

Systemaufbau eines Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechners zur Beurteilung energieeffizienter Maßnahmen in Neubau und Sanierung von Gebäuden

Diplomarbeit
von
David Martin Frick

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

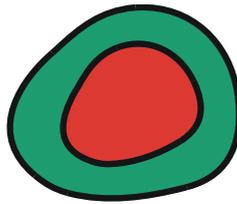
Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie

O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Ulrich Bauer

Graz, im Dezember 2011

In Kooperation mit:

Energieinstitut Vorarlberg



Energieinstitut Vorarlberg 

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....

date

.....

(signature)

Kurzfassung

Die Abteilung Solararchitektur im Energieinstitut Vorarlberg (EIV) setzt sich für die Verbreitung von energieeffizienten Gebäuden mit Schwerpunkt Passivhaus ein. Im Zuge von Beratungen konnte bis jetzt über die Wirtschaftlichkeit von energieeffizienten Maßnahmen im Hochbau keine ausreichende Aussage getroffen werden. Deshalb ist der Bedarf nach einem einfach zu bedienenden Werkzeug entstanden, welches für verschiedene Varianten von Bauvorhaben mit unterschiedlicher energetischer Güte anwendbar ist. Es soll leicht verständlich sein und geeignete Methoden verwenden, um Entscheidungsargumente hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Ökologie liefern zu können. Das EIV hat darum, unterstützt durch mehrere Projektteilnehmer, die Erstellung eines solchen Werkzeugs im Zuge dieser Diplomarbeit in Auftrag gegeben.

In der vorliegenden Arbeit wird ein auf Microsoft-Excel basierender Prototyp eines Rechners geschaffen, der die beschriebenen Anforderungen erfüllt. Es können darin bis zu fünf Varianten von Gebäuden mit unterschiedlicher energetischer Güte nach wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten miteinander verglichen werden. Der Benutzer entscheidet selbst, welche der vielfältigen, vorgegebenen Parameter er, entsprechend seinen persönlichen Vorstellungen und Vorgaben, auswählt und miteinander kombiniert.

Investitions-, Wartungs- und Instandsetzungskosten gibt er auf Bauelementebene ein; allgemeine Folgekosten werden für das Gesamtgebäude eingegeben. Verbrauchsgebundene Kosten werden durch einen Energiekennwert mit Energieträger und zugehörigem Energiepreis berücksichtigt. Preissteigerungen können für Aus- und Einzahlungen (Inflation) sowie für Kategorien von Energieträgern angegeben werden. Förderungen in Form von Einmalzuschüssen und zinsbegünstigten Krediten sowie Restwerte und Ersatzinvestitionen werden durch die dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung berücksichtigt. Als Wirtschaftlichkeitsvergleichsmethoden haben sich für die selbstgenutzte Immobilie der „Preis der eingesparten kWh Endenergie“ und der „Annuitätische Gewinn“ sowie generell für alle Immobilien der „Kapitalwertvergleich“ und der „Annuitätenvergleich“ als geeignetste Methoden herauskristallisiert.

Abstract

The department of solar architecture at the “Energieinstitut Vorarlberg” has the mission to spread the idea of energy efficient building especially with an eye on passive houses. In the course of consulting related to the profitability of energy efficient buildings there had never been a satisfying meaningful statement to present. So they ordered a diploma thesis to develop a cost and profitability tool to compare different variations of projects regarding their economic and ecologic performance.

The outcome of the thesis is a calculation tool based on Microsoft Excel which is able to compare up to five alternatives with different energetic performances concerning to their profitability and ecology. The user is able to configure the specific input boxes concerning to the information he has got to fill in. Investment maintenance and repair costs are filled in directly for the construction element whereas general running costs are stated for the whole building. Energy costs are indirectly given by the final energy consumption with its energy source and dedicated energy price. Price increases can be entered as a general inflation for cash in- and outflows and for categories of energy sources. Promotions from the government as direct money or as a loan with a special interest can be included such as residual values and reinvestments. All the used profitability methods are dynamic ones. When the investor has to pay the energy costs himself, it is recommended to use the “price of the saved kWh method” or “annuity benefit method”. All the investors can utilize the “net present value method” or the “equivalent annual costs” for the comparison of the profitability.

Vorwort

„Wir plündern zugleich die Vergangenheit und die Zukunft für den Überfluss der Gegenwart- das ist die Diktatur des Jetzt.“¹

Wir leben in Mitteleuropa in einer Überflusgesellschaft, die ihre Glückseligkeit nur noch in ständig wachsendem Konsum findet. Der Egoismus und die Bequemlichkeit des Menschen kennen dabei keine Grenzen, und so muss alles jederzeit zum billigsten Preis verfügbar sein. Dieser Entwicklung steht ein stetig wachsender Energieverbrauch gegenüber, der in diesem Zusammenhang meines Erachtens viel zu wenig Beachtung findet und thematisiert wird.

Das in dieser Arbeit von mir entwickelte Werkzeug ermöglicht Planern im Hochbau, die Wirtschaftlichkeit von energieeffizienten Maßnahmen herauszuarbeiten und für den Konsumenten anschaulich darzustellen. Es dient also der Verbreitung von nachhaltigen Technologien und der Sensibilisierung von Bauherren für diese Thematik.

Mein Bestreben geht dahin, für den Fortschritt und die Verbreitung von energieeffizienten Technologien zu forschen und einzustehen. Darum bin ich sehr froh, dass Martin Ploss mir die Verantwortung zur Erarbeitung dieses für mich sehr sinnvollen und nachhaltigen Werkzeuges übertragen hat, und ich durch seinen Einsatz die Möglichkeit zur Einbindung dieses Tools in eine Diplomarbeit erhalten habe.

Ich möchte auch meine Betreuer Iris Uitz, Marin Marchner und Paul Pfleger vom BWL-Institut der TU-Graz dankend erwähnen, die mich nach bestem Wissen und Gewissen jederzeit tatkräftig bei der Verwirklichung meiner Ideen unterstützt haben.

Für das Erstellen meiner Arbeit standen mir die Räumlichkeiten des IBL-Instituts der TU-Graz zur Verfügung, wofür ich mich an dieser Stelle bedanken möchte.

¹SHELLNHUBER, H. J (2011), S.28.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Kooperationspartner Energieinstitut Vorarlberg.....	1
1.2	Ausgangssituation.....	1
1.3	Ziele	2
1.3.1	Quantitative Ziele.....	2
1.3.2	Qualitative Ziele	2
1.4	Untersuchungsbereich	3
1.5	Anforderungen	3
1.5.1	Wirtschaftlichkeitsdarstellung	3
1.5.2	Eingabewerte.....	3
1.5.3	Zielgruppe.....	3
1.5.4	Energiebedarfswerte.....	4
1.5.5	Betrachtungszeitraum und Lebensdauer.....	4
1.5.6	Energiepreise und deren Steigerung	4
1.5.7	Kostengliederung.....	4
1.5.8	Konfiguration.....	4
1.5.9	Varianten	4
1.5.10	Ausgabe, Ergebnisdarstellung.....	5
1.5.11	Förderungen	5
1.5.12	Gebäudetypen	5
1.5.13	CO ₂ -Steuer, Externe Kosten.....	5
1.5.14	Wartung- und Instandhaltungskosten	5
1.5.15	Inflation	5
1.5.16	Energiebedarfsberechnung	5
1.6	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	6
2	Theoretische Grundlagen der Arbeit	7
2.1	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	7
2.1.1	Statische Verfahren	8
2.1.2	Dynamische Verfahren	9
2.1.3	Das Kopplungsprinzip im energieeffizienten Hochbau	9
2.1.3.1	Mehrertragsansatz	9
2.1.3.2	Vollkostenansatz.....	9

2.1.4	Finanzmathematische Grundlagen	10
2.1.4.1	Auf- und Abzinsungsfaktor	10
2.1.4.2	Kapitalwert	12
2.1.4.3	Annuität, Rente	12
2.1.4.4	Kapitalzinssatz	14
2.1.4.5	Inflation, Deflation	15
2.2	Wirtschaftlichkeitsmethoden im energieeffizienten Hochbau	16
2.2.1	Die Kapitalwertmethode	17
2.2.2	Die Annuitätenmethode	17
2.2.3	Der Interne Zinssatz	18
2.2.4	Die Methode des „annuitätischen Gewinns“	18
2.2.5	Die Methode der „Kosten der eingesparten kWh Endenergie“	20
2.3	Energiepreissteigerung	21
2.4	Energiekennwerte von Gebäuden	22
2.4.1	Definitionen	22
2.4.1.1	Bedarf	22
2.4.1.2	Verbrauch	22
2.4.1.3	Heizwärmebedarf	22
2.4.1.4	Heizenergiebedarf	22
2.4.1.5	Hilfsenergie	22
2.4.1.6	Endenergiebedarf	23
2.4.1.7	Primärenergiebedarf	23
2.4.1.8	Kumulierter Energie-Verbrauch (KEV)	23
2.4.2	Spezifische Energiebedarfswerte	23
2.4.3	Energieausweis nach OIB	24
2.4.4	Energiebedarfsermittlung nach PHPP	24
2.5	CO ₂ -Emissionen	24
2.5.1	CO ₂ und Treibhauseffekt	25
2.5.2	CO ₂ -Äquivalente	25
2.5.3	Berechnung der CO ₂ -Emissionen und Äquivalente	25
2.6	Ökobilanzierungsrichtlinien	26
2.6.1	ÖKO-Institut e.V. - GEMIS	26
2.6.2	ESU-services GmbH	27

2.6.3	DIN V 4701-10	27
2.7	Annuitätenmethode nach der „VDI 2067 - Wirtschaftlichkeit Gebäudetechnischer Anlagen“	28
2.7.1	Begriffe und Definitionen	28
2.7.1.1	Rechnerische Nutzungsdauer	28
2.7.1.2	Bedienung	28
2.7.1.3	Wartung	28
2.7.1.4	Instandsetzung	29
2.7.1.5	Erneuerung	29
2.7.2	Kostengruppen der VDI 2067	29
2.7.2.1	Kapitalgebundene Kosten	30
2.7.2.2	Bedarfs-(verbrauchs-)gebundene Kosten	30
2.7.2.3	Betriebsgebundene Kosten	30
2.7.2.4	Sonstige Kosten	30
2.7.3	Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätenmethode	30
2.7.3.1	Annuität der kapitalgebundenen Auszahlungen	30
2.7.3.2	Annuität der bedarfs-(verbrauchs-)gebundenen Auszahlungen	33
2.7.3.3	Annuität der betriebsgebundenen Auszahlungen	34
2.7.3.4	Annuität der sonstigen Auszahlungen	34
2.7.3.5	Annuität der Einzahlungen	35
2.7.3.6	Annuität der Jahresgesamtzahlungen	35
2.8	Gliederung der Kosten im Bauwesen nach ÖNORM B 1801	35
2.8.1	ÖNORM B 1801-1 Objekterrichtung	35
2.8.1.1	Anlagengliederung	37
2.8.1.2	Baugliederung	37
2.8.1.3	Leistungsgliederung	37
2.8.2	ÖNORM B 1801-2 Objekt-Folgekosten	38
3	Praktische Problemlösung	39
3.1	Analyse von ähnlichen Wirtschaftlichkeitsrechnern	39
3.1.1	Ziel der Analyse	39
3.1.2	IEAA - Integration energierelevanter Aspekte in Architekturwettbewerben,	39
3.1.2.1	Hintergrund	39
3.1.2.2	Entwicklung	40

3.1.2.3	Verfügbarkeit.....	40
3.1.2.4	Umfang.....	40
3.1.2.5	Anwendungsbereich.....	40
3.1.2.6	Beschreibung	40
3.1.2.7	Bewertung	43
3.1.2.8	Eignung für die aufgestellten Forderungen an die Diplomarbeit	43
3.1.3	Gesamtkostenrechner Stadt Frankfurt.....	44
3.1.3.1	Hintergrund	44
3.1.3.2	Entwickler.....	44
3.1.3.3	Verfügbarkeit.....	44
3.1.3.4	Umfang.....	44
3.1.3.5	Anwendungsbereich.....	44
3.1.3.6	Beschreibung	44
3.1.3.7	Bewertung	47
3.1.3.8	Eignung für die aufgestellten Forderungen an die Diplomarbeit	48
3.1.4	EIV-Kostenrechner	48
3.1.4.1	Hintergrund	48
3.1.4.2	Entwickler.....	48
3.1.4.3	Verfügbarkeit.....	48
3.1.4.4	Umfang.....	49
3.1.4.5	Anwendungsbereich.....	49
3.1.4.6	Beschreibung	49
3.1.4.7	Bewertung	50
3.1.4.8	Eignung für die aufgestellten Forderungen an die Diplomarbeit	50
3.1.5	Fazit aus der Untersuchung.....	50
3.2	Entwickelter Kostenrechner	51
3.2.1	Allgemeines über den Kostenrechner.....	51
3.2.1.1	Eingabe der Kosten.....	51
3.2.1.2	Aufbau	52
3.2.1.3	Erklärung der Felder	53
3.2.2	Beschreibung der einzelnen Blätter	53
3.2.2.1	Blatt „Konfiguration“	54
3.2.2.2	Blatt „Projektangaben“	66

3.2.2.3	Blatt „Energiekennwerte“	68
3.2.2.4	Blatt „Investition und Wartung“	70
3.2.2.5	Blatt „Finanzierungs- und Folgekosten“	74
3.2.2.6	Blatt „TABELLEN“	78
3.2.2.7	Blatt „BERECHNUNG“	79
3.2.2.8	Blatt „Auswertung“	86
4	Zusammenfassung und Ausblick	97
4.1	Ergebnis	97
4.2	Ausblick	98
4.3	Kritik und Verbesserungspunkte	98
4.3.1	Eingabefelder	98
4.3.2	Grenzen der ökonomischen Wirtschaftlichkeitsberechnung	100
5	Literaturverzeichnis	101
5.1	Bücher	101
5.2	Arbeiten	102
5.3	Zeitschrift	103
5.4	Internet	104
5.5	Zitierte Normen	104
6	Abbildungsverzeichnis	105
7	Tabellenverzeichnis	107
8	Formelverzeichnis	108
9	Abkürzungsverzeichnis	110
10	Anhang	112

1 Einleitung

Dieses Kapitel dient der Beschreibung der Diplomarbeit und der Definition dessen Umfangs. Es wird außerdem der Kooperationspartner Energieinstitut Vorarlberg kurz vorgestellt.

1.1 Kooperationspartner Energieinstitut Vorarlberg

Leitsatz: „Wir beraten, bilden und forschen für sinnvollen Energieeinsatz und erneuerbare Energieträger“²

Das Energieinstitut Vorarlberg mit Sitz in Dornbirn wurde 1985 im Zuge des Ölpreis-Schocks und des aufkommenden Bewusstseins für Nachhaltigkeit und Energiesparen in der Politik als „Energiesparverein“ gegründet. Es beschäftigt etwa 40 ständige Mitarbeiter und gleich viel freie mit steigender Tendenz.

Das EIV sieht sich als Bindeglied zwischen Forschung in den Bereichen Energieeffizienz, erneuerbare Energie und ökologisches Bauen und der Anwender dieser Forschungsergebnisse. Es wird Fachwissen nutzerspezifisch verständlich aufbereitet und über verschiedenste Medien wie Weiterbildung und Beratung verbreitet. Schwerpunkte setzt das Energieinstitut in den Bereichen energieeffiziente Gebäude, erneuerbare Energieträger und Wärmetechnik, Bauphysik und Energieausweis, Mobilität und elektrische Energie.³

Die Diplomarbeit ist von DI Martin Ploss in Auftrag gegeben worden, welcher in der Abteilung für Solararchitektur am Energieinstitut Vorarlberg tätig ist.

Dieser Bereich beschäftigt sich intensiv mit dem Themengebiet der energieeffizienten Gebäude, mit Schwerpunkt auf der Verbreitung von Passivhäusern im Neubau als auch in der Sanierung.

