzu kommt, dass die freiwerdende Energie, die beim Verbrennen des Holzes am Ende des Lebenszyklus entsteht, genutzt und somit Primärenergie eingespart werden kann. (Alfons Oebbeke 2016)

In der folgenden Grafik (Abb.8) wird die ökologische Qualität über den gesamten Lebenszyklus in Bezug auf die Nutzung, Entsorgung & Gutschrift, Instandsetzung sowie der Produktion in Prozent dargestellt.

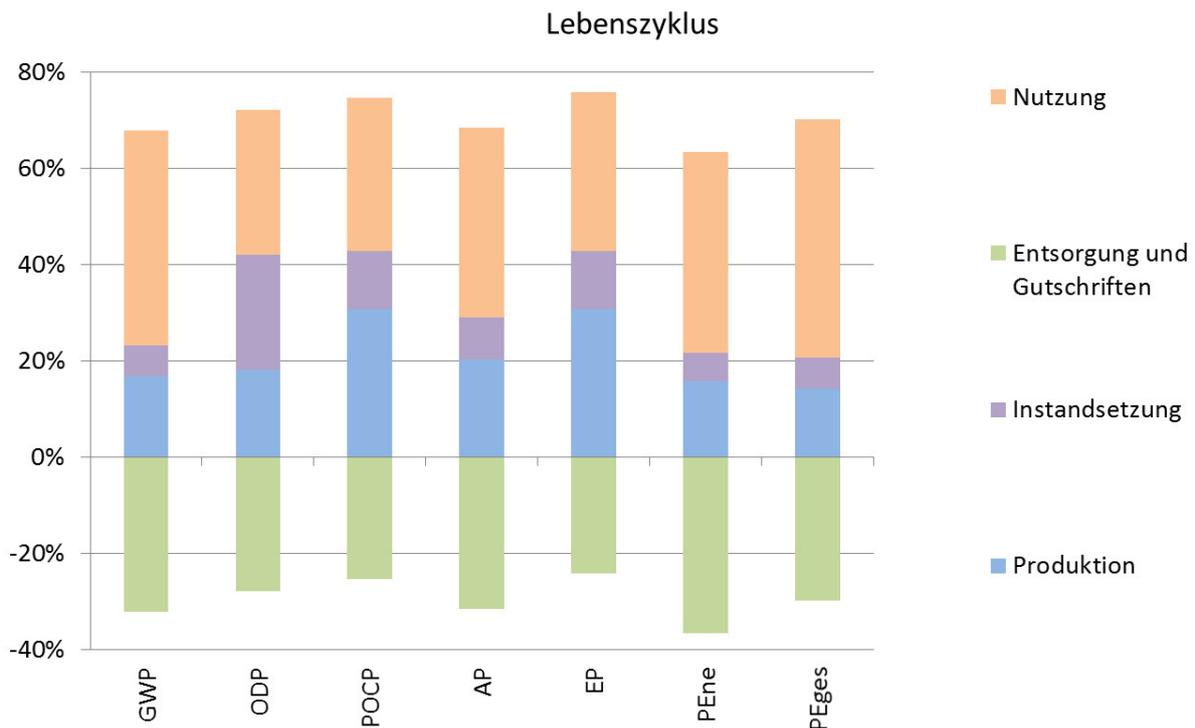


Abbildung 8: Ökologische Qualität über den gesamten Lebenszyklus

Hierbei wird ersichtlich, dass die Produktion und die Nutzung den größten Teil der Emissionen über die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes verursachen. Erkennbar ist jedoch auch, dass im Allgemeinen das Gebäude sehr ökologisch ist, da alle Emissionen unter 80% bleiben. Weiter zeigt die Graphik sehr hohe Gutschriften in allen Wirkungskategorien. Gründe hierfür sind die verbauten Holzkonstruktionen, vor allem in den Außenwänden, sowie die recyclebaren Materialien, die regenerative Energie und die Materialien deren Lebenserwartung höher als die Nutzungsdauer ist. Zu erwähnen ist auch, dass das Senken der Emissionen bei diesem Gebäude aufgrund des (sehr) guten Ist-Standes um einiges schwieriger bzw. aufwändiger ist, als bei einem Gebäude, bei dem man schon durch einfache Mittel, wie z.B. der Installation einer PV-Anlage, einiges bewirken kann.

Des Weiteren werde ich die Berechnung der einzelnen Wirkungskategorien auswerten bzw. interpretieren. Alle Werte sind in kg des Stoffes „xy“ *pro m2 NGF und a* gerechnet. Die Grenz- und Zielwerte werden aus den Rahmenbedingungen der DGNB ermittelt.

In der folgenden Grafik (Abb.9) wird der Vergleich zwischen dem IST-Gebäude und einem Referenzgebäude bezüglich dem **Treibhauspotenzial (GWP)** mit Grenz- und Zielwerten verglichen.

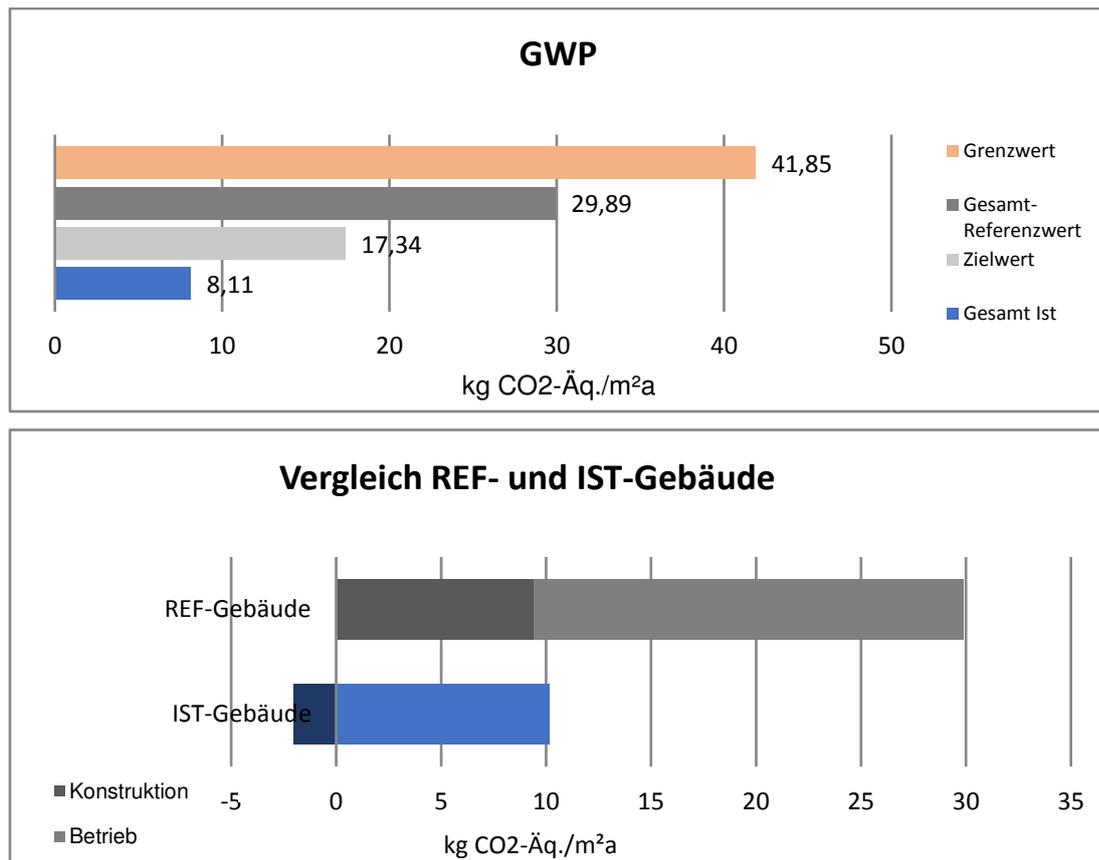


Abbildung 9:GWP-Berechnung

Hierbei wird verdeutlicht, dass das IST-Gebäude schon sehr ökologisch und ökonomisch ist, da der Gesamt-IST-Wert um mehr als 80% unter dem Grenzwert liegt. Darüber hinaus ist die Berechnung mit 120 Bewertungspunkten im „Platin-Bereich“ nach DGNB. Die negativen Werte des IST-Gebäudes sind den ausgewählten nachhaltigen Produkte der Konstruktionen zuzuschreiben, vor allem dem verbauten Holz, da dieses durch das Verbrennen am Ende des Lebenszyklus Energie freisetzt, die genutzt wird. Verursacht werden Treibhausgase durch Aktivitäten, z.B. Verbrennungsprozesse, wodurch Gase wie z.B. Methan oder Kohlendioxid freigesetzt werden. (Alfons Oebbeke 2016)

In der folgenden Grafik (Abb.10) wird der Vergleich zwischen dem IST-Gebäude und einem Referenzgebäude bezüglich dem **Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)** mit Grenz- und Zielwerten verglichen.

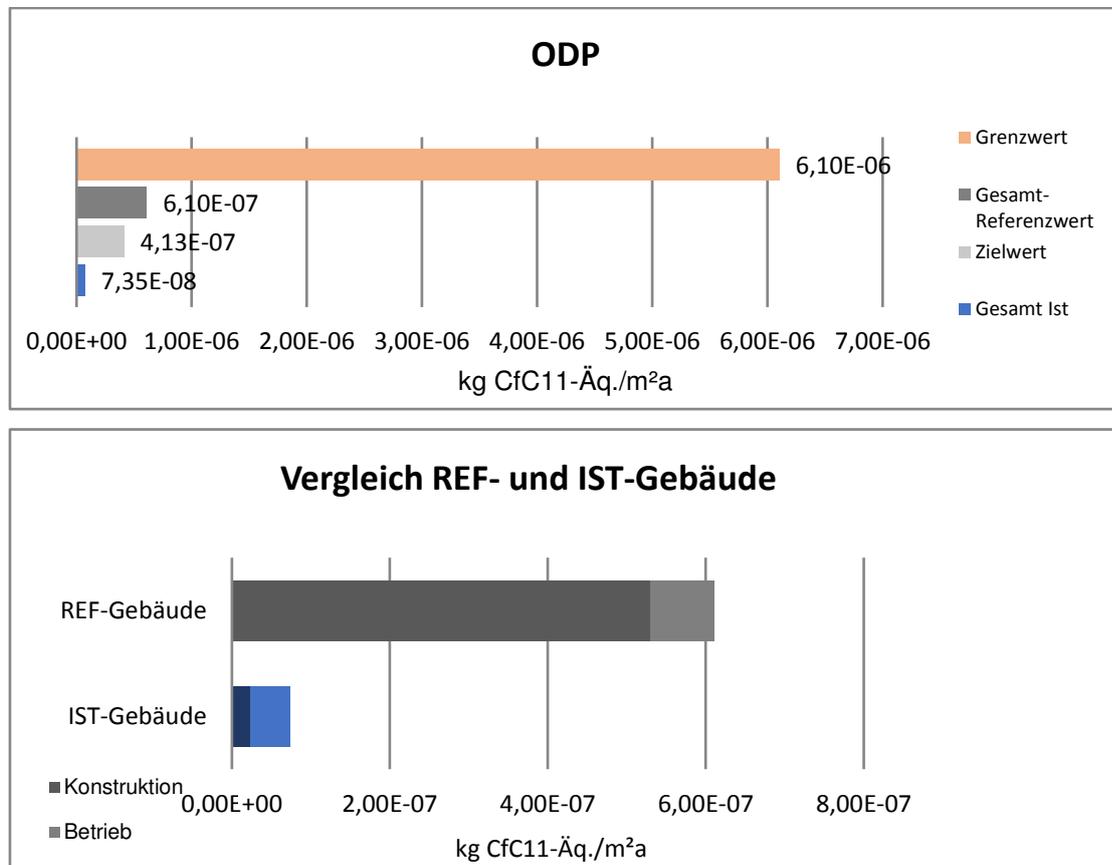


Abbildung 10: ODP-Berechnung

Hierbei wird nochmal, mit wiederum 120 Bewertungspunkten, die hohe ökologische und ökonomische Effizienz des bestehenden Gebäudes unterstrichen. Auslöser des Abbaus sind halogenierte Kohlenwasserstoffe, die z.B. bei der Herstellung von Schaumstoffen oder als Kälte- und Reinigungsmittel eingesetzt werden.