1.2 Ausgangssituation

Das Energieinstitut Vorarlberg hat im Sommer 2009 das Pilotprojekt EIV-Kostenrechner gestartet. Hintergrund war die Erstellung einer Datenbank mit Kostenvorschlägen für Baukosten von Bauteilen für Sanierung und Neubau kombiniert mit einem Wirtschaftlichkeitstool. Aus diesem Projekt ist der „EIV-Kostenrechner 1.0“ unter Mithilfe des Autors dieser Arbeit, der damals als Praktikanten beim EIV beschäftigt war, entstanden.

Das Projekt „EIV-Kostenrechner“, mit der intern verwalteten Datenbank, wurde aufgrund zu hoher, untragbarer Wartungs- und Aktualisierungskosten eingefroren. Es bestand jedoch weiterhin die Nachfrage nach einem Rechner, welcher für Beratungen im EIV leicht verständliche Entscheidungsargumente hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von energieeffizienten Maßnahmen im Hochbau liefern kann. Aus diesem Grund wurde die Idee eines Baukostenrechners für den energieeffizienten Hochbau weiterverfolgt.

² <http://www.energieinstitut.at> (05.09.2011)

³ Vgl. <http://www.energieinstitut.at> (05.09.2011)

Da die Nachfrage nach solch einem Werkzeug nicht nur beim EIV bestand ist durch Vernetzung mit dem Land Vorarlberg, der Wirtschaftskammer Vorarlberg, der Firma Spektrum und der FH-Kufstein im Sommer 2010 das Projekt „Kooperationsbaukostenrechner“ entstanden.

Im Zuge dieser Diplomarbeit sollen nun die Struktur und der Aufbau eines solchen geforderten Rechners, auf Basis von wissenschaftlichen Recherchen in den Wirtschaftlichkeitsmethoden des energieeffizienten Hochbaus, entstehen. Es müssen weiter die unterschiedlichen Anforderungen der Projektteilnehmer an dem Rechner zielführend integriert werden.

1.3 Ziele

Um die Ziele der Diplomarbeit genauer darzustellen, wurde in quantitative und qualitative Ziele unterschieden.

1.3.1 Quantitative Ziele

Ausgehend von umfangreicher, theoretischer Recherche über die Grundlagen der Investitions- und Kostenrechnung soll der Umfang der Diplomarbeit auf die systematische und praktische Konzeption eines Kosten- und Wirtschaftlichkeitstools begrenzt werden. Dabei ist eine erste Version zu erstellen, die den Projektteilnehmern zu Testzwecken zur Verfügung gestellt wird.

1.3.2 Qualitative Ziele

In dem Rechenwerkzeug sollen verschiedene Varianten von Bauvorhaben eingegeben und diese auf unterschiedliche Art und Weise miteinander verglichen werden können.

Die inhaltlichen Ziele der Diplomarbeit sind die Implementierung der Kosten- und Investitionsrechnung und deren Darstellung in einem Wirtschaftlichkeitstool, welches Varianten von verschiedensten Bauvorhaben im Zuge einer Beratung auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen energetisch und wirtschaftlich beurteilen und präsentieren kann. Bei der Auswahl der Detaillierungsebenen können die unter 1.5.3 beschriebenen Nutzer ihre Eingabewerte auf ihren Informationsgehalt und ihre Anforderungen anpassen. So soll zum Beispiel der Nutzer „Land Vorarlberg“ für ihn relevante Reinigungskosten (für Fassaden), die in einer Periode anfallen, zusätzlich berücksichtigen können. Für andere Nutzer sind diese irrelevant und sollen nicht aufscheinen. Es ist im Zuge der Diplomarbeit zu analysieren, wie diese Anpassungsmöglichkeit am geschicktesten ausgeführt werden kann und an welcher Stelle man diese vornimmt.

1.4 Untersuchungsbereich

Zu untersuchen ist der Bereich der Kosten- und Investitionsrechnung im bautechnischen Sektor von energieeffizienten Gebäuden. Außerdem soll herausgefunden werden, welche Kosten für die einzelnen Projektnutzer relevant sind und an welcher Stelle diese im Rechner eingegeben werden können.

1.5 Anforderungen

Die Anforderungen an das Wirtschaftlichkeitstool wurden in mehreren Sitzungen am Energieinstitut Vorarlberg definiert. Bei diesen Sitzungen waren alle Kooperationspartner anwesend, und es wurde mittels Präsentation und Diskussion vom Ersteller dieser Diplomarbeit ein Lastenheft mit einem Anforderungskatalog erarbeitet, welcher unter diesem Absatz zusammengefasst integriert wird.

1.5.1 Wirtschaftlichkeitsdarstellung

Es soll möglich sein, mehrere Darstellungen der Wirtschaftlichkeit auszuwählen, und der Nutzer soll jede durch eine kurze Erläuterung verstehen und interpretieren können.

Darstellungsformen, die erwünscht sind:

- Gesamtkostenvergleich (Jahresgesamtkosten) mit und ohne Restwert
- Barwert mit und ohne Restwert
- äquivalenter Energiepreis

Es soll außerdem untersucht werden, welche Wirtschaftlichkeitsdarstellungen es weiter gibt und für welche Bereiche diese sich als geeignet erweisen. Sensitivitätsanalysen könnten weiteren Spielraum für Interpretationen liefern.

Weiter soll die zu vergleichende Referenzvariante frei wählbar und mit verschiedensten Varianten kombinierbar sein.

1.5.2 Eingabewerte

Zu jedem Eingabewert soll eine Erklärung plus Vorschlagswerte vorhanden sein.

1.5.3 Zielgruppe

Anwender der Tools werden Einrichtungen oder Personen mit Erfahrung im energieeffizienten Hochbau sein. Das Tool wird für die Projektierung und Bewertung von energieeffizienten Maßnahmen verwendet und von Architekten, der öffentlichen Hand, Bauträgern, Planungsinstituten oder Nutzern mit ähnlicher Erfahrung verwendet.

1.5.4 Energiebedarfswerte

Die Energiebedarfswerte sind in anderen Programmen zu rechnen und händisch in den Rechner einzugeben. Der Aufwand für Kühlung, Beleuchtung etc. soll berücksichtigt werden. Außerdem sollen Gewinne durch Photovoltaikanlagen mit in die Berechnung eingehen. In der Bilanzierung sollen alle Energieanwendungen im Haus inklusive Wärme- und/oder Stromspeisung in Netze einbezogen werden.

1.5.5 Betrachtungszeitraum und Lebensdauer

Der Betrachtungszeitraum kann frei eingegeben werden und die Lebensdauer für jedes Bauteil variieren (wegen Instandsetzungsintervallen und Restwerten). Es sollen Tabellen für Anhaltswerte vorliegen.

1.5.6 Energiepreise und deren Steigerung

Es soll eine freie Eingabe für Energiepreise und Energiepreissteigerungen vorgesehen sein. Weiter ist dabei zu untersuchen, für welche Kategorien von Energieträgern Energiepreissteigerungen Sinn machen.

1.5.7 Kostengliederung

Die Gliederung der Kostengruppen soll an eine in Österreich gültige und verbreitete Norm angepasst werden. Eingabeebene soll das Bauelement sein, um ebenfalls Kosten für schichtweise Aufbauten berechnen zu können.

1.5.8 Konfiguration

Das Programm soll in seiner Eingabedetaillierung konfigurierbar sein. Das heißt, der Anwender soll selber entscheiden können, welche Werte er wie genau eingibt.

1.5.9 Varianten

Es sollen mehrere Varianten eingegeben und diese mit Hilfe von Grafiken einander gegenübergestellt werden können. Die Referenz für den Wirtschaftlichkeitsvergleich soll auch nachträglich frei wählbar sein.

1.5.10 Ausgabe, Ergebnisdarstellung

Eine schöne, übersichtlich gestaltete Ergebnisdarstellung ist gewünscht. Sie sollte höchst aussagekräftig sein und keine Fragen offen lassen. Weiter sollte sie für den Ausdruck formatierbar sein.

1.5.11 Förderungen

Wenn möglich soll das Wohnbauförderungssystem des Landes Vorarlberg in dem Kostenrechner berücksichtigt werden. Generell soll aber für alle möglichen Förderungsformen in Österreich eine geeignete Eingabe entstehen.

Förderungen sollen für einzelne Komponenten sowie zinsbegünstigte Kredite berücksichtigt werden können.

1.5.12 Gebäudetypen

Alle Gebäudetypen die Einzelgebäude sind sollen eingegeben und berechnet werden können.

1.5.13 CO₂-Steuer, Externe Kosten

Die CO₂-Einsparung soll dargestellt werden, sowie die daraus resultierenden Kosten für Zertifikate. CO₂-Kennwerte sollen im Programm hinterlegt sein, jedoch veränderbar gestaltet werden. Es sind geeignete Quellen für CO₂-Kennwerte zu eruieren.

1.5.14 Wartung- und Instandhaltungskosten

Neben den Annuitäten aus Baukosten und den jährlichen Energiekosten sollen auch die mittleren Instandhaltungs- und Wartungskosten in jeder Variante berücksichtigt werden. Eingabe alternativ als %-Wert der Investition (wie z.B.: in VDI 2067) oder als Absolutwert je Jahr.

1.5.15 Inflation

Die Berechnung der Kosten mit und ohne Preissteigerungen soll möglich sein.

1.5.16 Energiebedarfsberechnung

Die Nutzer, die die Berechnung der Energiebedarfswerte mittels des Energieausweises nach OIB oder des Nachweises nach PHPP durchgeführt haben, sollen eine für ihre Berechnungsmethode bezeichnungskorrekte Eingabe der Bezugsfläche und der Energiebedarfswerte vorfinden.

1.6 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Einleitend wurde eine Recherche über ähnliche, bereits vorhandene Tools durchgeführt und diese analysiert. Parallel dazu wurde eine Ermittlung und Analyse der im Hochbau üblichen Wirtschaftlichkeitsmethoden und deren Darstellung durchgeführt. Normen und Richtlinien für die Gliederung und Berechnung der Kosten wurden ebenfalls eruiert, sowie Quellen für Energiekennwerte. Danach folgte die Konzeption des Grundgerüsts der Eingabe des Wirtschaftlichkeitsrechners anhand der gewonnenen Erkenntnisse. Hier entstehen sämtliche Felder zur Eingabe von Informationen in den Rechner. Durch Arbeiten vom Groben ins Detail entwickelten sich im nächsten Schritt die Konfigurationsmöglichkeiten, mit der der Nutzer sich die Eingabefelder an seine Bedürfnisse anpassen kann. Darauf folgten die Implementierung der Wirtschaftlichkeitsrechnung und die Darstellung der Ergebnisse. Abschließend folgten Tests an Eingabebeispielen. Diese zeitliche Grobeinteilung ist in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Zeitliche Vorgehensweise an die Projektdiplomarbeit

2 Theoretische Grundlagen der Arbeit

Dieses Kapitel befasst sich mit der Definition und Erklärung verwendeter Methoden, Begriffen und Normen. Es dient als wissenschaftliche Grundlage und Nachschlagewerk für den im Zuge dieser Arbeit erstellten Investitions- und Kostenrechner.

2.1 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung sind ein Unterpunkt der Investitionsrechnung. Die Investitionsrechnung dient dazu, eine rationelle Entscheidung treffen zu können, ob eine Investition profitabel ist oder nicht.⁴ Sie dient somit zur Überprüfung der Vorteilhaftigkeit von Investitionsalternativen, bilden jedoch nur den monetären Aspekt ab. Es können keine nicht quantifizierbaren Größen (z.B.: bessere Vermiet-/Verkaufbarkeit, Behaglichkeit, Umweltfreundlichkeit) in sie miteinfließen.⁵

Die Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung lassen sich weiter in Sukzessivansätze und Simultanansätze unterteilen. Bei einem sukzessiven Ansatz baut jedes Ergebnis systematisch auf dem vorherigen auf. Bei den Simultanansätzen werden die Wechselwirkungen der einzelnen Teile der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aufeinander untersucht. Aufgrund der größeren Praxisrelevanz werden die sukzessiven Ansätze hier weiter erklärt. Bei den Sukzessivansätzen wird nun noch weiter in Partial- und Totalmodelle unterschieden.⁶

Bei Totalmodellen sind die zu vergleichenden Alternativen durch Ergänzungsprojekte (Ergänzungsinvestitionen und Ergänzungsfinanzierungen) so erweitert worden, dass sie ohne die Methoden der Investitionsrechnung auskommen und anhand ihrer Zielgröße unmittelbar miteinander verglichen werden können. Da dies in der Praxis oft unmöglich anzuwenden ist wird zur Vereinfachung ein Partialmodell angesetzt. Partialmodelle betrachten nun Varianten unter der Prämisse von verschiedenen Pauschalannahmen und sind darum in der Praxis einfacher handhabbar.⁷

Im Hochbau werden vornehmlich Partialmodelle angewandt, da sie sehr leicht einsetzbar sind und, obwohl sie auf vielen Prämissen und Annahmen beruhen, doch repräsentative Ergebnisse hinsichtlich der Vorteilhaftigkeit von Investitionsentscheidungen liefern.⁸

Innerhalb des Partialmodells sind die Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung als Berechnungsverfahren entstanden und diese sind, wie in Abbildung 2 ersichtlich, weiter in statische und dynamische Verfahren unterteilt.

⁴ Vgl. SCHWINN, (1993), S.99ff.

⁵ Vgl. BENESCH, SCHUCH, (2005), S.128.

⁶ Vgl. SCHWINN, (1993), S.99ff.

⁷ Vgl. WAMELING, H, (2004), S.53ff.

⁸ Vgl. ENELSING, A, (2003), S.2ff.

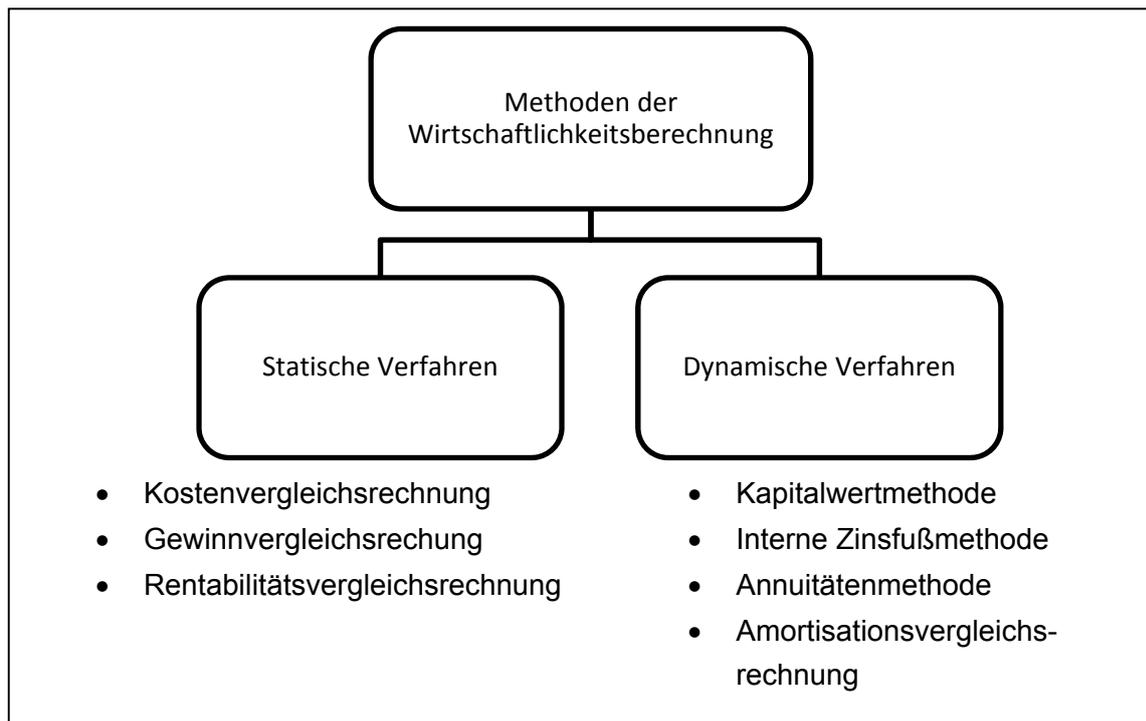


Abbildung 2: Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung⁹

2.1.1 Statische Verfahren

„Die statischen (buchhalterischen) Methoden, basieren auf einer periodisierten, durchschnittlichen Betrachtungsweise: Die anfallenden Kosten und Erträge fließen als jährliche Durchschnittswerte in die Berechnung.“¹⁰

Bei den statischen Vergleichsverfahren werden also die Zeitpunkte der Ein- und Auszahlungen nicht oder nicht in geeignetem Maße berücksichtigt. Es wird meist nur ein Zeitabschnitt betrachtet, welcher für mehrperiodige Betrachtungen jedoch nicht repräsentativ und aussagekräftig ist. Vorteilhaft ist die einfache Handhabung schon mit sehr wenigen Informationen.¹¹

Für Investitionsentscheidungen im energieeffizienten Hochbau sind diese Verfahren jedoch ungeeignet, weil man hier mit langen Nutzungsdauern und keineswegs statischen Preisentwicklungen rechnet. Es müssen zinsdynamische Effekte sowie die Zeitpunkte der Ein- und Auszahlungen berücksichtigt werden, um eine plausible Aussage über die Rentabilität von Varianten tätigen zu können.¹²

⁹ Vgl. MESSNER; KREIDL; WALA, (2007), S.172.