(Alfons Oebbeke 2016)

In der Abbildung 11 wird zwischen dem IST-Gebäude und einem Referenzgebäude bezüglich dem **Ozonbildungspotential (POCP)** mit Grenz- und Zielwerten verglichen. Auch hier wird mit 120 Bewertungspunkten der Platin Status erreicht.

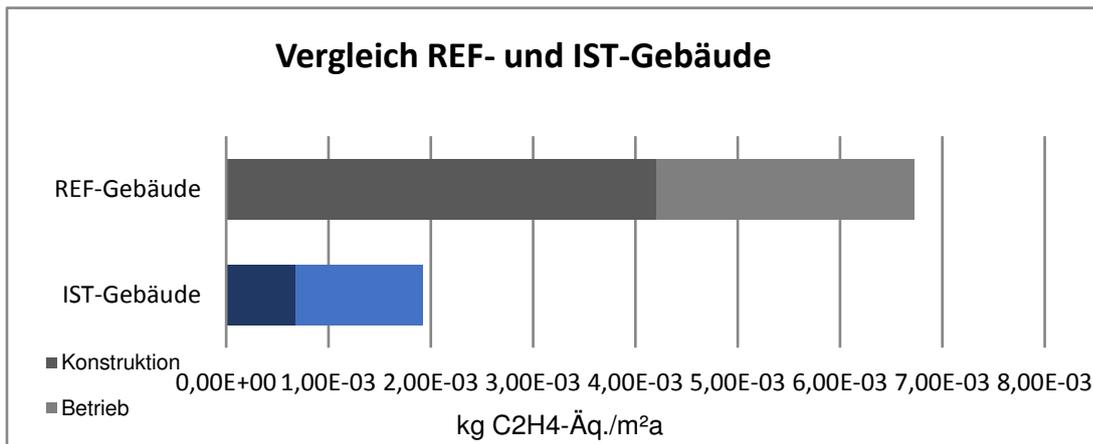
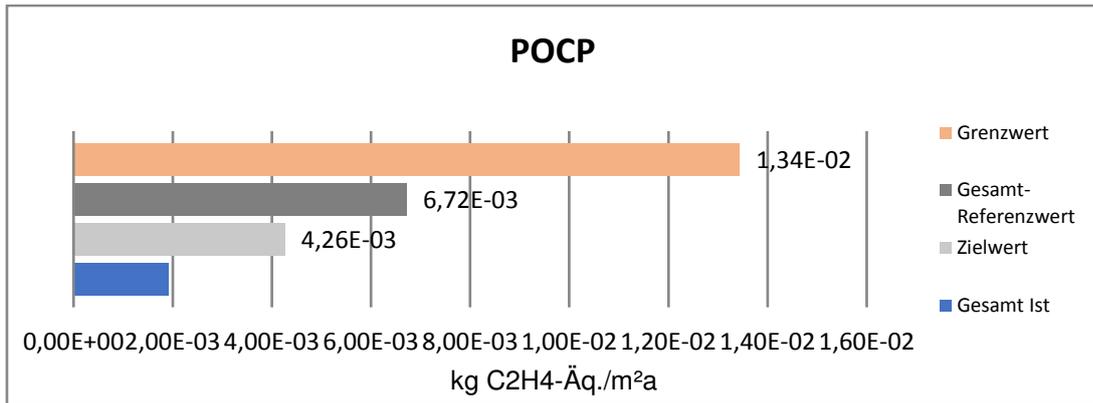


Abbildung 11: POCP Berechnung

Die Wirkung von Ethen (C₂H₄) resultiert aus der Entstehung von aggressiven Reaktionsprodukten wie z.B. flüchtigen organischen Verbindungen (VOC's), Kohlenmonoxid und Stickoxiden, die unter Einwirkung von Sonnenstrahlung hervorgerufen wird. Der „Sommersmog“ kann sich toxisch auf Menschen, Pflanzen und ganze Ökosysteme auswirken. Freigesetzt werden diese Emissionen z.B. durch den Straßenverkehr (Transport von Bau-Produkten) und von Industrieanlagen (Kohlenwasserstoffe).

(Alfons Oebbeke 2016)

Folgende Abbildung 12 zeigt den Vergleich zwischen dem IST-Gebäude und einem Referenzgebäude bezüglich dem **Versauerungspotenzial (AP)** mit Grenz- und Zielwerten.

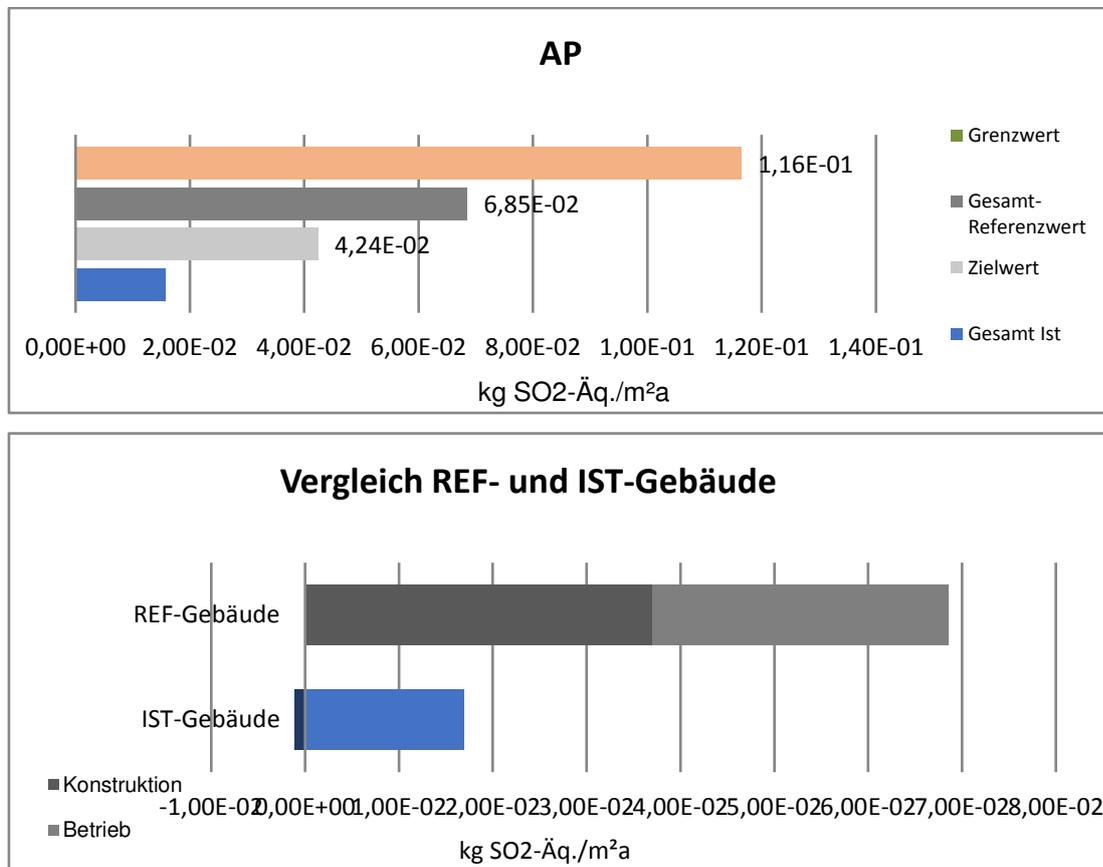


Abbildung 12: AP-Berechnung

Aufgrund der sehr nachhaltigen Konstruktion werden die Gutschriften beim IST-Gebäude negativ dargestellt, wodurch somit auch wiederum 120 Bewertungspunkte erreicht werden.

Bei der Versauerung wird durch die Umwandlung von Luftschadstoffen in Säuren der pH-Wert des Niederschlags verringert. An Gebäuden kann sich dies durch Zersetzung von Naturstein und Korrosion von Metallen negativ auswirken. Die Versauerung kann vor allem aus der Verbrennung schwefelhaltiger fossiler Brennstoffe sowie dem Austreten von Stickoxiden bei Verbrennungsprozessen entstehen.

(Alfons Oebbeke 2016; vgl. Alfons Oebbeke 2016)

In der letzten Bewertung (Abb. 13) der Umwelteinwirkungen wird zwischen dem IST-Gebäude und einem Referenzgebäude bezüglich dem **Überdüngungspotenzial (EP)** mit Grenz- und Zielwerten verglichen.