¹⁰ SCHAUFELBÜHL, K; HUGENTOBLER, W; BLATTNER, M, (2007),S.466.

¹¹ Vgl. SCHWINN, (1993), S.1008.

¹² Vgl. ENSELING, A, (2003), S.2.

2.1.2 Dynamische Verfahren

Kernpunkt der dynamischen Verfahren ist die zeitliche Berücksichtigung der Ein- und Auszahlungen mit Hilfe der Zinseszinsrechnung. Durch Auf- oder Abdiskontierung von Zahlungen auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt werden diese miteinander vergleichbar gemacht. Zu den klassischen dynamischen Methoden zählen die Kapitalwertmethode, die Interne Zinsfußmethode, die Annuitätenmethode und die Amortisationsvergleichsrechnung. All jene gehen von einem vollkommenen Kapitalmarkt aus. Das bedeutet, dass der Zinssatz für die Kreditaufnahme und Geldanlage derselbe ist und dies jederzeit möglich ist.¹³

2.1.3 Das Kopplungsprinzip im energieeffizienten Hochbau¹⁴

Das Kopplungsprinzip besagt, dass energiesparende Maßnahmen nur in Verbindung mit sowieso anfallenden größeren Bauteil- oder Anlageninstandhaltungen bzw. Erneuerungen durchgeführt werden.

Hierzu ein Beispiel:

Es ist die Erneuerung des Außenputzes fällig, was als Sowieso-Maßnahme durchgeführt werden muss. Da die Kosten für Gerüst und Baustelleneinrichtung ohnehin anfallen, ist es wirtschaftlich, damit gekoppelt das Gebäude zusätzlich von außen mit einer Dämmung zur Energiekosteneinsparung auszustatten.

2.1.3.1 Mehrertragsansatz

„Beim Mehrertragsansatz wird der durch die Energiesparmaßnahmen erzielte Mehrertrag den Mehrkosten gegenübergestellt, die durch die zusätzlichen Energiesparmaßnahmen verursacht wurden.“¹⁵ Bezogen auf das vorherige Beispiel erwirtschaften die sowieso entstandenen Kosten für Putzsanierung (Baustelleneinrichtung, Gerüstarbeiten und eigentliche Putzsanierungsarbeiten) keinen Mehrertrag. Jedoch resultiert aus den Kosten für die Dämmungsmaßnahme (Arbeitsstunden und Material) eine Energiekosteneinsparung und somit ein Mehrertrag.

2.1.3.2 Vollkostenansatz

Beim Vollkostenansatz werden die Kosten jeder einzelnen Variante in voller Höhe in der Wirtschaftlichkeitsrechnung angesetzt. Er wird auch verwendet, wenn Bauteile saniert oder erneuert werden, die über die Lebensdauer des Hauses keiner Instandsetzung unterzogen werden.

¹³ Vgl. SCHWINN, (1993), S.1008.

¹⁴ Vgl. ENELING, A; HINZ, E, (2008), S.18ff.

¹⁵ ENELING, A; HINZ, E, (2008), S.19.

2.1.4 Finanzmathematische Grundlagen

Hier wird genauer auf die Begriffe Endwert, Barwert und Annuität eingegangen. Es wird dies mit Hilfe der Zinseszinsrechnung erläutert und dargestellt.

2.1.4.1 Auf- und Abzinsungsfaktor

Lässt man einen Geldbetrag über einen gewissen Zeitraum auf einem Konto liegen, wird dieser anfängliche Betrag zu einem oder meist mehreren definierten Zinsverrechnungsterminen (Fälligkeit der Zinsen bei einem Bankkonto) um die in diesem Zeitraum entstandenen Zinsen erhöht. Aus dieser Summe ergibt sich ein neuer Betrag, der die Grundlage für die nächste Zinsverrechnung bildet.¹⁶

Will man einen heutigen Geldbetrag (Gegenwartswert) mit Zinsen und Zinseszinsen auf einen in der Zukunft theoretisch vorliegenden Betrag (Endwert) hochrechnen, so macht man dies mit dem Aufzinsungsfaktor. Umgekehrt kann man von einem Endwert zurück auf einen Betrag zu einem gewissen Betrachtungszeitpunkt schließen mit dem Reziprokwert des Aufzinsungsfaktors, dem Abzinsungsfaktor, wie in Abbildung 3 dargestellt. Diesen diskontierten Wert zu einem bestimmten Bezugszeitpunkt nennt man Barwert. Man kann in Abbildung 3 auch den exponentiellen Verlauf des Kapitals erkennen, weshalb diese Art der Zinsberechnung auch exponentielle Verzinsung genannt wird.¹⁷

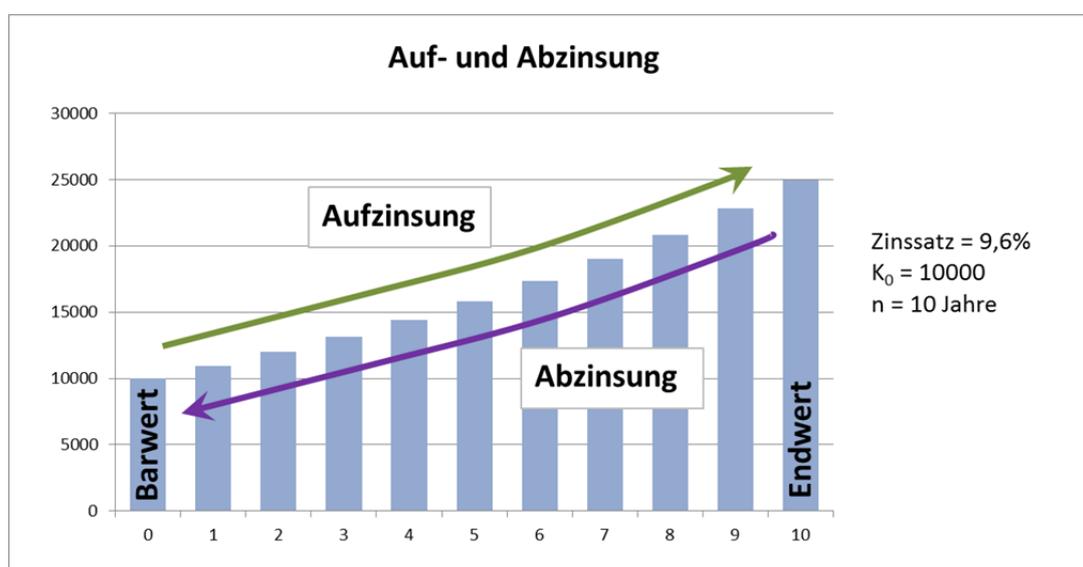


Abbildung 3: Auf- und Abzinsung¹⁸

In Tabelle 1 wird das Zustandekommen der Aufzinsungsformel erklärt. Es handelt sich hierbei um eine geometrische Folge, die durch den Zinssatz plus 1 mit der Potenz der Jahre gebildet wird (siehe Formel 1)¹⁹.

¹⁶ Vgl. TIEZE, J, (2011), S.51.

¹⁷ Vgl. TIEZE, J, (2011), S.51ff.

¹⁸ Vgl. TIEZE, J, (2011), S59.

¹⁹ Vgl. SCHWINN, (1993), S.1015.

Jahr	Wert des Kapitals zum Jahresbeginn	Zinsen	Wert des Kapitals am Jahresende	
0	0		$K_0 =$	$K_0 * (1+i)^0$
1	K_0	$K_0 * i$	$K_1 = K_0 + K_0 * i =$	$K_0 * (1+i)^1$
2	K_1	$K_1 * i$	$K_2 = K_1 + K_1 * i = K_1 * (1+i) = K_0 * (1+i) * (1+i) =$	$K_0 * (1+i)^2$
3	K_2	$K_2 * i$	$K_3 = K_2 + K_2 * i = K_2 * (1+i) = K_0 * (1+i) * (1+i) * (1+i) =$	$K_0 * (1+i)^3$
...	
n	K_n	$K_n * i$	$K_n = K_{n-1} + K_{n-1} * i = K_{n-1} * (1+i) = K_0 * (1+i)^{n-1} * (1+i) =$	$K_0 * (1+i)^n$

Tabelle 1: Entwicklung der Kapitalhöhe im Zeitverlauf²⁰

$$K_n = K_0 * (1 + i)^n$$

Formel 1: Aufzinsungsformel²¹ K_n = Endwert K_0 = Barwert

i = Zinssatz

n = Betrachtungszeitraum

 $(1+i)^n$ = Aufzinsungsfaktor

Analog dazu ergibt sich für die Abzinsung Formel 2. Der Abzinsungsfaktor entspricht dem Reziprokwert des Aufzinsungsfaktors.²²

$$K_0 = K_n * (1 + i)^{-n}$$

Formel 2: Abzinsungsformel²³²⁰ Vgl. SCHWINN, (1993), S.1015.²¹ TIEZE, J, (2011), S.52.²² Vgl. TIETZE, J, (2011), S.58.²³ TIETZE, J, (2011), S.58.

2.1.4.2 Kapitalwert

Der Kapitalwert C_0 ist die Summe der Barwerte von verschiedenen Zahlungsreihen, betrachtet zu einem gemeinsamen Zeitpunkt, und kann durch Formel 3 geschrieben werden.²⁴

$$C_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n (R_t * q^{-t} + L_n * q^{-n}) = \sum_{t=0}^n N_t * q^{-t}$$

Formel 3: Kapitalwert C_0 zum Zeitpunkt $t=0$ ²⁵

I_0 = Anfangsinvestition, Investitionsauszahlung zum Zeitpunkt $t=0$

n = Betrachtungszeitraum

R_t = Rückfluss der Periode außer Liquidationserlösen und Investitionszahlungen

$q = (1+i)$ = Zinsfaktor

L_n = Liquidationserlöse, entstehen durch die Veräußerung von Waren gegen Zahlungsmittel am Ende des Betrachtungszeitraums

N_t = Nettozahlungen

In Worten ausgedrückt wird die Summe der jährlichen Nettozahlungen N_t (Jahresüberschüsse minus Jahresfehlbeträge) diskontiert auf den Zeitpunkt $t=0$ gebildet.

2.1.4.3 Annuität, Rente

„Unter Annuität versteht man ganz allgemein betragsmäßig gleich hohe Zahlungen, die in gleichen Zeitabständen von gewöhnlich einem Jahr regelmäßig wiederkehren.“²⁶ Man unterscheidet grundsätzlich zwischen vorschüssigen und nachschüssigen Annuitäten bzw. Renten. Bei vorschüssigen Annuitäten werden die Zinsen zu Beginn, bei nachschüssigen am Ende der Periode fällig. Das heißt, dass bei ersteren der Endwert genau um die Zinsen einer Periode höher ist.²⁷

Hat man nun eine nicht kontinuierliche Zahlungsreihe, so wird diese über die Annuität in fiktive, jährliche Zahlungen beginnend mit $t=1$ bis $t=n$ aufgeteilt und zwar so, dass der Kapitalwert der fiktiven mit der realen Zahlungsreihe übereinstimmt. Diese Bedingung ist in Formel 4 dargestellt, wobei x hier die jährlich gleich hohe Zahlung ist.²⁸

$$C_0 = x * \left(\frac{1}{q^1} + \frac{1}{q^2} + \dots + \frac{1}{q^n} \right)$$

Formel 4: Kapitalwert einer annuitätischen Zahlungsreihe²⁹

²⁴ Vgl. SCHWINN, (1993), S1016ff.

²⁵ SCHWINN, (1993), S.1017.

²⁶ SCHWINN, (1993), S.1020.

²⁷ Vgl. BENESCH, SCHUCH, (2005), S.151.

²⁸ Vgl. SCHWINN, (1993),S.1020ff.

²⁹ SCHWINN, (1993),S.1021.

Durch Erkennen einer endlichen geometrischen Reihe und Umformen erhält man schließlich die gesuchte Formel für die Annuität x .³⁰

$$x = C_0 * \frac{(q - 1) * q^n}{q^n - 1} = C_0 * \frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Formel 5: Annuitätenformel aus Kapitalwert C_0 mal Kapitalwiedergewinnungsfaktor³¹

Der Kapitalwiedergewinnungsfaktor, der sich aus Formel 5 ergibt, ist in Formel 6 noch einmal separat angeschrieben:

$$KWF = \frac{(q - 1) * q^n}{q^n - 1} = \frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Formel 6: Kapitalwiedergewinnungsfaktor³²

Dieser Kapitalwiedergewinnungsfaktor wird oft in Tabellenform angegeben und beinhaltet nur Zins und Betrachtungszeit. Exemplarisch ist eine solche als Tabelle 2 dargestellt. Bei der Verwendung von solchen Tabellen ist zu beachten, dass nur gerundete Zahlen verwendet werden, welche Abweichungen vom tatsächlichen Ergebnis liefern

n \ i	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08
1	1,00000	1,02000	1,04000	1,06000	1,08000
2	0,50000	0,51505	0,53020	0,54544	0,56077
3	0,33333	0,34675	0,36035	0,37411	0,38803
4	0,25000	0,26262	0,27549	0,28859	0,30192
5	0,20000	0,21216	0,22463	0,23740	0,25046
6	0,16667	0,17853	0,19076	0,20336	0,21632
7	0,14286	0,15451	0,16661	0,17914	0,19207
8	0,12500	0,13651	0,14853	0,16104	0,17401
9	0,11111	0,12252	0,13449	0,14702	0,16008
10	0,10000	0,11133	0,12329	0,13587	0,14903
11	0,09091	0,10218	0,11415	0,12679	0,14008
12	0,08333	0,09456	0,10655	0,11928	0,13270
13	0,07692	0,08812	0,10014	0,11296	0,12652

Tabelle 2: Kapitalwiedergewinnungsfaktor in Tabellenform³³

³⁰ Vgl. SCHWINN, (1993),S.1021

³¹ SCHWINN, (1993),S.1021.

³² Vgl. SCHWINN, (1993),S.1021.

³³ Vgl. SCHWINN, (1993),S.1021

Der Vollständigkeit halber wird hier noch der Barwertfaktor definiert, der nur der Kehrwert des Kapitalwiedergewinnungsfaktors ist. Mit ihm werden konstante Annuitäten auf einen Barwert umgerechnet.³⁴

$$BWF = \frac{(q^n - 1)}{q^n * (q - 1)}$$

Formel 7: Barwertfaktor³⁵

Unterliegen diese konstanten Zahlungsströme noch einer Preissteigerung, kann der Barwert mit folgender Formel berechnet werden:

$a = 1 + i_{\text{Preissteigerung}}$

$$BWF_{\text{preisst}} = \left(\frac{a}{q}\right) * \frac{\left(\frac{a}{q}\right)^n - 1}{\left(\frac{a}{q} - 1\right)}$$

Formel 8: Barwertfaktor mit Preissteigerungen der Annuitäten³⁶

Dieser Wert kommt zustande, wenn man Formel 9 in Formel 7 einsetzt.