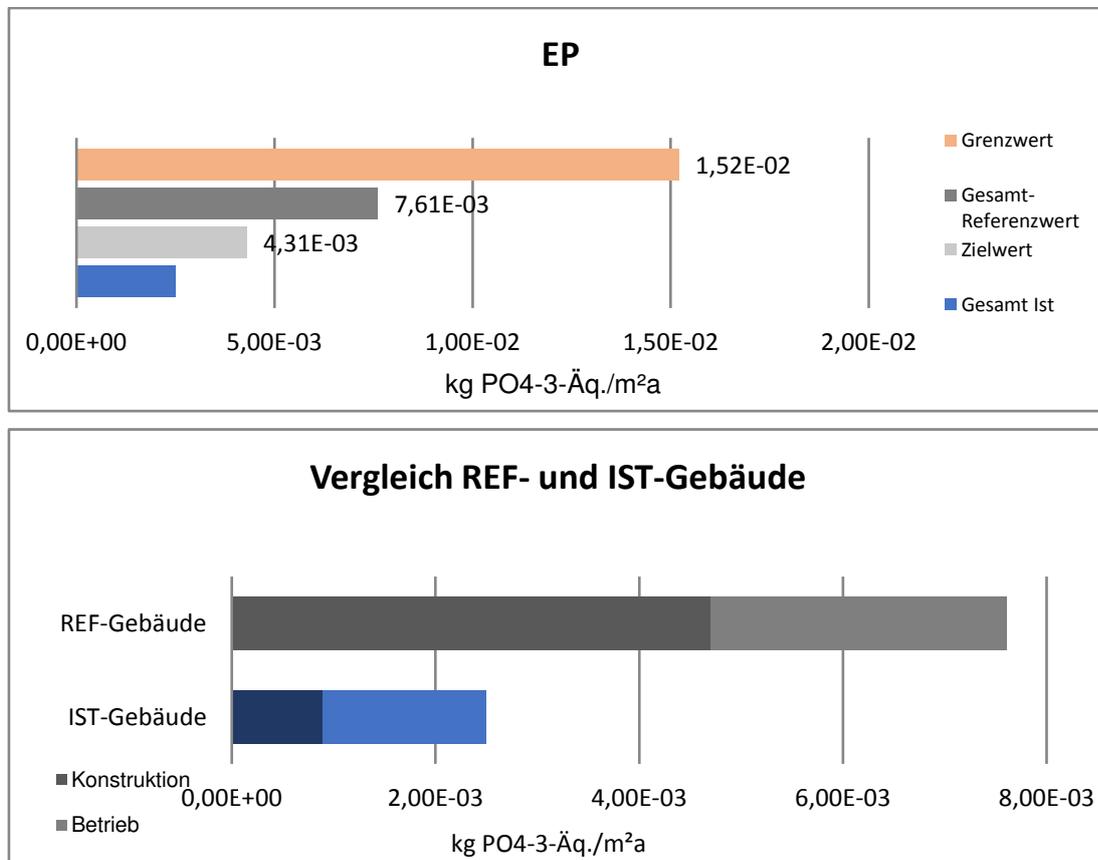


Abbildung 13: EP-Berechnung

Auch das Überdüngungspotenzial des IST-Gebäudes wurde mit 120 Bewertungspunkten, Platin-Status, berechnet. Auch hier wird ersichtlich, dass der Gesamtwert den Zielwert um fast 50% unterschreitet. Bei einer Überdüngung werden Nährstoffe in einem Ökosystem lokal angereichert. Dies macht sich bei Pflanzen durch das Absterben des Gewebes und eine dadurch geringere Resistenz gegen Umwelteinflüsse bemerkbar. Phosphor und Stickstoff z.B. aus Haushalts- und Industrieabwässern tragen dazu bei. (Alfons Oebbeke 2016)

Im folgenden Abschnitt wird die **Ressourceninanspruchnahme** in **Nichtererneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)**, **Erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEe)** und **Gesamtprimärenergiebedarf (PEges)** unterteilt. Der Nichterneuerbare Primärenergiebedarf beschreibt das Verwenden von begrenzten Ressourcen (z.B. Erdöl, Erdgas, Kohle), die zur Herstellung, Nutzung und Entsorgung der Produkte/Materialien benötigt werden. Der Erneuerbare Primärenergiebedarf beschreibt das Verwenden der Energie aus (in diesem Gebäude) Sonne und Wasser, die unendlich vorhanden ist. Beim Gesamtprimärenergiebedarf werden beide (PEne & PEe) zusammengefasst und bewertet. (Alfons Oebbeke 2016)

Der Nichterneuerbare Primärenergiebedarf ist mit 120 Bewertungspunkten wieder sehr gut, was darauf schließen lässt, dass sehr viel der benötigten Energie in diesem Gebäude durch erneuerbare Energiequellen abgedeckt wird. Die Abbildungen 14 & 15 bestätigen diese Aussagen. Bei der Bewertung des Erneuerbaren Primärenergiebedarfs sind laut DGNB begründet maximal 50 Bewertungspunkte zu erreichen. Auch hier liegt das Gebäude im Platin-Bereich.

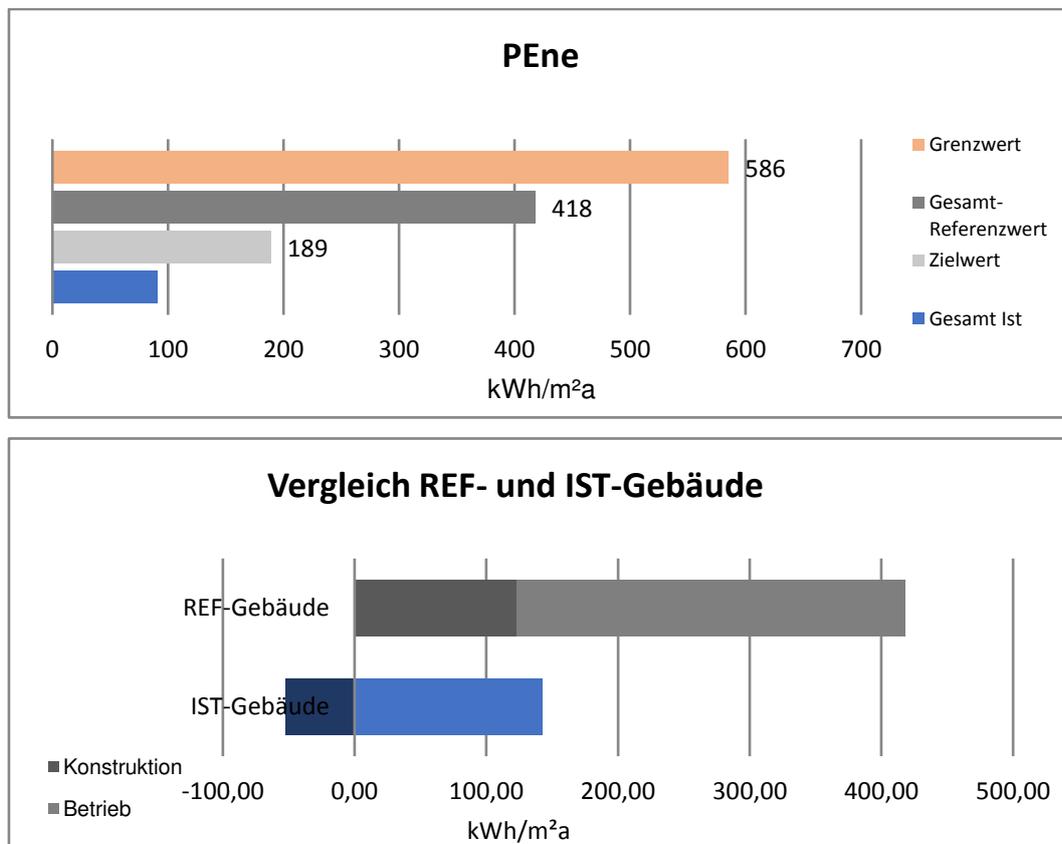


Abbildung 14: PEne-Berechnung

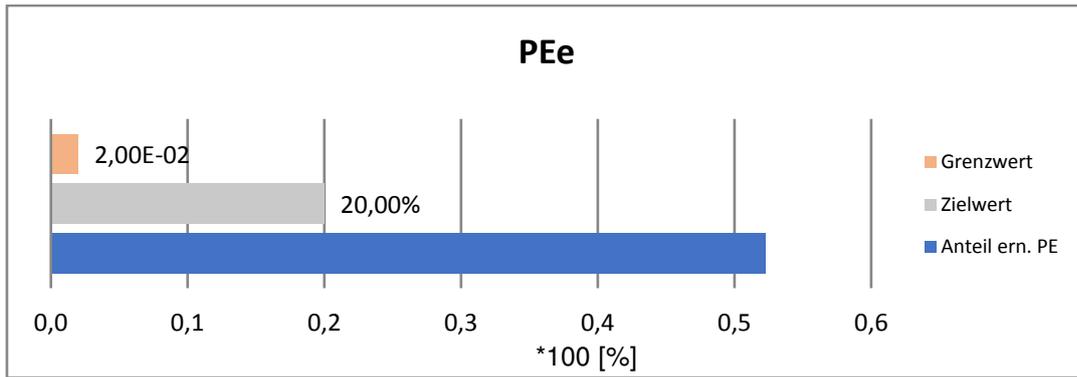


Abbildung 15: PEe-Berechnung

Der Anteil der Erneuerbaren Primärenergie beträgt 52,25%.

Der Gesamtprimärenergiebedarf (Abb. 16) ist mit 101,40 Bewertungspunkten auch schon, wenn auch knapp, im Platin-Bereich nach DGNB.

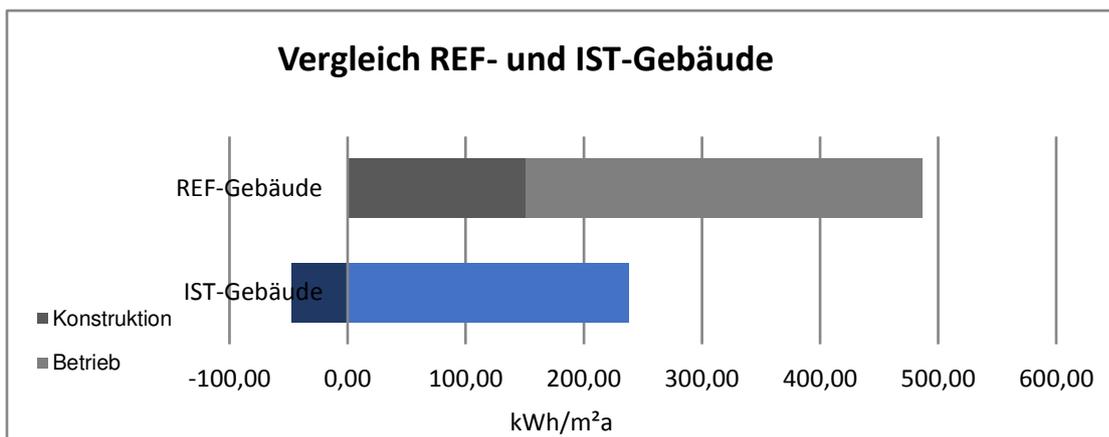
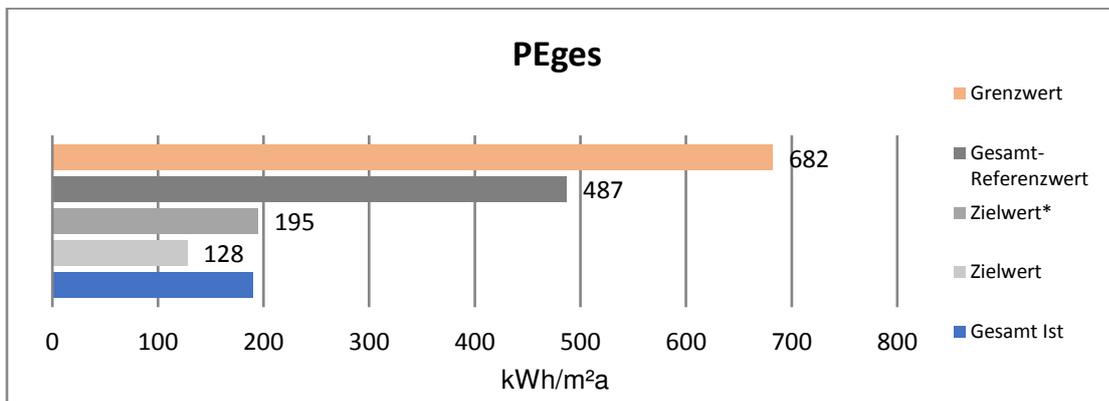


Abbildung 16: PEges-Berechnung

Auffallend ist, dass es zwei Zielwerte (Zielwert, Zielwert*) gibt. Nach DGNB gibt es mittlerweile eine Überschreitung (120 Punkte). Auf Grund dessen gibt es einen Zielwert (Zielwert*) für 120 Punkte und einen Zielwert für die „normalen“ 100 Punkte.

Der Erfüllungsgrad der Ökobilanz beträgt 111,7% = Tendenz Platin.

1.2. Empfehlungen, Gegenmaßnahmen, Verbesserungen

Da das Gebäude, wie auch aus den Bewertungen ersichtlich, schon sehr ökonomisch und ökologisch geplant worden ist, fällt es schwer große Verbesserungen bzw. Maßnahmen herauszufiltern. Vor allem sind die Konstruktionen schon sehr nachhaltig geplant, sodass sich hier keine großen Verbesserungen aufstellen lassen. Jedoch kann man festhalten, dass die größten Emissionen durch die Innenwände (Gipskarton) und dem Dach verursacht werden. Hierin könnte man, wenn man die Ökobilanzierung vor Baubeginn macht, nach Alternativen suchen, wie z.B. für die Innenwände Strohbauplatten oder Lehmbauplatten (siehe Abbildung 17) und für das Dach anstatt einer EPS Dämmung eine Holzfaserplatten-Dämmung (siehe Abbildung 18) verwenden. Beide Vergleiche sind auf einen m³ bezogen.

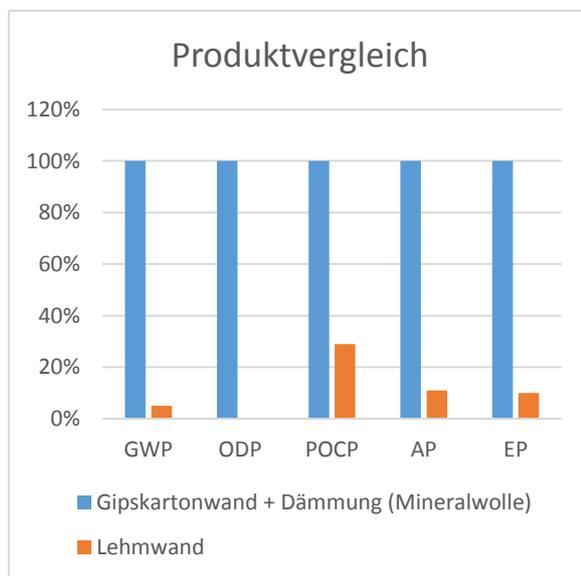


Abbildung 17: Vergleich GK-Lehm

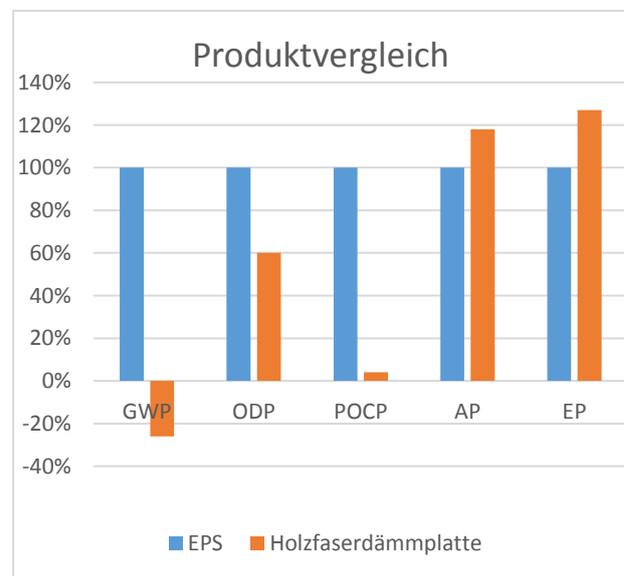


Abbildung 18: Vergleich EPS-Holzfaserplatte

In der Abbildung 18 fällt auf, dass der AP- und der EP-Wert über dem Wert der EPS-Dämmung liegt. Hierbei muss man aber bedenken, dass es sich um Differenzen von ca. 18-25% handelt und wenn man dies mit den niedrigen Werten aus den GWP-, ODP- & POCP-Werten entgegenrechnet/bilanziert dann erhält man in der Summe sicher ein Gesamtniveau unter dem der EPS-Dämmung. Noch dazu ist die Einsparung der GWP-, ODP- & POCP-Werte deutlich größer (>40%) als die höhere Belastung der AP- und EP-Emissionen (zw. 18 & 25 %).

Sicherlich ist auch ein bedeutender Parameter die Stromerzeugung durch Photovoltaik.

Da der Photovoltaikstrom nicht immer komplett genutzt werden kann, könnte man den Überschuss, der bei Verbrauchssenkungen vorhanden ist, beispielsweise speichern und bei trübem Tagen oder in den Nächten wieder ausspeichern. Somit könnte man den Anteil der nichterneuerbaren Primärenergie senken. In den folgenden Abbildungen 19 & 20 werden die Bewertungspunkte der Wirkungskategorien in Abhängigkeit des Ertrags der PV-Anlage, bei gleichbleibender Konstruktion sowie Strom- und Wärmeverbrauchs, dargestellt

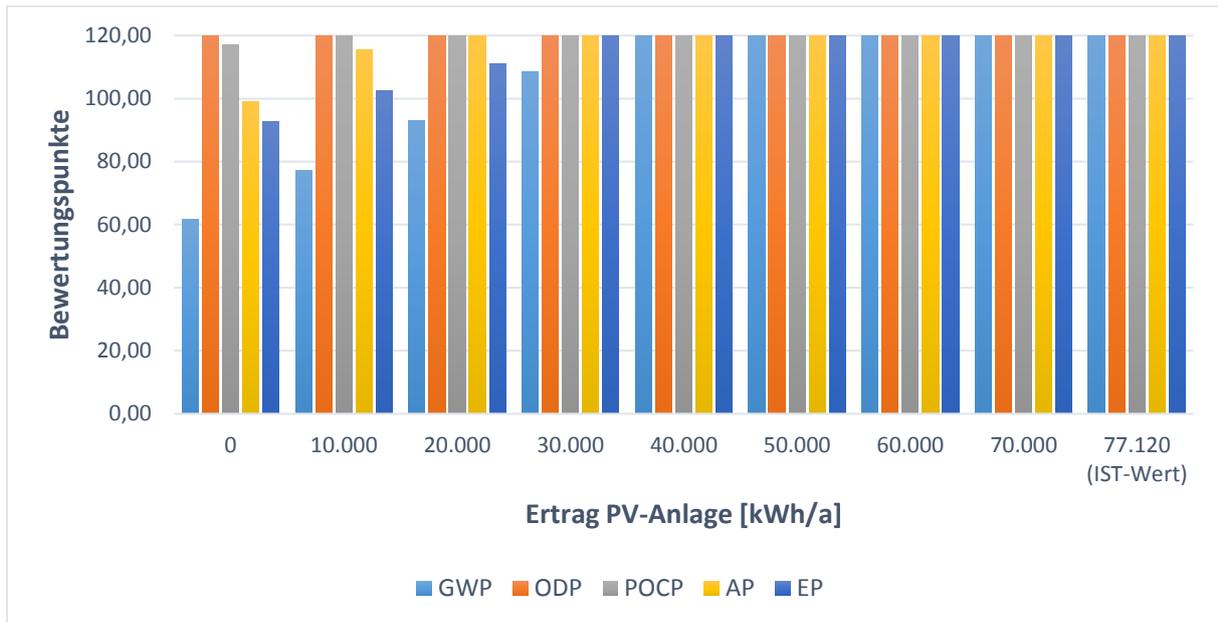


Abbildung 19: Bewertungspunkte der Wirkungskategorien in Abhängigkeit des Ertrags der PV-Anlage

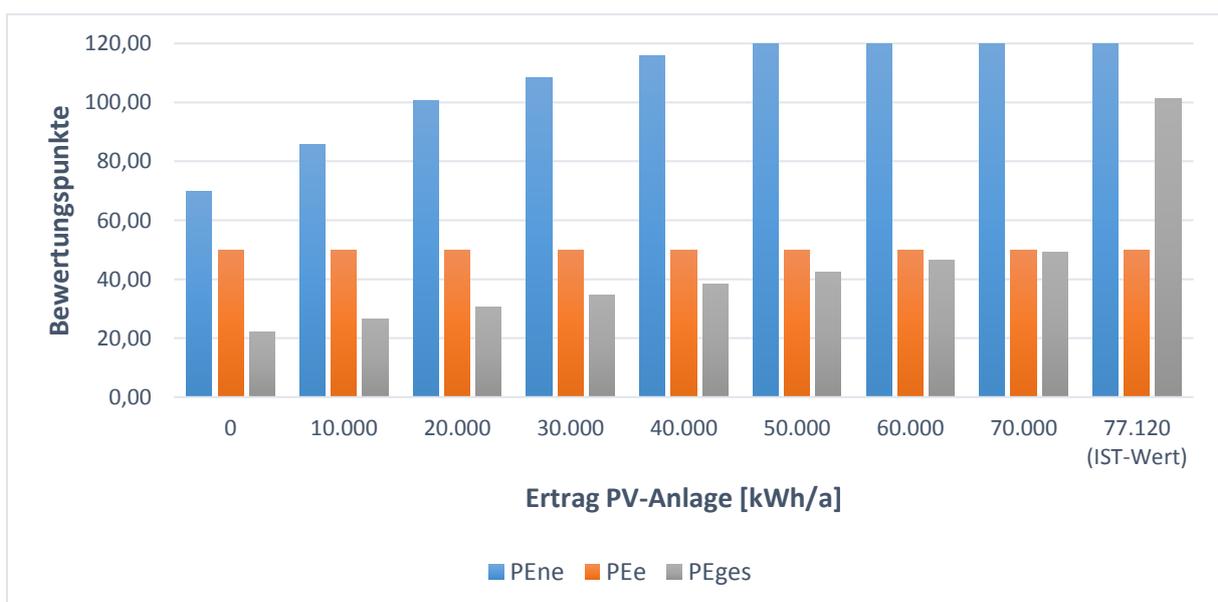


Abbildung 20: Bewertungspunkte der Primärenergie in Abhängigkeit des Ertrags der PV-Anlage

Des Weiteren können geringe Verbesserungen durch das **Ändern der Wärmeversorgung** erreicht werden. In der folgenden Abbildung (Abb. 21) wurde die Wärmeerzeugung mit einer Wärmepumpe durch einen Hackschnitzelkessel ersetzt. Auffallend ist der Balken des GWP's, da hier der Nutzungsanteil auch negativ ausfällt. Grund hierfür ist das Verbrennen von Holz, wie auch schon in vorigen Abschnitten erwähnt.