2.1.4.4 Kapitalzinssatz

Der Kapitalzinssatz, auch Kalkulationszinssatz genannt, ist die vom Marktzins und von Risikogesichtspunkten abhängige Mindestverzinsung. Bei einer vollständigen Eigenfinanzierung ist er der Zinssatz einer alternativen risikofreien Anlage des Geldes. Bei vollständiger Fremdfinanzierung ist der Kapitalzinssatz gleich dem Zinssatz für das aufgenommene Kapital.³⁷ Werden diese beiden Finanzierungsformen vermischt, ergibt sich der Kapitalzinssatz als gewogen Wert aus beiden Zinssätzen mit dem so genannten WACC-Verfahren (Weighted Average Cost of Capital).³⁸ Das dies keinesfalls als trivial betrachtet werden kann zeigt Abbildung 4.

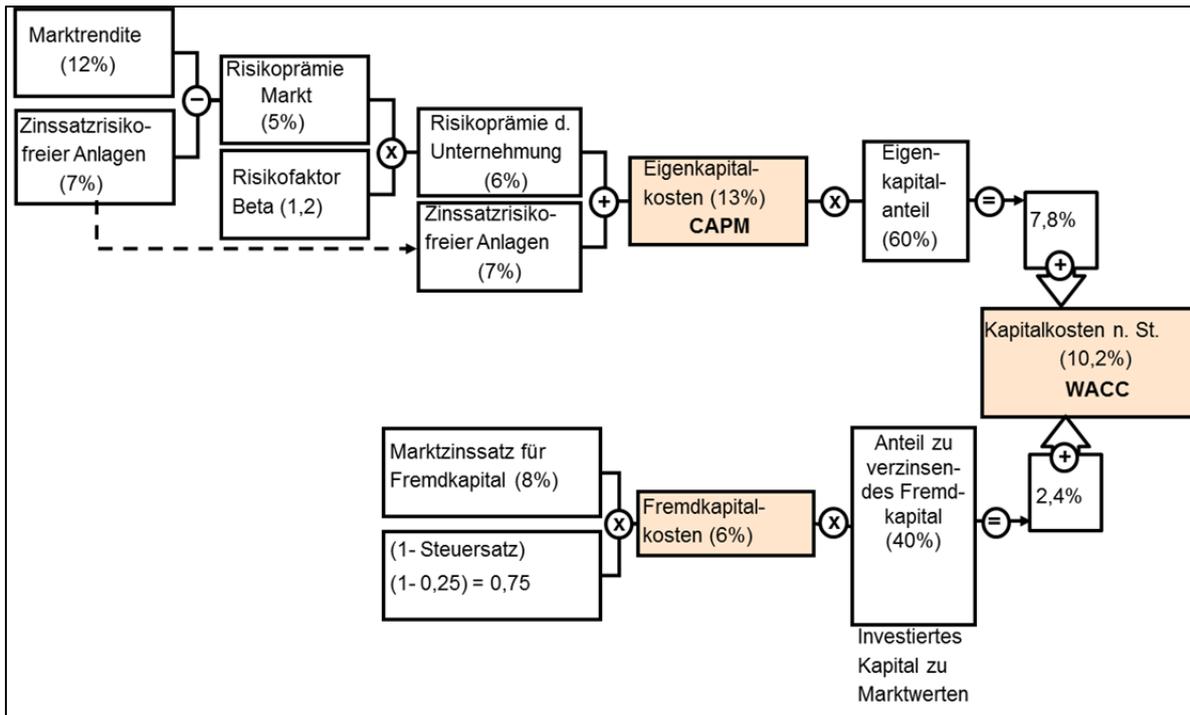
³⁴ Vgl. TIETZE, J, (2011), S.108

³⁵ Vgl. TIETZE, J, (2011), S.108

³⁶ Vgl. GREINER, P; MAYER, E; STARK, K, (2009), S.194.

³⁷ Vgl. ENSELING, A, (2003). S.2f.

³⁸ Vgl. PALLI, M, C (2004), S.126.

Abbildung 4: Die Ermittlung der gewichteten Kapitalkosten³⁹

2.1.4.5 Inflation, Deflation

Von Jahr zu Jahr ergeben sich Preisveränderungen um einen gewissen Prozentsatz. Meist handelt es sich um einen Preisanstieg, dann wird von Inflation gesprochen, Preisrückgänge bezeichnet man als Deflation.⁴⁰

„Die Inflationsrate i_{infl} ist [...] definiert als derjenige Prozentsatz, der in einer Volkswirtschaft die Veränderung des allgemeinen Preisniveaus gegenüber dem jeweiligen Vorjahr angibt.“⁴¹

Die Inflation hat immer Auswirkungen auf die Kosten- und Erlösseite. Ist dieser Einfluss in gleichem Maße vorhanden, so spielt die Inflation nur eine untergeordnete Rolle. Es kann ein Realansatz für die Investitionsrechnung gewählt werden. Realansatz bedeutet, dass mit heutigen, realen Größen gerechnet wird. Eine Betrachtung unter nominalen Werten macht dann einen Sinn, wenn Erlöse und Erträge anderen Teuerungsraten ausgesetzt sind.⁴²

Wird mit einem realen Zinssatz i_{real} (inflationsbereinigt) gerechnet, so muss mit Hilfe der Inflationsrate und des Nominalzinssatzes i_{nom} darauf umgerechnet werden. Der Nominalzinssatz wird auch Kalkulationszinssatz bezeichnet und ist in Absatz 2.1.4.4 auf Seite 14 erklärt. Dieser Zusammenhang beschreibt Formel 9.⁴³

³⁹ PALLI, M, C, (2004), S.127.

⁴⁰ Vgl. TIETZE, J, (2011), S.93.

⁴¹ TIETZE, J, (2011), S.93.

⁴² Vgl. SCHAUFELBÜHL, K; HUGENTOBLE, W; BLATTNER, M, (2007), S.485.

⁴³ Vgl. TIETZE, J, (2011), S97.

$$i_{real} = \frac{1 + i_{nom}}{1 + i_{infl}} - 1$$

Formel 9: Zusammenhang zwischen i_{real} und i_{nom} über die Inflationsrate⁴⁴

Bei sehr kleinen Inflationsraten kann auch vereinfacht angenommen werden, dass der Realzinssatz der Differenz aus Kapitalzinssatz und Inflationsrate entspricht. Es entspricht nämlich der prozentuale Fehler dieser Näherung genau der Inflationsrate, was sich bei kleinen Werten nicht signifikant auswirkt.⁴⁵

2.2 Wirtschaftlichkeitsmethoden im energieeffizienten Hochbau

Das Institut für Wohnen und Umwelt Darmstadt (IWU)⁴⁶ befasst sich seit längerer Zeit mit den Beurteilungsmethoden der Wirtschaftlichkeit von Energiesparinvestitionen im Neubau und im Gebäudebestand. Auf Basis der vom IWU veröffentlichten Artikel sind diese theoretischen Überlegungen entstanden.

Bei Investitionsentscheidungen im Hochbau ist zwischen dem selbst genutzten und dem Mietwohnbau zu unterscheiden, weil es darauf ankommt, wer die Energiekosteneinsparungen tatsächlich als Einnahmestrom wahrnimmt. So hat ein Vermieter bei höheren Investitionskosten in die energetisch betrachtete günstigere Variante keine Kosteneinsparungen bei den daraus resultierenden Energiekosten. Es muss für diese Interessensgruppe also eine alternative Bewertung des Wertes der Mehrinvestition gefunden werden. Das IWU stellt hierzu die Capital Asset Value Methode vor, welche vom Capital Asset Pricing Model zur Unternehmensbewertung abgeleitet wurde.^{47,48} Diese wird in dieser Arbeit jedoch nicht behandelt, da die Aufgabenstellung nur den selbstgenutzten Wohnbau beinhaltet. Wie bereits in 2.1.1 erklärt, werden im Zuge dieser Arbeit nur dynamische Investitionsrechnungsmethoden beschrieben und angewendet. Als anerkanntes Regelwerk gibt die VDI 2067 auch eine Wirtschaftlichkeitsmethode basierend auf der Annuitätenmethode vor. Die darin enthaltene Methodik wird in diesem Kapitel unter Absatz 2.7 beschrieben.

⁴⁴ TIETZE, J, (2011), S97.

⁴⁵ Vgl. TIETZE, J, (2011), S99.

⁴⁶ Für nähere Infos dazu siehe: <http://www.iwu.de>

⁴⁷ Vgl. ENSELING, A, (2003). S.10ff.

⁴⁸ Für nähere Infos zum Capital Asset Pricing Modell siehe SCHÄFER, C, (2009), S.36ff.

2.2.1 Die Kapitalwertmethode

Der Kapitalwert, auch Net-Present-Value (NPV), wie er unter 2.1.4.2 definiert wurde, ist die Grundlage für alle weiter vorgestellten Investitionsrechnungsverfahren, denn aus ihm lassen sich mehr oder weniger alle anderen ableiten. Der Kapitalwert macht Investitionsalternativen durch Diskontierung ihrer Ein- und Auszahlungsreihen auf einen gemeinsamen Bezugszeitpunkt (vornehmlich der Zeitpunkt der Anfangsinvestition) miteinander vergleichbar. Diskontiert wird mit einem zuvor festgelegten Kalkulationszinssatz wie er in Absatz 2.1.4.4 beschrieben ist.⁴⁹

Ist der Kapitalwert einer Investition größer 0, ist die Investition als wirtschaftlich zu betrachten. Es wird also ein Überschuss über die durch den Kalkulationszinssatz definierte Mindestrendite realisiert. Liegt der Kapitalwert unter 0, so ist die Alternative nicht profitabel. Bei einem Variantenvergleich ist diejenige zu bevorzugen, welche den höchsten Kapitalwert ergibt.⁵⁰

2.2.2 Die Annuitätenmethode

Die Annuitätenmethode ist eng verwandt mit der Kapitalwertmethode. Es wird im Vergleich zu ihr nicht der Gesamterfolg, sondern der Periodenerfolg ermittelt. Dies erfolgt durch die Multiplikation des Kapitalwertes mit dem Annuitätenfaktor. Die Renten sind zinseszinsmäßig bewertete Jahresdurchschnittsgewinne oder Verluste. Es wird analog zur Kapitalwertmethode (wegen des Zusammenhangs über einen konstanten Annuitätenfaktor) der Variante mit der höchsten positiven Annuität die größte Rendite zugeschrieben. Bei der Beurteilung von nur einer Variante sind Jahresdurchschnittsgewinne, also positive Renten, rentabel. Das heißt, dass bei gegebenem Kalkulationszinssatz die Periodenüberschüsse die Periodenausgaben übersteigen. Die Annuitätenmethode eignet sich zum Vergleich von Alternativen mit unterschiedlichen Investitionsdauern.⁵¹

Privaten Investoren im selbstgenutzten Hochbau, bei denen das Verständnis für Wirtschaftlichkeitsvergleiche noch nicht ausgeprägt ist, ist diese Methode zu empfehlen. Sie können sich unter einem theoretisch jährlich zu zahlenden Betrag über die Investitionsdauer wohl mehr vorstellen als eine auf den Anfangszeitpunkt diskontierte Gesamtbelastung.

⁴⁹ Vgl. BENESCH, SCHUCH, (2005), S.156f.

⁵⁰ Vgl. SCHAUFELBÜHL, K; HUGENTOBLER, W; BLATTNER, M, (2007),S.477.

⁵¹ Vgl. BENESCH, SCHUCH, (2005), S.161f.

2.2.3 Der Interne Zinssatz

Die Methode des internen Zinsfußes, auch Internal Rate of Return (IRR), ist wie erwähnt auch nah verwandt mit der Kapitalwertmethode. Dabei wird der Zinssatz errechnet, bei der die Kapitalwertfunktion 0 ergibt. Es werden mathematisch gesehen die Nullstellen der Kapitalwertfunktion gebildet.⁵²

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n (R^t * q^{-t} + L_n * q^{-n}) = \sum_{t=0}^n N_t * q^{-t}$$

Formel 10: Nullstelle der Kapitalwertfunktion⁵³

Kriterium der Wirtschaftlichkeit ist nun der Vergleich des internen Zinsfußes an einem Zinssatz für eine Alternativanlage des Kapitals (Kalkulationszinssatz⁵⁴). Bei einem Variantenvergleich ist jene Variante zu wählen, die den höchsten Wert über dem Kalkulationszinssatz ergibt.⁵⁵

2.2.4 Die Methode des „annuitätischen Gewinns“

Der „annuitätische Gewinn“ basiert auf der Annuitätenmethode und zählt somit zur dynamischen Investitionsrechnung. Er ist definiert als „[...] Differenz zwischen annuitätischen Erlösen und annuitätischen Kosten [...]“⁵⁶

Die jährlichen Erlöse E sind als Energiekosteneinsparung gegenüber einer Referenzvariante (meist Ohnehin-Variante genannt) zu verstehen. Wie in Formel 11 dargestellt, errechnet sie sich aus der Differenz zwischen den jährlichen Energiekosten ohne die Maßnahme und den jährlichen Energiekosten nach Durchführung der Maßnahme. Die Energiekosten ergeben sich aus Endenergie multipliziert mit dem mittleren zukünftigen Energiepreis.⁵⁷

$$E = p * V_0 - p * V_s$$

Formel 11: Annuitätische Erlöse⁵⁸

E = annuitätische Erlöse (jährliche Energiekosteneinsparung durch die Maßnahme)

p = mittlerer zukünftiger Energiepreis

V₀ = jährlicher Energieverbrauch ohne die Maßnahme

V_s = jährlicher Energieverbrauch nach Durchführung der Maßnahme

⁵² Vgl. MESSNER; KREIDL; WALA, (2007), S.179.

⁵³ Vgl. Formel 3, S.8.

⁵⁴ Vgl. Absatz 2.1.4.4, S.9.

⁵⁵ Vgl. MESSNER; KREIDL; WALA, (2007), S.180.

⁵⁶ ENSELING, A, (2003), S.4.

⁵⁷ Vgl. ENSELING, A, (2003), S.4f.

⁵⁸ ENSELING, A; HINZ, E (2006), S.22.

Um die annuitätischen Kosten K zu berechnen, wird die Differenz aus Investitionskosten für die energieeffizientere Variante und sowieso notwendiger Referenzvariante (Kopplungsprinzip) gebildet und diese mit dem Annuitätenfaktor auf gleich große jährliche Kosten umgerechnet. Dazu kommen außerdem eventuelle jährlich anfallende Zusatzkosten wie Wartung oder Hilfsenergie. Formel 12 beschreibt diesen Zusammenhang.⁵⁹

$$K = a * I + Z$$

Formel 12: Annuitätische Kosten

K = annuitätische Kosten für die energiesparende Maßnahme

a = Annuitätenfaktor

I = Investitionsmehrkosten gegen Referenz der energiesparenden Maßnahme

Z = eventuell anfallende annuitätische Zusatzkosten für Wartung oder Hilfsenergie

Formel 13 beschreibt nun den annuitätischen Gewinn G wie beschrieben.

$$G = E - K = (p * V_0 - p * V_s) - (a * I + Z)$$

Formel 13: Annuitätischer Gewinn⁶⁰

Sind nun die Erlöse größer als die Kosten, so ist die Variante wirtschaftlich. Der annuitätische Gewinn ist somit größer 0. Diese Wirtschaftlichkeitsmethode liefert außerdem eine Aussage, wie wirtschaftlich im Vergleich zu anderen Varianten die betrachtete tatsächlich ist. Sie macht deshalb Varianten untereinander vergleichbar und lässt Rückschlüsse auf ein Optimum zu. Dies ist darum möglich, weil die gesamte Menge an gesparter Endenergie in die Berechnung miteingeht.⁶¹

⁵⁹ Vgl. ENSELING, A, (2003), S.4.