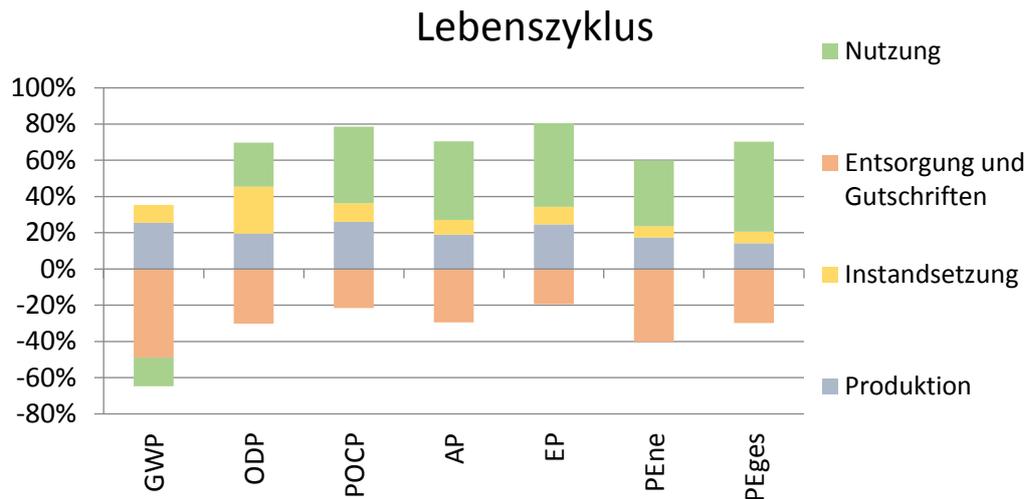


Abbildung 21: Lebenszyklus bei ändern des Wärmeerzeugers

Deutlicher wird dies auch nochmal im **Variantenvergleich** (Abb. 22) der CO₂-Werte.

Variante 1: Wärmepumpe

Variante 2: Hackschnitzelkessel

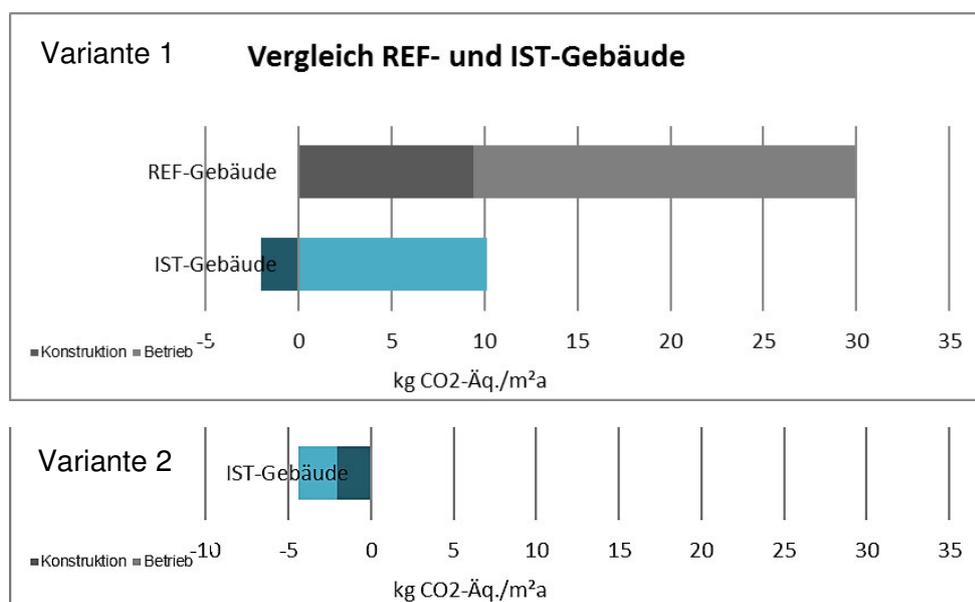


Abbildung 22: Variantenvergleich bezogen auf das GWP

Durch die Umstellung des Versorgungssystems lässt sich feststellen, dass der Anteil der erneuerbaren Primärenergie von 52,25% auf 67,78% anstieg. Bei den Bewertungspunkten änderte sich nichts, da diese schon im Maximalbereich waren. Die minimalen Veränderungen der restlichen Wirkungskategorien wurden nicht veranschaulicht.

III. Schluss

1. Resümee

Abschließend ist festzustellen, dass dieses Gebäude sehr nachhaltig geplant wurde und somit auch die Langlebigkeit des Gebäudes gewährleistet ist. Darüber hinaus muss man erwähnen, dass sich in dem Gebäude auch Mietparteien befinden, und somit auch hier der Aspekt der Langlebigkeit nicht unerheblich ist. Nicht zu vernachlässigen ist, dass man bei einer Ökobilanzierung immer nur eine gewisse Tendenz als Ergebnis erwarten kann, da sich durchaus ausführlichere Bewertungen aufstellen ließen, wobei dies wesentlich mehr Zeit in Anspruch nimmt, die bei dieser Auswertung und auch bei Auswertungen vor Baubeginn sehr selten vorhanden sein wird. Auffällig sind bei der aktuellen Auswertung jedoch die, nahezu in jeder Wirkungskategorie, vollen 120 bzw. 50 Bewertungspunkte. Hierbei ist fraglich ob dieses Ergebnis zu hundert Prozent realistisch ist. Aber wie schon erwähnt, soll so eine Bilanzierung Tendenzen und grobe Auffälligkeiten beleuchten. Genau dies soll aber auch der Sinn bzw. das Ziel einer solchen LCA sein, wenn man diese vor Baubeginn durchführt, da so eventuell Konstruktionen oder auch technische Anlagen nochmals verbessert werden können.

2. Sinnhaftigkeit LCA (zukünftig)

Hierbei sollte man sich überlegen, ob es Sinn macht den Aufwand einer Ökobilanzierung vor jedem Baubeginn aufzunehmen. Auch ist die Frage ob eine LCA überhaupt für private Bauherrn verstanden bzw. angenommen und in Erwägung gezogen wird. Sicherlich sollte man hierbei den laufenden Klimawandel nicht ganz aus den Augen verlieren, da ein gewisses Umdenken bei der Bevölkerung doch stattfinden sollte. Wenn man jedoch z.B. eine Parallele zur Autoindustrie zieht, wie viele Menschen bei einem Autokauf auf den CO₂-Austoss achten, dann kann man davon ausgehen, dass bei einem Hausbau dies noch weniger interessiert, denn hier sind in allererster Linie Kosten und Zeit die großen Faktoren. Dennoch könnte man sich überlegen, wie man die Menschen mehr auf die Umweltbelastungen bei einem Haus über den kompletten Lebenszyklus sensibilisiert. Eine Möglichkeit wäre, mit gesetzlichen Vorgaben die Menschen dazu zu zwingen bestimmte Werte einzuhalten oder sie zu verpflichten für jeden Neubau eine Ökobilanzierung vorlegen zu müssen,

wie es beispielsweise derzeit mit einem Energieausweis basierend der ENEC gehandhabt wird. Auf diese Weise würde die LCA eine ganz neue Bedeutung gewinnen. Darüber hinaus ist es so, dass eine Ökobilanzierung auch eine Aussage trifft, in welchem Status man sich nach einer **DGNB-Zertifizierung** befinden würde. Hierbei ist jedoch zu betonen, dass eine Ökobilanzierung nur die ökonomischen und ökologischen Aspekte einer DGNB-Zertifizierung abdecken. Denn wenn man sich ein Zertifikat nach DGNB ausstellen lassen möchte, bedarf es mehrere Kriterien zu erfüllen. Hierzu gehören noch die soziokulturelle und funktionale Qualität, die technische Qualität, sowie die Prozess-Qualität. Jedoch sollte man auch die Qualität des Standorts nicht ganz aus den Augen verlieren. (siehe Abbildung 23)



Abbildung 23: Übersicht – DGNB-Zertifikatskriterien (junginger)

So wird ersichtlich, dass man eine Ökobilanzierung für mehrere Faktoren anwenden/erstellen kann.

3. Eigene Einschätzung

Zusammenfassend kann ich festhalten, dass das Erstellen einer Ökobilanzierung viele nützliche Informationen sowohl für den Bauherrn als auch für eine eventuelle spätere DGNB Zertifizierung liefert. Auch sollte man sich in höheren Ebenen auch mal die Frage stellen, ob eine LCA nicht auch vielleicht eine immer mehr ausgereizte ENEC-Verordnung ablösen könnte. Jedoch wird eine Ökobilanzierung, solange noch nicht gesetzlich verpflichtend, die meisten Menschen nicht interessieren bzw. wenn dann nur in Großprojekten zur DGNB-Zertifizierung Anwendung finden. Zu groß ist der derzeitige Zeit- und Kostendruck in der Baubranche. Ich bin mir allerdings sicher, dass die ökologischen und ökonomischen Aspekte zukünftig immer mehr, auch branchenübergreifend, an Bedeutung gewinnen werden.



Abbildung 24: (Wiedenroth 2015)

IV. Literatur- und Abbildungsverzeichnis

Literaturverzeichnis

- ift_Richtlinie_Ökobilanzen_rev2, zuletzt geprüft am 23.05.2016.
- Ökobilanzierung - Fraunhofer IBP (2016a). Online verfügbar unter <http://www.ibp.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/ganzheitliche-bilanzierung/oekobilanzierung.html>, zuletzt aktualisiert am 09.05.2016, zuletzt geprüft am 09.05.2016.
- Ökobilanzierung - Fraunhofer IBP (2016b). Online verfügbar unter <http://www.ibp.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/ganzheitliche-bilanzierung/oekobilanzierung.html>, zuletzt aktualisiert am 09.05.2016, zuletzt geprüft am 23.05.2016.
- Alfons Oebbeke (2016): Ökobilanz / Ökobilanzierung von Gebäuden - Fachbeitrag von Dipl.-ing Joost Hartwig zur Gebäudeökobilanzierung. Alfons Oebbeke. Online verfügbar unter <http://www.baulinks.de/architektur/oekobilanz-oekobilanzierung.php>, zuletzt aktualisiert am 02.06.2016, zuletzt geprüft am 02.06.2016.
- Draeger, Susan: 151022-pr-sd-Ökobilanz, zuletzt geprüft am 13.06.2016.
- Im BBSR, ÖKOBAU DAT: ÖKOBAUDAT. Online verfügbar unter <http://www.oekobaudat.de/>, zuletzt geprüft am 23.05.2016.
- Informationsportal Nachhaltiges Bauen des BMVBS: Informationsportal Nachhaltiges Bauen: Baustoff- und Gebäudedaten - Nutzungsdauern von Bauteilen. Online verfügbar unter <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html>, zuletzt geprüft am 25.05.2016.

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: <http://www.eichenseher.net/images/bg.jpg>
- Abbildung 2: Vorlesungsskript: Draeger, Susan: 151022-pr-sd-Ökobilanz, zuletzt geprüft am 13.06.2016.
- Abbildung 3: Ökobilanzierung - Fraunhofer IBP (2016b). Online verfügbar unter <http://www.ibp.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/ganzheitliche-bilanzierung/oekobilanzierung.html>, zuletzt aktualisiert am 09.05.2016, zuletzt geprüft am 23.05.2016.
- Abbildung 4: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 5: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 6: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 7: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 8: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 9: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 10: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 11: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 12: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 13: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 14: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 15: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 16: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 17: Eigene Darstellung
- Abbildung 18: Eigene Darstellung
- Abbildung 19: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 20: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 21: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 22: Eigene Darstellung (SBS-tool-Auswertung)
- Abbildung 23: junginger, m.: Microsoft PowerPoint - DGNB Themen- und Grundlagenwissen, zuletzt geprüft am 12.06.2016.
- Abbildung 24: Wiedenroth, Götz (2015): Karikatur+Cartoon+Satire+Politik+Wirtschaft+Zeichnung+Illustration+Auftragszeichnungen+Auftragskarikatur. Online verfügbar unter http://www.wiedenroth-karikatur.de/02_WirtKari090630_Energie_Klimaschutz_Solarzellen_Solartechnologie_China_Kohlekraftwerke.html, zuletzt aktualisiert am 14.10.2015, zuletzt geprüft am 12.06.2016.

V. Anhang

- DGNB-Auswertung (SBS-tool)



Systemversion NBV15 vereinfachtes Verfahren

Bürogebäude Eichenseher

Pfaffenhofen a. d. Ilm

Objektbeschreibung

Bürogebäude "Eichenseher Ingenieure"

Auftraggeber

OTH-Regensburg

Autor

Florian Schreiner

Punkte "emissionsbedingte Umwelteinwirkungen"

120,0

Punkte "Ökobilanz - Primärenergie"

100,0

Erfüllungsgrad "Ökobilanz"

111,7%

Wert \geq 80%

Tendenz Gold

65% \leq Wert $<$ 80%

Tendenz Silber

50% \leq Wert $<$ 65%

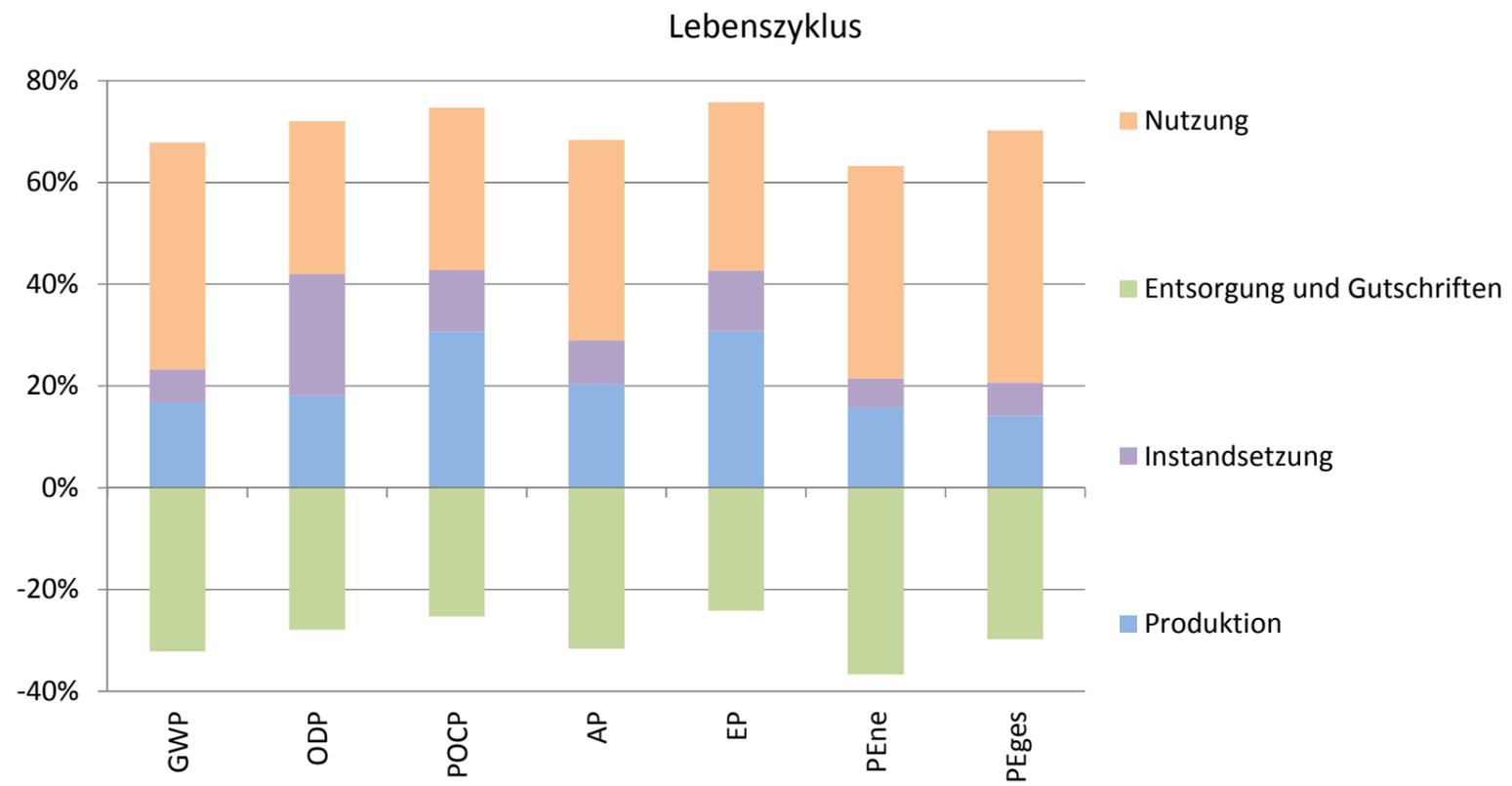
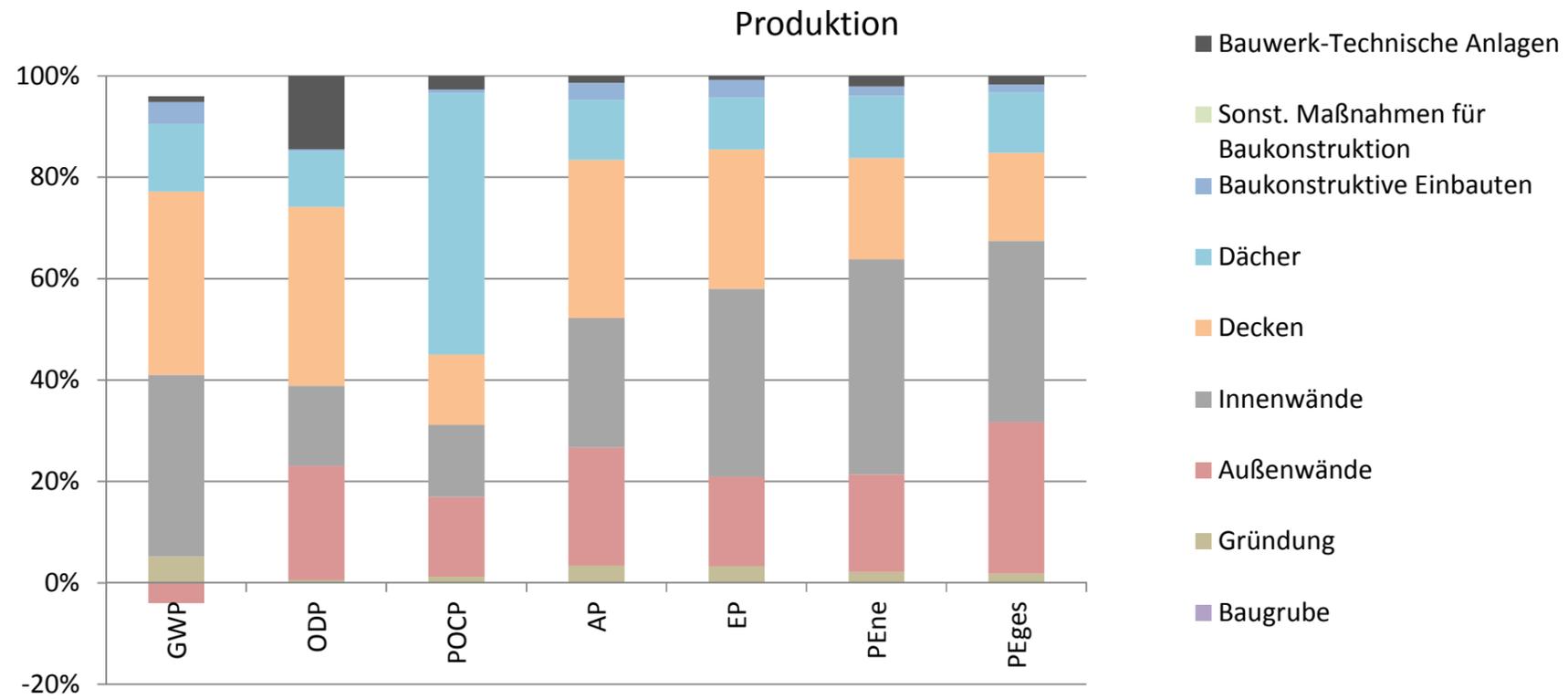
Tendenz Bronze