⁶⁰ ENSELING, A;HINZ, E (2006), S.22.

⁶¹ ENSELING, A;HINZ, E (2006), S22.

2.2.5 Die Methode der „Kosten der eingesparten kWh Endenergie“

Auch die Methode „Kosten der eingesparten kWh Endenergie“ basiert auf der Annuitätenmethode der Investitionsrechnung und zählt somit zu den dynamischen Verfahren. Bei dieser Methode werden, wie in Formel 14 dargestellt, die annuitätischen Mehrkosten der energiesparenden Variante (vgl. Formel 12) durch die Endenergieeinsparung gegenüber der Referenzvariante (Endenergiebedarf der Referenzvariante minus Endenergiebedarf der zu vergleichenden Variante) dividiert.⁶²

$$P_{\text{ein}} = \frac{K}{(V_0 - V_s)}$$

Formel 14: Preis der eingesparten kWh Endenergie⁶³

P_{ein} = Preis der eingesparten kWh Endenergie

Die zu vergleichende Variante ist wirtschaftlich, wenn die Mehrkosten pro eingesparter kWh geringer sind als der mittlere zukünftige Energiepreis, wie Formel 15 zeigt.⁶⁴

$$\text{wirtschaftlich wenn: } P_{\text{ein}} < P_{\text{mittel}}$$

Formel 15: Kriterium für Wirtschaftlichkeit beim Preis der eingesparten kWh⁶⁵

Der mittlere zukünftige Energiepreis wird darum verwendet, weil er den durchschnittlich zu erwartenden Energiepreis über die gesamte Betrachtungszeit widerspiegelt. Die Unsicherheit der Energiepreisentwicklung ist nun nur in dem zu vergleichenden mittleren zukünftigen Energiepreis enthalten, jedoch nicht in der Berechnung von P_{ein} , damit werden viele Unsicherheiten vermieden. Es ist nun sinnvoll, noch einen Sensitivitätsbereich von +/- einigen Prozent um die Energiepreissteigerung anzugeben, um den Preis der eingesparten kWh mit mehreren Szenarien vergleichen zu können. Er kann theoretisch auch mit dem heutigen Energiepreis verglichen werden, dies ist leichter zu verstehen, birgt aber Risiken der Fehlinterpretation durch Nichtbeachtung der Energiepreissteigerung.

Ein weiterer Vorteil dieses Kalküls ist, dass nicht nur Energiesparmaßnahmen, die eine Variation von nur einem Bauteil betrifft, verglichen werden können (z.B.: verschiedene Heizungssysteme). Es ist vielmehr möglich, komplett unterschiedliche Alternativen aus verschiedenen Bereichen gegenüberzustellen (z.B.: neues Heizungssystem gegen Fenstertausch).⁶⁶

Die beschriebene Methode ist nur für Investoren geeignet, welche auch indirekte Einnahmen aus der Energiesparinvestition wahrnehmen, also für den selbstgenutzten Wohnbau.⁶⁷ Für den vermieteten Wohnbau ist die Variante geeignet, um z.B. Vermietbarkeitsargumente zu schaffen und für informative Aussagen über die Wirtschaftlichkeit.

⁶² Vgl. ENSELING, A, (2003), S.5.

⁶³ ENSELING, A; HINZ, E (2006), S.13.

⁶⁴ Vgl. ENSELING, A, (2003), S.5.

⁶⁵ Vgl. ENSELING, A, (2003), S.5.

⁶⁶ Vgl. ENSELING, A; HINZ, E (2006), S.13f.

⁶⁷ Vgl. ENSELING, A (2003), S.6.

2.3 Energiepreissteigerung

Ein sehr wichtiges Thema sind die Annahmen über die Energiepreissteigerung bei Investitionsentscheidungen. Da der Energiepreis erfahrungsgemäß kontinuierlichen Schwankungen ausgesetzt ist, einen deutlich ansteigenden Trend aufweist und für größere Zeiträume kaum vorhersehbar ist, muss ein geeigneter Referenzenergiepreis ermittelt werden, um Aussagen über Investitionen sinnvoll tätigen zu können.⁶⁸

Wird die Steigerung zu gering angenommen, wirkt sich dies vor allem bei längerfristigen Investitionen mit langen Nutzungsdauern, wie bei energetischen Verbesserungen im Hochbau, nachteilig auf die Wirtschaftlichkeit aus.⁶⁹

Eine mögliche Referenz stellt hier der mittlere zukünftige Energiepreis dar. Dieser ergibt sich durch Angabe eines heute gültigen leicht erfassbaren Energiepreises E_{heute} , dem Kalkulationszinssatz i_{kalk} (Kapitalzinssatz; $q = 1 + i_{\text{kalk}}$), einer Energiepreissteigerung a in Prozent und dem Betrachtungszeitraum n .

Unter der Annahme, dass der heutige Energiepreis E_{heute} jedes Jahr derselbe sei, wird mit dem Barwertfaktor für Preissteigerungen der Gegenwartswert des Energiepreises unter Berücksichtigung von Preissteigerungen berechnet. Dieser wird dann wieder mit dem Kapitalwiedergewinnungsfaktor ohne Preissteigerungen auf konstante jährliche Annuitäten, dem mittleren zukünftigen Energiepreis p umgerechnet.

$$\begin{aligned}
 p &= E_{\text{heute}} * BWF_{\text{preisst}}(f(i_{\text{kalk}}, a, n)) * KWF(f(i_{\text{kalk}}, n)) \\
 &= E_{\text{heute}} * \left(\left(\frac{a}{q} \right) * \frac{\left(\frac{q^n}{q} - 1 \right)}{\left(\frac{a}{q} - 1 \right)} \right) * \left(\frac{(q - 1) * q^n}{q^n - 1} \right)
 \end{aligned}$$

Formel 16: Mittlerer zukünftiger Energiepreis

Der Ausdruck $BWF_{\text{preisst}} * KWF$ wird in weiterer Folge als Preisdynamischer Annuitätenfaktor bezeichnet.

⁶⁸ Vgl. SCHULZ, C.; ROSEMSCHON, S. (2011); S.130ff.

⁶⁹ ENSELING, A (2003), S.4.

2.4 Energiekennwerte von Gebäuden

Dieses Kapitel behandelt die Definition von Energiekennwerten, die im Hochbau und in dieser Arbeit verwendet werden. Außerdem soll der Übersicht halber ein Vergleich zwischen den für diese Arbeit relevanten Verfahren zur Berechnung von Energiebedarfswerten gegeben werden.

2.4.1 Definitionen

Zur Abgrenzung von Begriffen werden diese unter diesem Punkt klar definiert.

2.4.1.1 Bedarf

„Rechnerisch ermittelte Wärme- und Energiemenge unter Zugrundelegung festgelegter Grundbedingungen.“⁷⁰ Dies sind also Werte, die sich aus einer ingenieurmäßigen Berechnung ergeben und für die Dimensionierung oder Kontrolle herangezogen werden.⁷¹

2.4.1.2 Verbrauch

„Tatsächlich für ein Gebäude benötigte Wärme- oder Energiemenge.“⁷² Er beschreibt auch nicht rechnerisch erfassbare Faktoren wie nutzerspezifisches Verhalten oder tatsächliche energetische Qualität des Gebäudes.⁷³

2.4.1.3 Heizwärmebedarf

„Es ist die Wärmemenge, die von den Heizkörpern [oder Heizflächen, Anm. d. Verf.] dem zu beheizenden Gebäude oder Gebäudeteilen zur Verfügung gestellt werden muss, um die gewünschte Raumtemperatur aufrecht zu erhalten.“⁷⁴

2.4.1.4 Heizenergiebedarf

„Zu ihm gehört jene Energiemenge, die zur Deckung des Heizwärmebedarfs dem Heizungs-System des Gebäudes zugeführt werden muss. Darin sind Verluste des Heizungs-Systems bei der Wärmeübergabe, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung sowie der Wärmeerzeugung enthalten.“⁷⁵

2.4.1.5 Hilfsenergie

„Energie, die zum Betreiben der Anlage wie Regelungstechnik, Pumpen u.a. benötigt wird.“⁷⁶

⁷⁰ BLÄSI, W. (2002), S.27.

⁷¹ Vgl. HEGNER, H. (2008), S.37ff.

⁷² BLÄSI, W. (2002), S.27.

⁷³ Vgl. HEGNER, H. (2008), S.43.

⁷⁴ BLÄSI, W. (2002), S.28.

⁷⁵ BLÄSI, W. (2002), S.28.

⁷⁶ BLÄSI, W. (2002), S.27.

2.4.1.6 Endenergiebedarf

Er setzt sich zusammen aus dem Heizenergiebedarf, der Energie zur Bereitstellung von Warmwasser und der Hilfsenergie. Der Endenergiebedarf ist die effektiv von außen in das System „Haus“ eingebrachte Energiemenge, die der Verbraucher auch bezahlen muss.⁷⁷

2.4.1.7 Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf setzt sich zusammen aus dem Endenergiebedarf und der zusätzlichen Energie außerhalb der Systemgrenze des Gebäudes, um diesen bereitzustellen. Unter Bereitstellung fallen die Energiemengen für die Gewinnung, Umwandlung, die Verteilung und eventuell die Speicherung der Energieträger (z.B.: Brennstoffe, Strom, Fernwärme), die durch vorgelagerte Prozessketten notwendig sind. Um die Primärenergie berechnen zu können, wird die Endenergie mit einem sogenannten Primärenergiefaktor multipliziert.⁷⁸ Diese Faktoren können weiter in regenerative und nichtregenerative Anteile und einzelne Energieträger unterteilt werden.⁷⁹

Die ESU-services GmbH, das Ökoinstitut mit ihrem Programm GEMIS und die DIN V 4701-10 veröffentlicht Werte für die Primärenergiefaktoren in unterschiedlichster Detaillierung.⁸⁰

2.4.1.8 Kumulierter Energie-Verbrauch (KEV)

Der KEV ist ein vom Öko-Institut weiterentwickelter Primärenergiefaktor. Es werden Teil-KEV's ausgewiesen, die Rückschlüsse auf die regenerativen und nichtregenerativen Anteile geben. Das Öko-Institut geht außerdem von der 100% Regelung aus, welche besagt, dass bei der Gewinnung von Energieträgern der Quelle immer 100% Primärenergie entnommen werden.⁸¹ Er „[...] klammert diejenigen stofflichen Aufwendungen aus, die nicht energetisch genutzt werden [...]“.⁸² Wird z.B. Holz als Baustoff eingesetzt, wird der Heizwert dieses Holzes (welcher durch das Verbauen nicht freigesetzt wird) in der Berechnung des KEV, im Gegensatz zum KEA, nicht berücksichtigt.⁸³

2.4.2 Spezifische Energiebedarfswerte

Um Energiebedarfswerte untereinander vergleichbar zu machen, werden sie durch zugehörige Bezugsgrößen dividiert. Diese Bezugsgrößen sind üblicherweise Flächen, die aber von Richtlinie zu Richtlinie unterschiedlich definiert sind. So verwendet die OIB Richtlinie 6 die konditionierte Bruttogrundfläche als Bezugsgröße. Im Gegensatz dazu verwendet das Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP) die Wohnnutzfläche (Energiebezugsfläche), welche etwa 30% kleiner als die Bruttogrundfläche ist.⁸⁴

⁷⁷ Vgl. HEGNER, H. (2008), S.42.

⁷⁸ Vgl. HEGNER, H. (2008), S.42ff.

⁷⁹ Vgl. FRISCHKNECHT, R.; TUCHSCHMID, M.; ITTEN, R. (2011), S.3.

⁸⁰ Vgl. Absatz 2.6, S.29.

⁸¹ Vgl. GROSSKLOS, M. (2009), S.1.

⁸² FRITSCHKE, U.; WIEGMANN, K. (2008), S.2ff.

⁸³ Vgl. FRITSCHKE, U.; WIEGMANN, K. (2008), S.2

⁸⁴ Vgl. <http://www.energiesparhaus.at>, (21.09.11)

2.4.3 Energieausweis nach OIB

Der Energieausweis ist in Österreich und in der EU bei allen Neubauten, sowie bei umfassenden Sanierungsmaßnahmen zu erstellen. Seit 2009 ist die Vorlage eines Energieausweises auch bei Verkauf, Verpachtung und Vermietung von Gebäuden vorgeschrieben. Er dient der Kategorisierung und Validierung von Gebäuden im Bestand und Neubau und der Definition von transparenten Kennwerten. Ein wichtiger Kennwert ist dabei der spezifische Heizwärmebedarf. Er ist auf ein Referenzklima bezogen und je m² Bruttogrundfläche angegeben und ermöglicht somit einen direkten Vergleich der Immobilie mit anderen.⁸⁵

In Zeiten des verantwortungsbewussten Umgangs mit Ressourcen ist eine Typisierung von Immobilien anhand ihrer energetischen Performance, wie es der Energieausweis vormacht, durchaus als sinnvoll zu erachten. Dies steigert den Wert von energetisch gut situierten Gebäuden am Markt und bringt das allgemeine Ressourcenknappheitsproblem mehr in die Köpfe der Menschen.

2.4.4 Energiebedarfsermittlung nach PHPP

PHPP steht für Passivhaus Projektierungs Paket und ist, wie der Name schon sagt, ein Programm zur Projektierung von Passivhäusern⁸⁶. Es ermittelt Energiebedarfswerte von Gebäuden mithilfe eines validierten stationären Energiebilanzverfahrens. Es ist als Planungshilfsmittel konzipiert und soll Architekten und Haustechnikplanern bei der Planung von Passivhäusern hilfreich unterstützen. Es können ab Version 2007 Passivhäuser als Wohn- und Nichtwohngebäude betrachtet werden. Alle spezifischen Berechnungsergebnisse im PHPP sind auf die Energiebezugsfläche bezogen.⁸⁷ „Die Energiebezugsfläche von Wohngebäuden ist der Anteil der Wohnfläche nach Wohnflächenverordnung [WoflV], der sich innerhalb der thermischen Hülle befindet.“⁸⁸

2.5 CO₂-Emissionen

CO₂ ist ein natürlicher Bestandteil der Luft und der Atmosphäre, wo es als Treibhausgas wirkt. Es wird freigesetzt durch Verbrennung von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdgas und Erdöl, sowie indirekt durch anthropogene Verminderung von CO₂ Senken und Puffern, die es absorbieren und speichern können (z.B.: Regenwald, Feuchtgebiete, Meer).⁸⁹

⁸⁵ Vgl. <http://www.energieausweis.at>, (20.10.11)

⁸⁶ Für nähere Infos dazu siehe: <http://www.passiv.de>

⁸⁷ Vgl. FEIST, W. et.al. (2010), S.7f.

⁸⁸ FEIST, W. et.al. (2010), S.44.

⁸⁹ Vgl. FRATER, H.; PODBREGER, N.; SCHWANKE, K. (2009), S.16ff.

2.5.1 CO₂ und Treibhauseffekt

CO₂ bewirkt durch seine natürliche Treibhauswirkung ein für Menschen lebensfreundliches Klima. Es lässt gemeinsam mit anderen Treibhausgasen (z.B.: Wasserdampf, Methan, Lachgas) die kurzwellige Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre durchdringen, aber den von der Erdoberfläche reflektierten langwelligen Strahlungsanteil nicht vollständig in den Weltraum entweichen. Steigt nun die Konzentration an CO₂ und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre, so kommt es zu einem Ungleichgewicht, und die Temperaturen auf der Erde steigen an. Der Wert der Konzentration lag 2007 28 Prozent über dem jemals zuvor in den letzten 800.000 Jahren aufgetretenen. Zu alledem steigt die CO₂-Zunahme kontinuierlich an (33 Prozent in den letzten 20 Jahren), wie aus laufenden Messungen hervorgeht.⁹⁰

2.5.2 CO₂-Äquivalente

Mit CO₂-Äquivalenten kann die Treibhauswirkung von anderen Treibhausgasen in die von CO₂ umgerechnet werden dabei hat CO₂ den Wert 1. Dies ermöglicht einen leichten Vergleich von Treibhausgasen und Energieträgern, bei deren Erzeugung, Transport und Verwendung nicht nur CO₂ produziert wird, untereinander mit nur einer Kennziffer.⁹¹

2.5.3 Berechnung der CO₂-Emissionen und Äquivalente

Die Berechnung der CO₂-Emissionen erfolgt laut der deutschen Energieeinsparverordnung⁹² (EnEV) 2007 nach Formel 17 aus der Summe der Multiplikation der CO₂-Emissionsfaktoren und der Endenergieverbräuche der einzelnen Verbraucher.

$$m(\text{CO}_2) = \sum (f_{\text{CO}_2} * Q_{f,j})$$

Formel 17: CO₂-Emissionen nach EnEV 2007⁹³

$m(\text{CO}_2)$ = Menge an CO₂-Emissionen in kg

f_{CO_2} = Energieträgerspezifischer CO₂-Emissionsfaktor in kg_{CO2}/kWh_{Endenergie}

$Q_{f,i}$ = Endenergien der einzelnen Verbraucher (z.B.: Heizung, Kühlung, Hilfsenergie)

Analog dazu werden die CO₂-äquivalenten Emissionen mit den CO₂-Äquivalenten statt den Emissionsfaktoren berechnet

⁹⁰ Vgl. FRATER, H.; POEBREGER, N.; SCHWANKE, K. (2009), S.16ff.

⁹¹ Vgl. FRATER, H.; POEBREGER, N.; SCHWANKE, K. (2009), S.21ff

⁹² Für nähere Infos siehe: <http://www.enev-online.de>

⁹³ FISCHER, H. et al (2007), S.335.

$$m(\text{CO}_{2,\text{EQ}}) = \sum (f_{\text{CO}_{2,\text{EQ}}} * Q_{f,j})$$

Formel 18: Berechnung der CO₂-Äquivalente

$m(\text{CO}_{2,\text{EQ}})$ = Menge an CO₂-Emissionen in kg

$f_{\text{CO}_{2,\text{EQ}}}$ = Energieträgerspezifischer CO₂-Emissionsfaktor in kg_{CO2}/kWh_{Endenergie}

CO₂-Emissionsfaktoren und Äquivalente werden vom Öko-Institut e.V (Deutschland) über das Programm GEMIS und von der ESU-services GmbH (Schweiz) in Veröffentlichungen publiziert.⁹⁴

Da diese Faktoren nicht immer identisch sind, ist keine einheitliche Vergleichbarkeit von CO₂-Emissionen gegeben und es herrscht ein Spielraum für Interpretationen.⁹⁵

2.6 Ökobilanzierungsrichtlinien

Darunter versteht man von unabhängigen Instituten herausgegebene Vorschlagswerte zur Erstellung von Ökobilanzen. Ökobilanzierungen können durch Fokus auf die ausgestoßenen Treibhausgase (CO₂-Emissionen und CO₂-Äquivalente) oder die Betrachtung der benötigten Primärenergie und deren genauen Anteile erfolgen.⁹⁶

2.6.1 ÖKO-Institut e.V. - GEMIS

„GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) ist eine Datenbank mit Bilanzierungs- und Analysemöglichkeiten für Lebenszyklen von Energie-, Stoff- und Transportprozessen sowie ihrer beliebigen Kombination.“⁹⁷ GEMIS wurde 1989 vom ÖKO-Institut e.V. in seiner ersten Version publiziert.⁹⁸ Bis heute wird es ständig aktualisiert und weiterentwickelt.

GEMIS dient in erster Linie als Datenserver und erstellt keine Ökobilanzen nach DIN-ISO. Es untersucht die kompletten Herstellungswege und Erzeugungs- Umwandlungs- und Verarbeitungsprozesse von verschiedensten Produkten wie z.B. von Energieträgern.⁹⁹

Schwerpunkt der Daten liegt bei GEMIS auf den folgenden Faktoren:

- Klimawirkung (CO₂-Emissionen und Äquivalente)
- Versauernde Luftschadstoffe (z.B.: SO₂-Äquivalente)
- Ressourcenbedarf (Primärenergie mit KEV, Rohstoffe und Flächenbedarf)¹⁰⁰

⁹⁴ Vgl. Absatz 2.6, S.29

⁹⁵ Vgl. SCHILD, K.; BRÜCK, H. (2010), S.31.

⁹⁶ Vgl. HEGNER, H. (2008), S.42

⁹⁷ FRITSCHKE, U.; SCHMIDT, K. (2008), S.2.

⁹⁸ Vgl. FRITSCHKE, U.; RAUSCH, L.; SIMON, H.K. (1989), S.ii.

⁹⁹ FRITSCHKE, U.; SCHMIDT, K. (2008), S.3.f

¹⁰⁰ Vgl. ÖKO-Institut Darmstadt (2010), Blatt.1.

Das ÖKO-Institut publiziert zu jeder Version von GEMIS auf ihrer Homepage ein Ergebnisdatenblatt im Excel-Format für Energieträger. Brennstoffkennwerte für den Datensatz GEMIS sind der Version 4.6 dieses Ergebnisblatts entnommen.

2.6.2 ESU-services GmbH

Die ESU-services GmbH mit Sitz in Uster in der Schweiz ist eine unabhängige Beratungsdienstleistungsstelle, die sich mit der Ökobilanzierung von Produkten über ihren gesamten Lebenszyklus befasst. Aus ihrer Schmiede entspringen Publikationen über Primärenergiefaktoren von Energiesystemen, welche auch in der Datenbank für Ökobilanzen „ecoinvent“ verwendet wird.¹⁰¹

2.6.3 DIN V 4701-10

Die volle Bezeichnung der DIN V 4701-10 lautet „Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung“. „Nach dieser Norm wird [...] der Jahres-Endenergiebedarf (Primärenergie und Endenergie) für Heizen und Trinkwassererwärmung unter definierten Randbedingungen ermittelt.“¹⁰² Zur Berechnung des Primärenergiebedarfs gibt die Norm in DIN SPEC 4701-10/A1:2009-10 eine Tabelle für Primärenergiefaktoren vor. Das Programm PHPP 2007, beschrieben unter Absatz 2.4.4, verwendet diese Faktoren in seiner Datenbank zu Berechnung der Primärenergie¹⁰³.

Energieträger		Primärenergiefaktoren f_p	
		insgesamt	nicht erneuerbar
		A	B
Brennstoffe	Heizöl EI	1,1	1,1
	Erdgas H	1,1	1,1
	Flüssiggas	1,1	1,1
	Steinkohle	1,1	1,1
	Braunkohle	1,2	1,2
	Holz	1,2	0,2
Nah-/Fernwärme aus KWK	fossiler Brennstoff	0,7	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,7	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	1,3	0,1
Strom	Strom-Mix	3,0	2,6
Biogene Brennstoffe	Biogas, Bioöl	1,5	0,5
Umweltenergie	Solarenergie, Umgebungswärme	1,0	0,0

Tabelle 3: Primärenergiefaktoren nach DIN SPEC 4701-10/A1:2009-10¹⁰⁴

¹⁰¹ Vgl. <http://www.esu-services.ch/de/ourservices/>, (22.09.11).

¹⁰² DIN V 4701, Blatt 10 (2001), S.4.

¹⁰³ Vgl. FEIST, W. et.al. (2010), S.159.

¹⁰⁴ DIN SPEC 4701-10/A1:2009-10, S.4f.

2.7 Annuitätenmethode nach der „VDI 2067 - Wirtschaftlichkeit Gebäudetechnischer Anlagen“¹⁰⁵

Die Richtlinie VDI 2067 bewertet gebäudetechnische Anlagen in energetischer, ökologischer und wirtschaftlicher Sicht. Fokus wird jedoch auf die energetische Betrachtung gelegt. Sie ist für alle Gebäudearten gültig und liefert weiterhin einen Anhaltspunkt zur Berechnung der Kosten gebäudetechnischer Anlagen. Sie ist nicht als Auslegungsrichtlinie geschaffen worden, sondern um in frühen Planungsphasen eines Projektes einen energetischen und wirtschaftlichen Variantenvergleich zu ermöglichen.¹⁰⁶

In ihr sind Vorschlagswerte für die rechnerische Nutzungsdauer, den Aufwand für Wartung und Instandsetzung und Bedienung in Tabellenform angegeben.

Die Berechnung der Annuitäten erfolgt unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen nach Ablauf der Nutzungsdauer der Komponenten und mit Restwerten am Ende der Betrachtungszeit.

2.7.1 Begriffe und Definitionen

Zum besseren Verständnis werden vorweg einige Begriffe definiert.

2.7.1.1 Rechnerische Nutzungsdauer

„Die rechnerische Nutzungsdauer stellt einen Erfahrungswert dar und beginnt mit der erstmaligen Inbetriebnahme der Anlage. Die tatsächliche Nutzungsdauer kann davon nach oben und unten abweichen. Die rechnerische Nutzungsdauer ist beendet, wenn Reparatur und Instandsetzung sowie die Kosten für die Erneuerung einzelner Anlagenteile einen so hohen Aufwand erfordern, dass er in keinem vertretbaren Verhältnis mehr zu einer Neuanschaffung steht.“¹⁰⁷

2.7.1.2 Bedienung

„Betätigen umfasst alle Arbeiten, die durch das Bedienungspersonal für den reibungslosen Betrieb von Anlagen durchzuführen sind. Man unterscheidet Stellen der Anlagen (Ingangsetzen, Inganghalten, Stillsetzen), Überwachen des Betriebes, soweit das nicht in den Bereich der Instandhaltung fällt, sowie Beheben von kleinen Störungen.“¹⁰⁸

2.7.1.3 Wartung

„Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes von technischen Mitteln eines Systems.“¹⁰⁹

¹⁰⁵ Vgl. VDI 2067, (2000), Blatt1, S.1ff.

¹⁰⁶ Vgl. <http://www.bhkw-infozentrum.de>, (14.09.2011)

¹⁰⁷ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.3.

¹⁰⁸ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.3f.

¹⁰⁹ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.4.

2.7.1.4 Instandsetzung

„Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes von technischen Mitteln eines Systems.“¹¹⁰

2.7.1.5 Erneuerung

Eine Erneuerung ist dann fällig, wenn das betreffende Bauteil aus Altersgründen, eines Schadens oder aufgrund des technischen Fortschritts erneuert wird. Dies geschieht durch Tätigen einer Ersatzinvestition nach Ablauf der rechnerischen Nutzungsdauer.¹¹¹

2.7.2 Kostengruppen der VDI 2067

Die VDI 2067 unterscheidet vier Kostengruppen, die für die Berechnung notwendig sind.

- Kapitalgebundene Kosten (inklusive Instandsetzung und Erneuerung)
- Bedarfs-(verbrauchs-)gebundene Kosten
- Betriebsgebundene Kosten
- Sonstige Kosten

Einige wichtige Kostenarten der vier Kostengruppen sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Kapitalgebundene Kosten	Bedarfs-(Verbrauchs-)gebundene Kosten	Betriebsgebundene Kosten	Sonstige Kosten
<ul style="list-style-type: none"> • Anlagenkomponenten, z.B.: Wärmereizeger, Heizkörper, Ventilatoren, Antriebsmotoren usw. • Bauliche Anlagen, z.B.: Technikzentralen und Schornsteine • Maßnahmen zum Schall- und Wärmeschutz, Anschlusskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Energiekosten (Grund- und Arbeitspreis) • Kosten für Hilfsenergie • Kosten für Betriebsstoffe (Schmierstoffe, Additive, Chemikalien usw.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bedienen • Reinigen • Warten • Inspizieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Versicherungen • Steuern • Allgemeine Abgaben • Anteilige Verwaltungskosten • Gewinn und Verlust

Tabelle 4: Beispiele für Kostengruppen und Kostenarten¹¹²

¹¹⁰ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.4.

¹¹¹ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.4.

¹¹² VDI 2067, (2000), Blatt1, S.20.

2.7.2.1 Kapitalgebundene Kosten

Kapitalgebundene Kosten bezeichnen Investitionskosten für betriebstechnische Anlagenteile und die zugehörigen Bauteile. Sie bilden die Grundlage für die Berechnung der Instandsetzungs-, Erneuerungs- und betriebsgebundenen Kosten mit Hilfe der in Tabellen angegebenen Faktoren sowie der verbleibenden Restwerte.

2.7.2.2 Bedarfs-(verbrauchs-)gebundene Kosten

Die Kosten für Energie und Betriebsstoffe sind mit Hilfe der einzelnen Bedarfswerte (Endenergiebedarf und Betriebsstoffbedarf) und der dazugehörenden Preise für die einzelnen Verbraucher zu berechnen.

2.7.2.3 Betriebsgebundene Kosten

In diese Kostenart fallen Kosten für das Bedienen der Anlagen sowie anfallende Wartungskosten.

2.7.2.4 Sonstige Kosten

Kosten, die in die bereits beschriebenen Kostengruppen nicht zuordenbar sind, werden unter sonstige Kosten verrechnet. Darunter fallen z.B.: Versicherungen, allgemeine Abgaben und noch nicht verrechnete Steuern.

2.7.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätenmethode

Wie bei der zuvor unter Absatz 2.2.2 beschriebenen Annuitätenmethode werden Ein- und Auszahlungsströme in konstante jährliche Raten umgerechnet, um diese mit denen anderer Varianten vergleichen zu können. Als Betrachtungszeitraum wird die rechnerische Nutzungsdauer der kurzlebigen und/oder kapitalintensiven Anlagenkomponenten vorgeschlagen. Es wird weiter mit getrennt anzugebenden Preissteigerungsraten der einzelnen Kostengruppen gerechnet.

2.7.3.1 Annuität der kapitalgebundenen Auszahlungen

Die kapitalgebundenen Auszahlungen errechnen sich aus der Summe Investitionskosten plus die Ersatzbeschaffungen minus der Restwerte und das Ergebnis multipliziert mit dem Annuitätenfaktor. Hinzu kommen nun noch die Kosten für Instandsetzung, die mit einem preisdynamischen Annuitätenfaktor auf Annuitäten umgerechnet sind. Dieser ganze Zusammenhang wird in Formel 19 dargestellt.

$$A_{N,K} = (A_0 + A_1 + A_2 + \dots + A_n - R_w) * a + \frac{f_k}{100} * A_0 * ba_{IN}$$

Formel 19: Annuität der Kapitalgebundenen Zahlungen¹¹³

$A_{N,K}$ = Annuität der kapitalgebundenen Zahlungen

A_0 = Anfangsinvestitionsbetrag

$A_{1,2,\dots,n}$ = Barwert der ersten, zweiten, n-ten Ersatzinvestition

R_w = Restwert

a = Annuitätenfaktor¹¹⁴

f_k = Faktor für die Instandsetzung in % des Investitionsbetrages

ba_{IN} = Preisdynamischer Annuitätenfaktor

I. Ersatzinvestition

Sie wird notwendig, wenn der Betrachtungszeitraum einfach oder mehrfach über der rechnerischen Lebensdauer des Bauteils liegt. Es wird der Barwert der Ersatzbeschaffung unter Berücksichtigung der Preissteigerung nach Formel 20 berechnet.

$$A_n = A_0 * \frac{r^{(n*T_N)}}{q^{(n*T_N)}}$$

Formel 20: Barwert der Ersatzbeschaffung¹¹⁵

r = Preisänderungsfaktor ($r = 1 + i_{\text{preisänderung}}$)

q = Zinsfaktor ($q = 1 + i$)

$i_{\text{preisänderung}}$ = Preisanstieg in Prozent

i = Kapitalzinssatz

n = Anzahl der Ersatzbeschaffungen

T_N = rechnerische Nutzungsdauer

II. Restwert

Restwerte entstehen dann, wenn die Nutzungsdauer von Komponenten über dem Betrachtungszeitraum liegt. Der Restwert wird gebildet durch lineare Abschreibung der Kosten zum Beschaffungszeitpunkt auf das Ende der Nutzungsdauer und Abzinsung dieses Betrages auf einen Barwert zum Anfangszeitpunkt. Ist im Betrachtungszeitraum schon eine Ersatzinvestition fällig gewesen, wird die Ersatzinvestition linear auf den Endzeitpunkt abgeschrieben.