Wert $<$ 50%

Tendenz kein Zertifikat

Überblick über die LCA Ergebnisse		vereinfachtes Verfahren					Bürogebäude Eichenseher			50 Jahre					
01.06.2016 - 09:18 Uhr		Treibhaus-potenzial	Ozonschicht-abbaupotenzial	Ozonbildungs-potenzial	Versauerungs-potenzial	Überdüngungs-potenzial	Nichternewbarer Primärenergiebedarf	Gesamtprimär-energiebedarf	Abiotischer Ressourcenverbrauch - Stofflich	Abiotischer Ressourcenverbrauch - Fossil	Wasserverbrauch				
Einheit		[kg/(m²NGF*a)]	[kg/m²NGF*a]	[kg/m²NGF*a]	[kg/m²NGF*a]	[kg/m²NGF*a]	[MJ/m²NGF*a]	[MJ/m²NGF*a]	[kg/(m²NGF*a)]	[MJ/m²NGF*a]	[m³/m²NGF*a]				
Gesamter Lebenszyklus		A-D	Gref	Gesamtwert (K+N)	29,89	6,10E-07	6,72E-03	6,85E-02	7,61E-03	418	487				
Referenzgebäude	Produktion	A	Kref	Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung	9,40	5,30E-07	4,20E-03	3,70E-02	4,70E-03	123	151	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
	Instandhaltung	B2													
	Abfallbehandlung zur Wiederverwendung, Rückgewinnung und/ oder Recycling	C3													
	Deponierung	C4													
	Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze	D													
Ist- Gebäude	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes	B6	Nref	Betrieb	20,49	8,03E-08	2,52E-03	3,15E-02	2,91E-03	295	336	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
			Nsref	Strombedarf	16,15	8,00E-08	1,98E-03	2,68E-02	2,58E-03	229	268				
			Nwref	Wärmebedarf	4,34	3,13E-10	5,38E-04	4,69E-03	3,30E-04	66	68				
			Naref	Strom- und Wärmebedarf Nutzersaustattung	0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0	0				
	Gesamter Lebenszyklus	A-D	Gist	Gesamtwert (K+N)	8,11	7,35E-08	1,92E-03	1,58E-02	2,50E-03	91	190	-87	155	24500	
	Produktion	A1	Rohstoffgewinnung												
		A2	Transport zum Hersteller			3,81	3,01E-08	1,19E-03	8,75E-03	1,49E-03	54,19	68	0	45	5422
		A3	Herstellung												
		KG 310	Baugrube			0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
		KG 320	Gründung			0,22	1,66E-10	1,46E-05	2,99E-04	4,90E-05	1	1	3,54E-07	1,03E+00	6,62E-02
		KG 330	Außenwände			-0,17	6,79E-09	1,87E-04	2,04E-03	2,63E-04	10	20	5,81E-05	9,47E+00	2,41E+01
		KG 340	Innenwände			1,48	4,76E-09	1,69E-04	2,24E-03	5,53E-04	23	24	1,08E-04	2,18E+01	5,10E-02
		KG 350	Decken			1,50	1,06E-08	1,65E-04	2,73E-03	4,10E-04	11	12	1,34E-03	7,00E+00	5,25E+03
		KG 360	Dächer			0,55	3,30E-09	6,14E-04	1,04E-03	1,52E-04	7	8	1,42E-03	3,25E+00	1,52E+02
		KG 370	Baukonstruktive Einbauten			0,18	1,16E-10	9,36E-06	2,91E-04	5,23E-05	1	1	2,73E-07	8,89E-01	5,15E-02
KG 390	Sonst. Maßnahmen für Baukonstruktion			0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
KG 400	Bauwerk-Technische Anlagen			0,05	4,37E-09	3,18E-05	1,22E-04	1,20E-05	1	1	1,04E-06	1,08E+00	0,00E+00		
Errichtung des Bauwerks	A4	Transport zur Baustelle			nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
	A5	Einbau in das Gebäude			nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
Nutzung	B1	Nutzung oder Anwendung des eingebauten Produkts			nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
	B2	Instandhaltung			1,47	3,99E-08	4,67E-04	3,75E-03	5,75E-04	19	31	3,44E-03	1,07E+01	1,89E+04	
	B3	Reparatur			nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
	B4	Ersatz			nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
	B5	Erneuerung			nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
	B6	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes			10,14	5,00E-08	1,24E-03	1,69E-02	1,60E-03	143	238	8,31E-07	1,02E+02	2,46E+01	
	B6	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes			21,18	1,04E-07	2,59E-03	3,51E-02	3,37E-03	298	419	1,74E-06	2,12E+02	5,14E+01	
B6	Stromreduktion durch PV Anlage (30 Jahre)			-11,04	-5,4346E-08	-0,001348914	-0,018233356	-0,001770229	-155	-182	-9,06357E-07	-110,6570004	-26,765859		
Entsorgung	B7	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes			nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
	C1	Rückbau, Abriss			nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
	C2	Transport zur Abfallbehandlung			nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	nicht deklariert	
	C3	Abfallbehandlung zur Wiederverwendung,													
Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze	D	Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze			1,36	-3,82E-09	7,85E-05	7,28E-04	2,20E-04	-3	-4	-4,29E-04	-1,98E+00	1,04E+02	
		Gutschriften Strom aus Photovoltaik (20 Jahre)			-8,67	-4,27071E-08	-0,001060026	-0,014328431	-0,00139111	-122	-143	-8,70E+01	0,00E+00	0,00E+00	

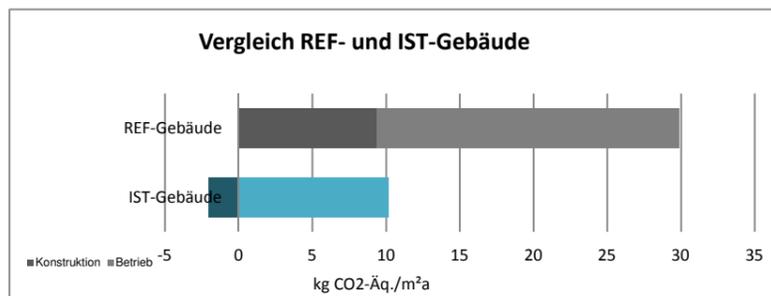
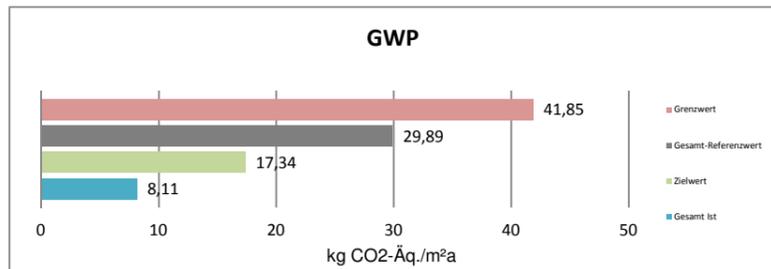
Allgemeine Informationen			
BGFa [m²]	2510,21	Anzahl der Geschosse	3
NGFa [m²]	2217,51	Wärmeerzeugung	
A/V [m-1]	0,38	Art der Wärmeerzeugung	Sohle-Wasser-Wärmepumpe 1:4
BRI [m³]	8543,30	Energieträger	Eisspeicher
Dachfläche [m²]	600,00	Kühlung	
Fassadenfläche [m²]	980,00	Art der Kühlung	Betonkernaktivierung
Innenwandfläche [m²]	1300,00	Energieträger	Eisspeicher
Deckenfläche [m²]	1610,00	EnEV Version	EnEV 2009
Fundament/ Bodenplatte [m²]	67,80	Zeitpunkt der Erstellung der EnEV Berechnung	
Angaben zum Energieverbrauch des Gebäudes			
Heizwärmebedarf [kWh/a]			43500
Kühlenergiebedarf [kWh/a]			65425
Strombedarf [kWh/a]			
Stromerzeugung Photovoltaik [kWh/a]			77120



GWP-Berechnung

IST-Gebäude	
Konstruktion	
Ist-Wert K_{ist}	-2,03 kg CO ₂ -Äq./m ² a
Betrieb	
Ist-Wert N_{ist}	10,14 kg CO₂-Äq./m²a
Gesamt Ist	8,11 kg CO₂-Äq./m²a
REF-Gebäude	
Konstruktion	
Referenzwert K_{ref}	9,40 kg CO ₂ -Äq./m ² a
Betrieb	
Referenzwert N_{ref}	20,49 kg CO ₂ -Äq./m ² a
Wärme REF	4,34 kg CO ₂ -Äq./m ² a
Strom REF	16,15 kg CO ₂ -Äq./m ² a
Strom und Wärme	
Nutzer Ausstattung	0,00 kg CO ₂ -Äq./m ² a
Gesamt-Referenzwert	29,89 kg CO₂-Äq./m²a
Zielwert	17,34 kg CO ₂ -Äq./m ² a
Grenzwert	41,85 kg CO ₂ -Äq./m ² a

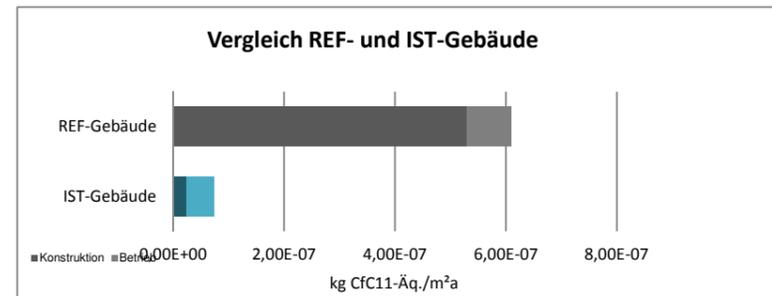
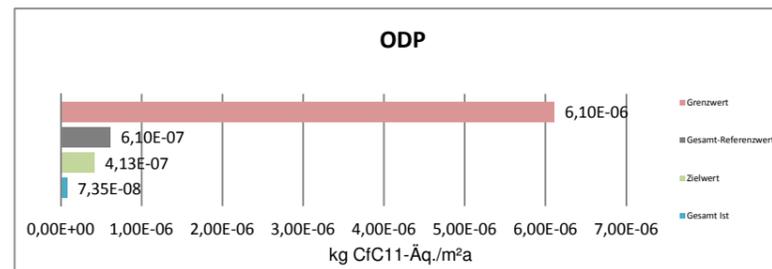
Bewertungspunkte GWP 120,00



ODP-Berechnung

IST-Gebäude	
Konstruktion	
Ist-Wert K_{ist}	2,35E-08 kg CFC ₁₁ -Äq./m ² a
Betrieb	
Ist-Wert N_{ist}	5,00E-08 kg CFC ₁₁ -Äq./m ² a
Gesamt Ist	7,35E-08 kg CFC₁₁-Äq./m²a
REF-Gebäude	
Konstruktion	
Referenzwert K_{ref}	5,30E-07 kg CFC ₁₁ -Äq./m ² a
Betrieb	
Referenzwert N_{ref}	8,03E-08 kg CFC ₁₁ -Äq./m ² a
Wärme REF	3,13E-10 kg CFC ₁₁ -Äq./m ² a
Strom REF	8,00E-08 kg CFC ₁₁ -Äq./m ² a
Strom und Wärme	
Nutzer Ausstattung	0,00E+00 kg CFC ₁₁ -Äq./m ² a
Gesamt-Referenzwert	6,10E-07 kg CFC₁₁-Äq./m²a
Zielwert	4,13E-07 kg CFC ₁₁ -Äq./m ² a
Grenzwert	6,10E-06 kg CFC ₁₁ -Äq./m ² a

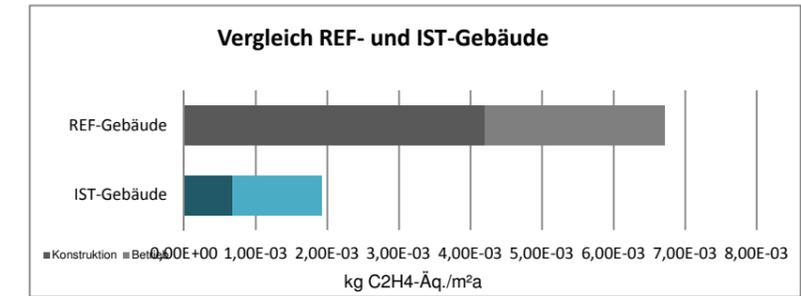
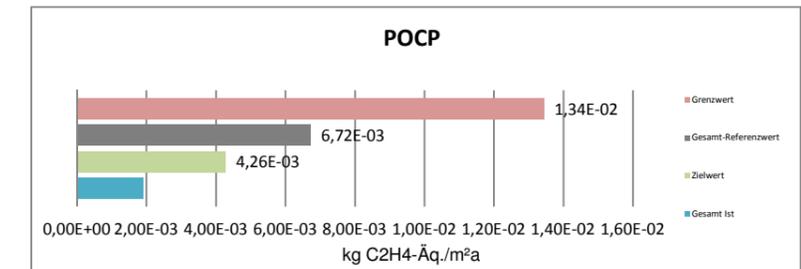
Bewertungspunkte ODP 120,00



POCP-Berechnung

IST-Gebäude	
Konstruktion	
Ist-Wert K_{ist}	6,76E-04 kg C ₂ H ₄ -Äq./m ² a
Betrieb	
Ist-Wert N_{ist}	1,24E-03 kg C ₂ H ₄ -Äq./m ² a
Gesamt Ist	1,92E-03 kg C₂H₄-Äq./m²a
REF-Gebäude	
Konstruktion	
Referenzwert K_{ref}	4,20E-03 kg C ₂ H ₄ -Äq./m ² a
Betrieb	
Referenzwert N_{ref}	2,52E-03 kg C ₂ H ₄ -Äq./m ² a
Wärme REF	5,38E-04 kg C ₂ H ₄ -Äq./m ² a
Strom REF	1,98E-03 kg C ₂ H ₄ -Äq./m ² a
Strom und Wärme	
Nutzer Ausstattung	0,00E+00 kg C ₂ H ₄ -Äq./m ² a
Gesamt-Referenzwert	6,72E-03 kg C₂H₄-Äq./m²a
Zielwert	4,26E-03 kg C ₂ H ₄ -Äq./m ² a
Grenzwert	1,34E-02 kg C ₂ H ₄ -Äq./m ² a

Bewertungspunkte POCP 120,00



AP-Berechnung

IST-Gebäude

Konstruktion

Ist-Wert K_{ist} -1,11E-03 kg SO₂-Äq./m²a

Betrieb

Ist-Wert N_{ist} 1,69E-02 kg SO₂-Äq./m²a

Gesamt Ist 1,58E-02 kg SO₂-Äq./m²a

REF-Gebäude

Konstruktion

Referenzwert K_{ref} 3,70E-02 kg SO₂-Äq./m²a

Betrieb

Referenzwert N_{ref} 3,15E-02 kg SO₂-Äq./m²a

Wärme REF 4,69E-03 kg SO₂-Äq./m²a

Strom REF 2,68E-02 kg SO₂-Äq./m²a

Strom und Wärme 0,00E+00 kg SO₂-Äq./m²a

Nutzer Ausstattung 0,00E+00 kg SO₂-Äq./m²a

Gesamt-Referenzwert 6,85E-02 kg SO₂-Äq./m²a

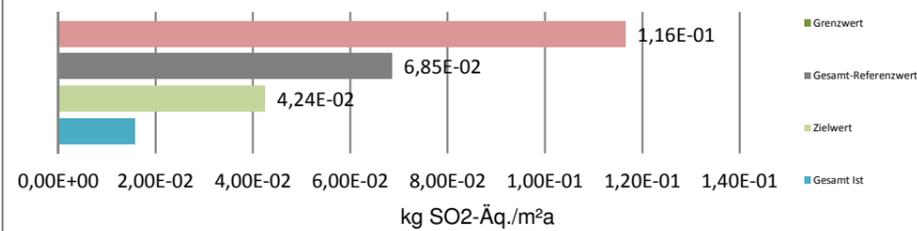
Zielwert 4,24E-02 kg SO₂-Äq./m²a

Grenzwert 1,16E-01 kg SO₂-Äq./m²a

Bewertungspunkte AP

120,00

AP



EP-Berechnung

IST-Gebäude

Konstruktion

Ist-Wert K_{ist} 8,95E-04 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

Betrieb

Ist-Wert N_{ist} 1,60E-03 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

Gesamt Ist 2,50E-03 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

REF-Gebäude

Konstruktion

Referenzwert K_{ref} 4,70E-03 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

Betrieb

Referenzwert N_{ref} 2,91E-03 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

Wärme REF 3,30E-04 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

Strom REF 2,58E-03 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

Strom und Wärme 0,00E+00 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

Nutzer Ausstattung 0,00E+00 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

Gesamt-Referenzwert 7,61E-03 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

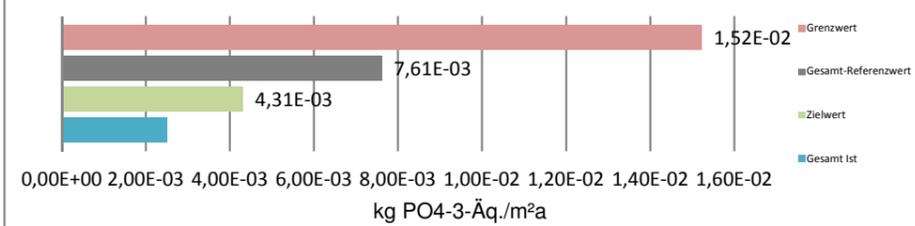
Zielwert 4,31E-03 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

Grenzwert 1,52E-02 kg PO₄⁻³-Äq./m²a

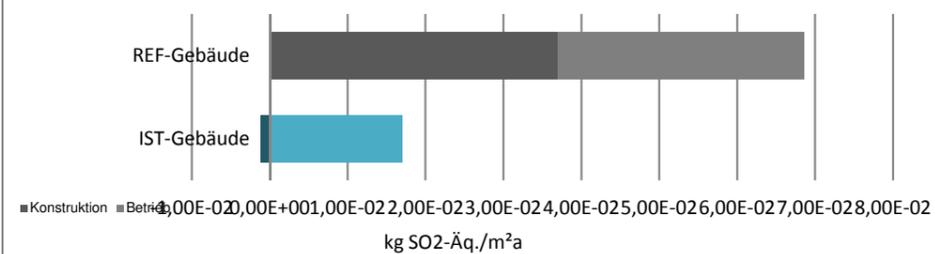
Bewertungspunkte EP

120,00

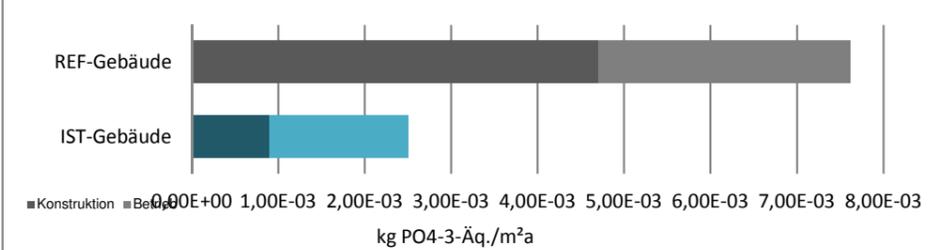
EP



Vergleich REF- und IST-Gebäude



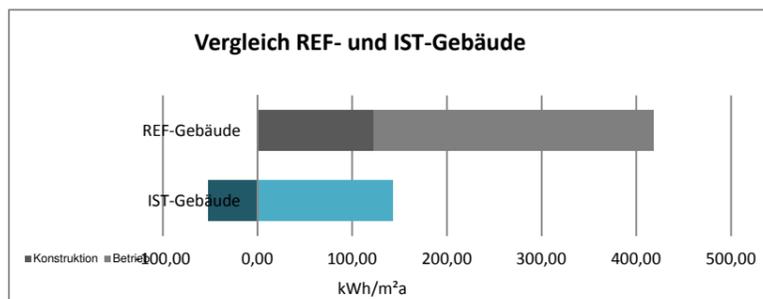
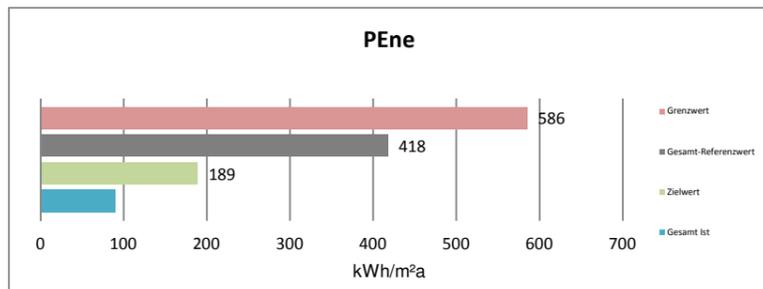
Vergleich REF- und IST-Gebäude



PEne-Berechnung

IST-Gebäude	
Konstruktion	
Ist-Wert K_{ist}	-52 MJ/m ² a
Betrieb	
Ist-Wert N_{ist}	143 MJ/m ² a
Gesamt Ist	91 MJ/m²a
REF-Gebäude	
Konstruktion	
Referenzwert K_{ref}	123 MJ/m ² a
Betrieb	
Referenzwert N_{ref}	295 MJ/m ² a
Wärme REF	66 MJ/m ² a
Strom REF	229 MJ/m ² a
Strom und Wärme Nutzerausstattung	0 MJ/m ² a
Gesamt-Referenzwert	418 MJ/m²a
Zielwert	189 MJ/m ² a
Grenzwert	586 MJ/m ² a

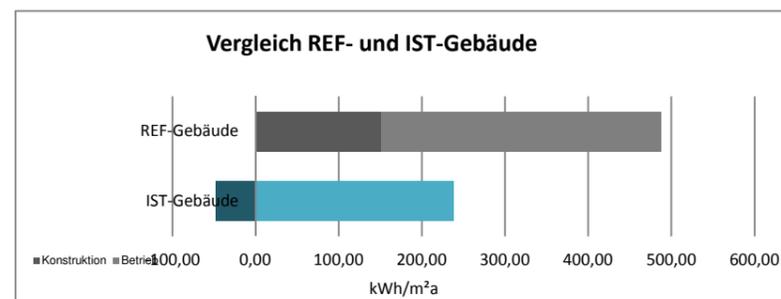
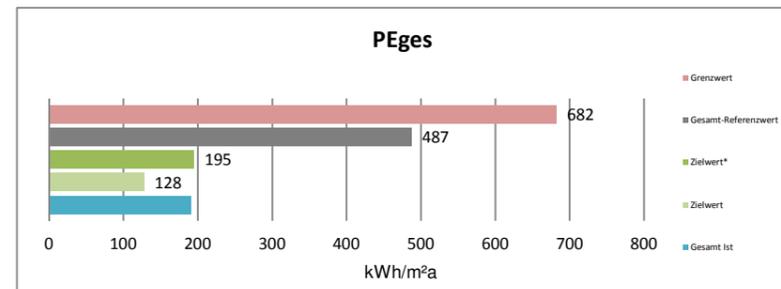
Bewertungspunkte PEne 120,00



PEges-Berechnung

IST-Gebäude	
Konstruktion	
Ist-Wert K_{ist}	-47 MJ/m ² a
Betrieb	
Ist-Wert N_{ist}	238 MJ/m ² a
Gesamt Ist	190 MJ/m²a
REF-Gebäude	
Konstruktion	
Referenzwert K_{ref}	151 MJ/m ² a
Betrieb	
Referenzwert N_{ref}	336 MJ/m ² a
Wärme REF	68 MJ/m ² a
Strom REF	268 MJ/m ² a
Strom und Wärme Nutzerausstattung	0 MJ/m ² a
Gesamt-Referenzwert	487 MJ/m²a
Zielwert	128 MJ/m ² a
Zielwert*	195 MJ/m ² a
Grenzwert	682 MJ/m ² a

Bewertungspunkte PEges 101,40



PEe-Berechnung

PEe	99,4034814 MJ/m²a
PEges	190,234 MJ/m²a
Anteil ern. PE	52,25%
Zielwert	20,00%
Grenzwert	2,00E-02

Bewertungspunkte PEe 50,00