¹¹³ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.14.

¹¹⁴ Vgl. 2.1.4.3, S.8.

¹¹⁵ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.15.

$$R_W = A_0 * r^{(n * T_N)} * \frac{(n + 1) * T_N - T}{T_N} * \frac{1}{q^T}$$

Formel 21: Barwert des Restwerts¹¹⁶

T = Betrachtungszeitraum in Jahren

III. Preisdynamischer Annuitätenfaktor

Er berücksichtigt Preissteigerungsraten der Ein- und Auszahlungen und ergibt sich, wie Formel 22 zeigt, aus der Multiplikation von Barwertfaktor für Preissteigerungen und Annuitätenfaktor.

$$b_a = b * a$$

Formel 22: Preisdynamischer Annuitätenfaktor

b_a = Preisdynamischer Annuitätenfaktor

b = Barwertfaktor für Preissteigerungen

$$b = \frac{1 - \left(\frac{r}{q}\right)^T}{q - r}$$

Formel 23: Barwertfaktor der VDI 2067 für Preissteigerungen¹¹⁷

Da die Gleichung für $r=q$ eine Division durch Null ergibt gilt dabei

$$\text{Für } r = q \text{ gilt } b = \frac{T}{q}$$

Formel 24: Bedingung für Barwertfaktor¹¹⁸

Abbildung 5 zeigt den Verlauf des Wertes einer Investition A_0 über den Betrachtungszeitraum T. Dieser Wert nimmt linear ab, bis zum Ende der rechnerischen Nutzungsdauer T_N . Danach muss dann mit einer Ersatzinvestition, mit dem Barwert A_1 , die Komponente wieder beschafft werden. Zum Ende des Betrachtungszeitraums bleibt noch ein Restwert der Ersatzinvestition mit dem Barwert A_2 übrig, welche als Barwert R_W dargestellt ist.

¹¹⁶ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.15.

¹¹⁷ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.15.

¹¹⁸ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.15.

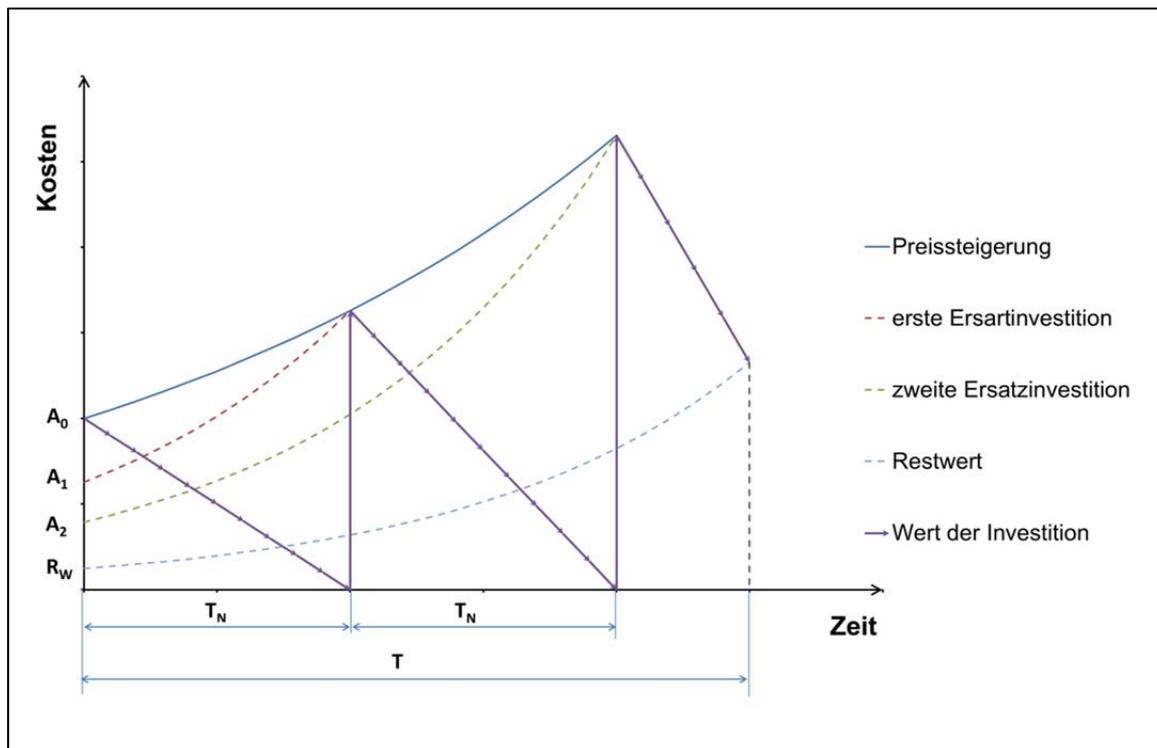


Abbildung 5: Ersatzinvestitionen und Restwert einer Anfangsinvestition A_0 ¹¹⁹

2.7.3.2 Annuität der bedarfs-(verbrauchs-)gebundenen Auszahlungen

Auch bei den Energie- und Betriebsstoffkosten werden Preisänderungsraten berücksichtigt. Dies erfordert wie bei der Berechnung der Kapitalkostenannuitäten unter Berücksichtigung eines dynamischen Annuitätenfaktors. Es werden die Kosten für Energie und Betriebsstoffe des ersten Jahres herangezogen und mit der Preisänderung auf durchschnittliche, über die Betrachtungszeit konstante Annuitäten umgewandelt.

$$A_{N,V} = A_{V1} * ba_v$$

Formel 25: Annuität der bedarfs-(verbrauchs-)gebundenen Auszahlungen¹²⁰

$A_{N,V}$ = Annuität der bedarfs-(verbrauchs-)gebundenen Auszahlungen

A_{V1} = bedarfs-(verbrauchs-)gebundenen Zahlungen im ersten Jahr

ba_v = preisdynamischer Annuitätenfaktor für die bedarfs-(verbrauchs-)gebundenen Auszahlungen

Die bedarfs-(verbrauchs-)gebundenen Zahlungen im ersten Jahr ergeben sich nach Formel 26. Es wird jeweils der Bedarf der einzelnen Auszahlungen mit den zugehörigen Kosten multipliziert und schließlich addiert.

¹¹⁹ Vgl. VDI 2067, (2000), Blatt1, S.16.

¹²⁰ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.17.

$$A_{V1} = Q_{3,Wärme} * Preis_{Wärme} + Q_{3,Kälte} * Preis_{Kälte} + Q_{3,Strom} * Preis_{Strom} + Q_{3,Wasser} * Preis_{Wasser}$$

Formel 26: Bedarfs-(Verbrauchs-)gebundenen Zahlung im ersten Jahr

$Q_{3,Wärme}$ = Energieaufwand der Wärmeerzeugung in kWh/a

$Q_{3,Kälte}$ = Energieaufwand der Kälteerzeugung in kWh/a

$Q_{3,Strom}$ = Stromaufwand (Hilfsenergieaufwand) in kWh/a

$Q_{3,Wasser}$ = Wasseraufwand in m³/a

Preis = Preise in €/kWh oder bei Wasser in €/m³

2.7.3.3 Annuität der betriebsgebundenen Auszahlungen

Die VDI 2067 sieht auch bei den betriebsgebundenen Auszahlungen gesonderte Preisänderungen vor und deshalb werden wiederum die jährlichen Auszahlungen mit einem preisdynamischen Annuitätenfaktor auf Renten umgerechnet.

$$A_{N,B} = A_{B1} * ba_B$$

Formel 27: Annuität der betriebsgebundenen Auszahlungen¹²¹

$A_{N,B}$ = Annuität der betriebsgebundenen Auszahlungen

A_{B1} = betriebsgebundene Zahlungen im ersten Jahr

ba_B = preisdynamischer Annuitätenfaktor für betriebsgebundene Auszahlungen

2.7.3.4 Annuität der sonstigen Auszahlungen

Die Annuität der sonstigen Auszahlungen wird analog zu den vorher beschriebenen Annuitäten mit einem preisdynamischen Annuitätenfaktor berechnet.

$$A_{N,S} = A_{S1} * ba_S$$

Formel 28: Annuität der sonstigen Kosten¹²²

$A_{N,S}$ = Annuität der sonstigen Auszahlungen

A_{S1} = sonstige Zahlungen im ersten Jahr

ba_S = preisdynamischer Annuitätenfaktor für sonstige Auszahlungen

¹²¹ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.17.

¹²² VDI 2067, (2000), Blatt1, S.18.

2.7.3.5 Annuität der Einzahlungen

Analog zu Auszahlungen können Einzahlungen während des Betrachtungszeitraums in gleicher Weise betrachtet werden. Einzahlungen können in allen vorher beschriebenen Kostengruppen auftreten und werden gleich der Formeln für die Auszahlungen ermittelt. Sind die Einzahlungen nicht den Kostengruppen zuzuordnen, können sie nach Formel 29 berechnet und berücksichtigt werden.

$$A_{N,E} = E_1 * ba_E$$

Formel 29: Annuität von nichtzuordenbaren Einzahlungen¹²³

$A_{N,E}$ = Annuität der nichtzuordenbaren Einzahlungen

E_1 = nichtzuordenbare Einzahlungen im ersten Jahr

ba_E = preisdynamischer Annuitätenfaktor für nichtzuordenbare Einzahlungen

2.7.3.6 Annuität der Jahresgesamtzahlungen

Um die Annuität der Gesamtjahreszahlungen A_N zu erhalten, werden die annuitätischen Auszahlungen von den Einzahlungen subtrahiert.

$$A_N = A_{NE} - (A_{N,K} + A_{N,V} + A_{N,B} + A_{N,S})$$

Formel 30: Annuität der Jahresgesamtzahlungen¹²⁴

2.8 Gliederung der Kosten im Bauwesen nach ÖNORM B 1801

Die ÖNORM B 1801 „dient als standardisierte Basis für die Gliederung von Informationen und Daten in allen Phasen der Errichtung von Bauprojekten und stellt die erforderliche Durchgängigkeit der Informationen und Daten sicher. Sie legt Begriffe und Unterscheidungsmerkmale fest und schafft damit die Voraussetzung für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Qualität, Kosten und Terminen.“¹²⁵ Die Norm ist in Österreich gültig.

2.8.1 ÖNORM B 1801-1 Objekterrichtung¹²⁶

Das Blatt 1 Objekterrichtung wird empfohlen bei der „Planung und Gliederung von Qualität, Kosten, Terminen sowie für die Gliederung der Dokumentation bei Baumaßnahmen in allen Projektphasen der Objekterrichtung“.¹²⁷ Es wird in dieser Arbeit auf die Gliederung von Kosten im Hochbau eingegangen und auch nur dieser Teil der ÖNORM behandelt.

¹²³ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.18.

¹²⁴ VDI 2067, (2000), Blatt1, S.18.

¹²⁵ ÖNORM B 1801, Blatt 1(2009), S.3.

¹²⁶ Vgl. ÖNORM B 1801, Blatt 1(2009), S.2ff.

¹²⁷ ÖNORM B 1801, Blatt 1(2009), S.3.

Die Errichtungskosten sind den in Abbildung 6 abgebildeten Kostengruppen eindeutig zuzuordnen.

Baugliederung	Abk.	Bauwerkskosten BWK	Baukosten BAK	Errichtungskosten ERK	Gesamtkosten GEK
0 Grund	GRD				
1 Aufschließung	AUF				
2 Bauwerk-Rohbau	BWR	100 %			
3 Bauwerk-Technik	BWT				
4 Bauwerk-Ausbau	BWA				
5 Einrichtung	EIR				
6 Außenanlagen	AAN				
7 Planungsleistungen	PLL				
8 Nebenleistungen	NBL				
9 Reserven	RES				

Abbildung 6: Kostengruppierung nach ÖNORM B 1801-1

Die Baugliederung kann noch weiter unterteilt werden. Die ÖNORM gibt dafür eine systematische Gliederung für diese Informationen und Daten vor. Unterteilt wird in

- Anlagengliederung
- Baugliederung
- Leistungsgliederung

Der Zusammenhang der Untergliederungen ist in Abbildung 7 dargestellt. Die erste Ebene der Bau- und Leistungsgliederung ist dabei identisch.

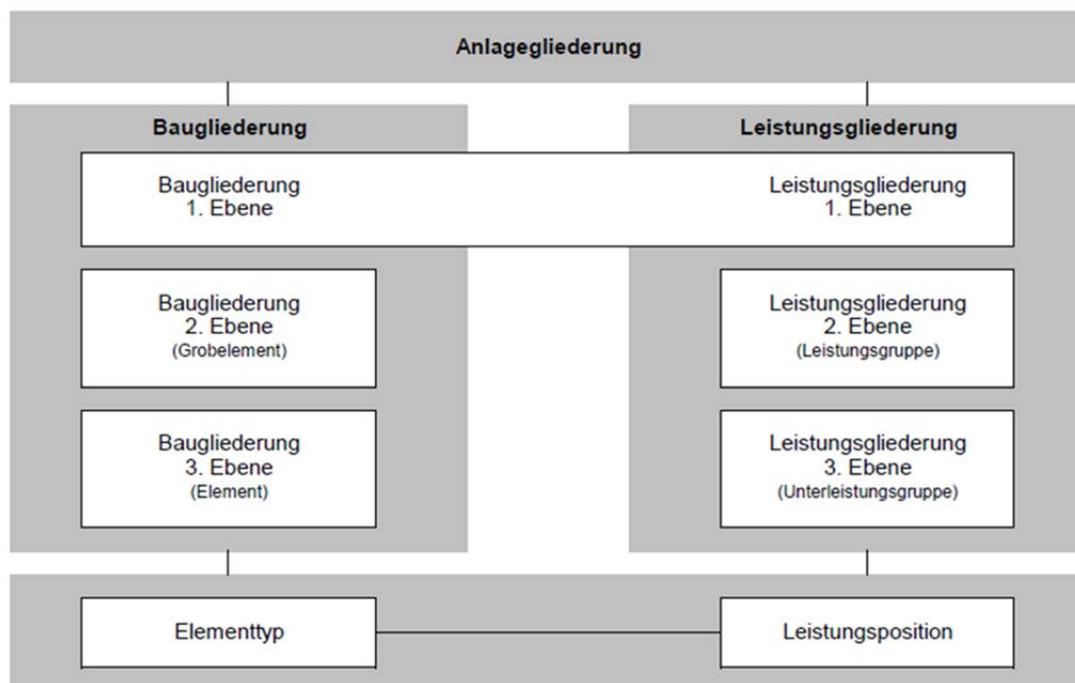


Abbildung 7: Gliederungssystem der ÖNORM B 1801-1¹²⁸

¹²⁸ Vgl. ÖNORM B 1801, Blatt 1(2009), S.13.

2.8.1.1 Anlagengliederung

Die Anlagengliederung ist der Baugliederung und der Leistungsgliederung übergeordnet und beinhaltet die Unterteilung in

- Grundstück und
- Objekt (z.B.: Wohnobjekt, Verwaltungsobjekt etc.)

2.8.1.2 Baugliederung

Dabei wird eine Einteilung nach Einzelementen und deren Übergruppierungen erstellt. Ein Beispiel anhand einer Betondecke

1. Ebene	2	Bauwerk-Rohbau
2. Ebene	2D	Horizontale Baukonstruktion
3. Ebene	2D.01	Deckenkonstruktion

Der Elementtyp wird der 3. Ebene zugeordnet.

2.8.1.3 Leistungsgliederung

Hier wird eine Untergliederung nach Leistungspositionen und deren Überpositionen vollzogen. Leistungsgruppen können weiter in Leistungsbereiche unterteilt werden, welche eine direkte Vergleichbarkeit mit der Baugliederung ermöglichen. Am Beispiel der Betondecke würde die äquivalente Leistungsgliederung folgendermaßen aussehen:

1.Ebene	2	Bauwerk-Rohbau
2. Ebene	2.H07	LG Beton- und Stahlbetonarbeiten
3. Ebene	2.H07...	ULG (Unterleistungsgruppe) Beton für Decke ULG Schalung für Decke ULG Bewährung

Leistungspositionen sind der 3. Ebene zugeordnet.

Die Leistungsgliederung wird in dieser Arbeit nicht weiter verwendet und ist darum nicht weiter detailliert erklärt.

2.8.2 ÖNORM B 1801-2 Objekt-Folgekosten¹²⁹

Diese ÖNORM definiert und strukturiert die Folgekosten für Gebäude. Dabei werden die Kosten des Objektmanagements über die gesamte Lebenszykluszeit betrachtet.

Abbildung 8 beschreibt den Zusammenhang und die Bezeichnungen der Gesamtkosten der Errichtung, in Abbildung als Gesamtkosten in blau ersichtlich, (ÖNORM B 1801-1) und den Objekt-Folgekosten, in Abbildung als Folgekosten benannt und blau markiert, (ÖNORM B 1801-2). In selber Abbildung ist auch die Gliederung der Folgekosten in 9 Kostenhauptgruppen dargestellt. Diese Hauptgruppen können, wenn notwendig, weiter in Unterhauptgruppen unterteilt werden.

Finanzierungskosten						Anschaffungskosten				Lebenszykluskosten				
Kostengruppierung gemäß ÖNORM B 1801-1														
Baugliederung														
0	Grund													
1	Aufschließung													
2	Bauwerk-Rohbau	Bauwerkskosten	Baukosten	Errichtungskosten	Gesamtkosten		Gebäudebasiskosten							
3	Bauwerk-Technik													
4	Bauwerk-Ausbau													
5	Einrichtung													
6	Außenanlagen													
7	Planungsleistungen													
8	Nebenleistungen													
9	Reserven													
Kostengruppen gemäß ÖNORM B 1801-2														
1	Verwaltung					Kosten des Gebäudebetriebs								
2	Technischer Gebäudedienst													
3	Ver- und Entsorgung													
4	Reinigung und Pflege													
5	Sicherheit													
6	Gebäudedienste													
7	Instandsetzung, Umbau*													
8	Sonstiges													
9	Objektbeseitigung, Abbruch													
* es ist sinngemäß die ÖNORM B1801-1 einzuhalten														

Abbildung 8: Zusammenhang von Gesamtkosten und Folgekosten¹³⁰

„Die Objekt-Folgekosten ergeben sich unmittelbar und mittelbar aus der Errichtung und der gewöhnlichen Nutzung des Objekts.“¹³¹ Alle Kosten, die darüber hinaus durch eine spezielle, nicht gewöhnliche Nutzung entstehen, werden nicht zu den Objekt-Folgekosten gezählt.

¹²⁹ Vgl. ÖNORM B 1801, Blatt 2(2011), S.3ff.

¹³⁰ ÖNORM B 1801, Blatt 2(2011), S.6.

¹³¹ ÖNORM B 1801, Blatt 2(2011), S.10.

3 Praktische Problemlösung

Zuerst wurde eine Analyse von ähnlichen Wirtschaftlichkeitsrechnern durchgeführt, um Anregungen über den Aufbau eines solchen Werkzeuges zu bekommen. Weiter wird das im Zuge dieser Arbeit erstellte Kosten- und Wirtschaftlichkeitstool anhand seiner einzelnen MS-Excel Blätter erklärt und die Systematik der Erstellung und Funktionsweise anhand mehrerer passender Beispiele durchgespielt, beschrieben und interpretiert.

3.1 Analyse von ähnlichen Wirtschaftlichkeitsrechnern

In diesem Kapitel werden unterschiedliche Rechenwerkzeuge auf die Anforderungen an die Diplomarbeit untersucht. Ausgewählt wurde das IEAA-Tool, der Gesamtkostenrechner der Stadt Frankfurt und der vom Energieinstitut entwickelte EIV-Kostenrechner.

3.1.1 Ziel der Analyse

Ziel dieser Untersuchung ist es, Programme anhand der unter Absatz 1.5 angegebenen Anforderungen an den Wirtschaftlichkeitsrechner zu bewerten und zu analysieren. Es sollen außerdem Lösungsansätze und Darstellungsweisen auf die Eignung der Integration in die Projektdiplomarbeit untersucht werden.

3.1.2 IEAA - Integration energierelevanter Aspekte in Architekturwettbewerben^{132, 133}

Die Untersuchung dieses Programms wurde von einem der Projektteilnehmer vorgeschlagen, der dies verwendet und im Architekturbereich empfiehlt.

3.1.2.1 Hintergrund

Das Bewertungstool ist aus dem Projekt „Integration energierelevanter Aspekte in Architekturwettbewerben“ entstanden. Dazu wurde eine Online-Umfrage zum Thema „Energieeffizienz“ unter österreichischen Architekten durchgeführt sowie bereits abgeschlossene Architekturwettbewerbe durchleuchtet. Diese Untersuchungen bildeten die Basis für die Erstellung des Tools.

¹³² Vgl. IFZ GRAZ (2010), S.2ff.

¹³³ Vgl. GRATZL-MICHLMAIR, M.; STALLER, H.; DJALILI, M. (2009), S.2ff.

3.1.2.2 Entwicklung

Die Programmverantwortung liegt beim Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie und beim Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit.

Autoren sind Mitarbeiter des Interdisziplinären Forschungszentrums Graz (IFZ Graz), des Instituts für Wärmetechnik der TU Graz und des Instituts für konstruktiven Ingenieurbau der BOKU Wien.

3.1.2.3 Verfügbarkeit

Das Tool und die zusätzlichen Dateien können gratis von der IFZ Graz Homepage¹³⁴ heruntergeladen werden.

3.1.2.4 Umfang

Das Wettbewerbstool und ein Auswertungswerkzeug sind als Excel-Dateien verfügbar. Zusätzlich gibt es ein Handbuch, eine Kurzbeschreibung und eine Datei mit FAQs. Ergänzt wird alles durch einen umfangreichen Leitfaden, erhältlich als PDF oder beim IFZ Graz als Printversion.

3.1.2.5 Anwendungsbereich

Das IEAA-Tool ist ein Werkzeug, welches in der Architekturwettbewerbsphase die Energieeffizienz von Gebäuden einbinden und beurteilen kann. Es kann grundsätzlich für Neubauten und Sanierung von Gebäuden mit unterschiedlicher Nutzung (z.B.: Wohn-, Nichtwohngebäude) angewandt werden.

3.1.2.6 Beschreibung

Das IEAA-Tool ist zur erleichterten Eingabe und Übersicht in verschiedene Module unterteilt. Drei zentrale, so genannte Basismodule, liefern Ergebnisse für die verschiedenen Wettbewerbstypen. Weiter ist ein viertes Modul zur Berücksichtigung von aktiver Solarenergienutzung implementiert. Die vier Module sind in Tabelle 5 genau beschrieben und deren Zielwerte sind aufgelistet.

¹³⁴ Downloadbar unter: <http://www.ifz.tugraz.at/Projekte/Energie-und-Klima/EZ-IEAA/Download-IEAA-Wettbewerbstool2>

	Bezeichnung	Beschreibung	Zielwerte
	Modul 1 Gebäude Basis	energetische Bewertung der „entwurfsimmanenten“ Aspekte des Architekturkonzepts wie Kompaktheit, Orientierung, Fensterflächenanteil sowie Horizont- und Eigenverschattung	HWB*, KB*, EEB, PEB, CO ₂
	Modul 2 Gebäude Vertiefung	energetische Bewertung der „nicht entwurfsimmanenten“ Aspekte des Architekturkonzepts unter Berücksichtigung von Bauteilaufbauten, beweglichen Verschattungselementen, Bauweise, etc.	HWB, KB, EEB, PEB, CO ₂
	Modul 3 Haustechnik	vereinfachte energetische Bewertung des Haustechnikkonzepts (Raumheizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung) des Entwurfs unter Berücksichtigung der Energieträgerwahl	EEB, PEB, CO ₂
	Modul 4 Aktive Solarenergienutzung	Berücksichtigung der Nutzung aktiver Solarenergie durch thermische und fotovoltaische Sonnenkollektoren	EEB, PEB, CO ₂

Tabelle 5: Modularer Aufbau der IEAA-Bewertungstools¹³⁵

Zur vereinfachten Eingabe wurde das Grundgerüst des OIB-Schulungstool für Nichtwohngebäude als Eingabemaske verwendet. Aufgrund dieser Basis folgen sämtliche Berechnungen den Richtlinien des Energieausweises.

Folgende Zielwerte kann man nach Eingabe ins Tool ablesen:

- Der Heizwärmebedarf (HWB) und der Kühlbedarf (KB), zur energetischen Beurteilung der Performance des Gebäudeentwurfs. (Nutzenergieebene)
- Der Endenergiebedarf (EEB), welcher aufgeteilt auf die einzelnen Haustechniksysteme eingegeben wird (Heizenergiebedarf HEB, Kühlenergiebedarf KEB und Beleuchtungsenergiebedarf BeEB). Damit können die Haustechniksysteme hinsichtlich ihrer Effizienz in Kombination mit dem Gebäudeentwurf bewertet werden. (Endenergieebene)
- Der Primärenergiebedarf (PEB) sowie die CO₂-Emissionen (CO₂), als eine der aussagekräftigsten Werte für die Beurteilung des Gesamtkonzepts. (Primärenergieebene)

¹³⁵ GRATZL-MICHLMAIR, M.; STALLER, H.; DJALILI, M. (2009), S.5.

Abbildung 9 beschreibt die erforderlichen Annahmen und Angaben der einzelnen Module des IEAA-Bewertungstools. Durch die Annahmen wird später im Wettbewerb das Anforderungsniveau festgelegt. Sind diese eingetragen, können im Programm die Eingabefelder gesperrt werden, und das Tool wird so an die Teilnehmer versendet. Die Wettbewerbsteilnehmer leisten dann die erforderlichen Eingaben und senden das ausgefüllte Tool wieder zurück, wo es im Zuge einer Vorprüfung auf die Teilnahmebedingungen und Korrektheit überprüft wird.

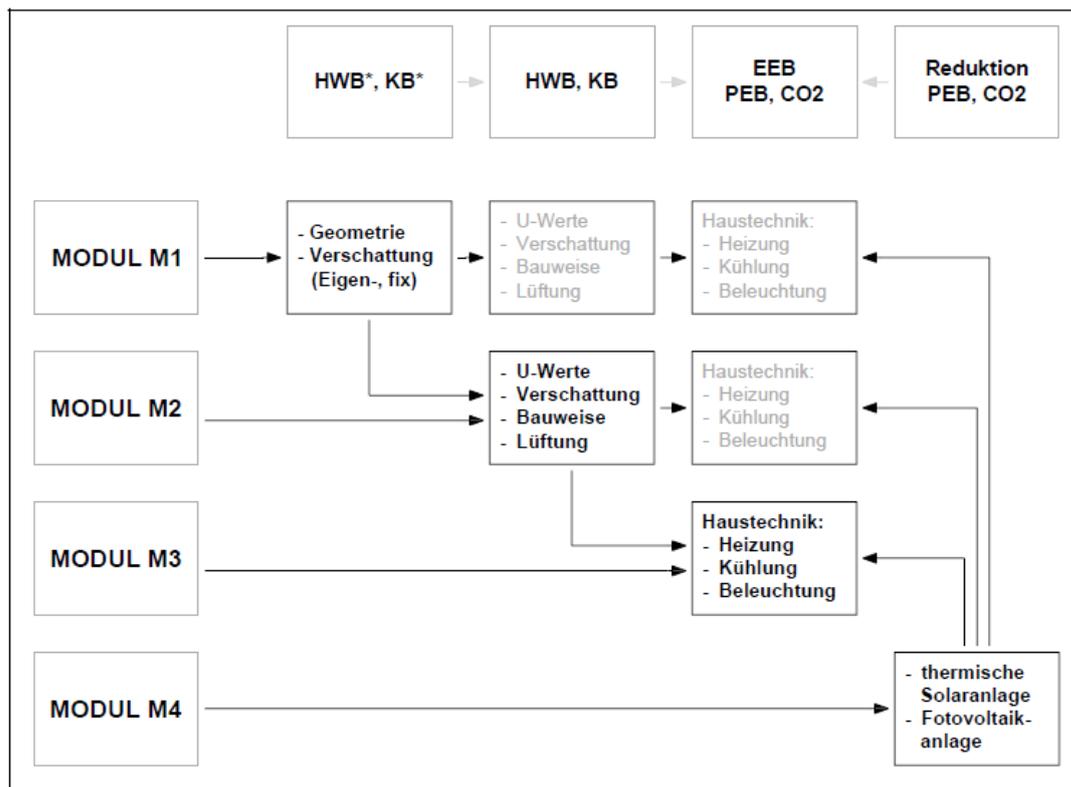


Abbildung 9: Erforderliche Angaben (schwarz) und Annahmen (grau) der einzelnen Module im IEAA-Tool¹³⁶

Die Einbindung in den Architekturwettbewerb erfolgt sehr einfach und ist in Abbildung 10 graphisch illustriert.

Von einer Jury werden gewisse Grundlagenwerte (Anforderungsniveau und betrachtete Module) festgelegt, und anhand von diesen wird das Tool angepasst und gesperrt. Die Teilnehmer geben nun ihre Bedarfswerte ein, welche nach einer Vorprüfung dann präsentiert und verglichen werden.

¹³⁶ GRATZL-MICHLMAIR, M.; STALLER, H.; DJALILI, M. (2009), S.6.

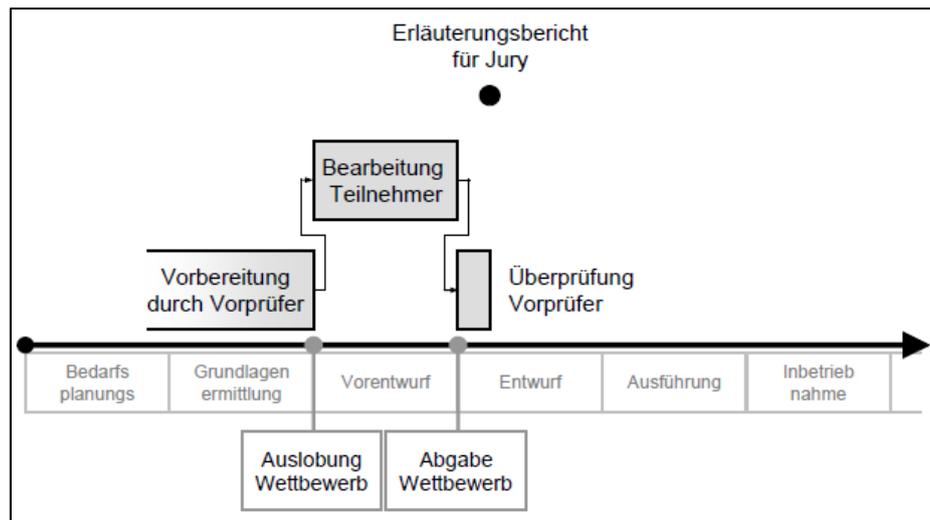


Abbildung 10: Einbindung des IEAA-Tools im Architekturwettbewerb¹³⁷

In weiterer Folge ist vom Projektteam ein Auslobungsleitfaden herausgegeben worden. Dieser soll zusätzlich die Auslober mit wenig Erfahrung und Wissen über Energieeffizienz in Gebäuden beraten und ihnen die Integration von energierelevanten Aspekten in ihre Wettbewerbe erleichtern.

3.1.2.7 Bewertung

Das Tool ist sehr einfach und intuitiv zu bedienen und sehr gut programmiert. Es hat ein sehr schönes Layout, jedoch wird leider nicht die volle Breite des Excel-Fensters sinnvoll ausgenutzt. Die Navigation zwischen den Blättern lässt zu wünschen übrig, da die Navigationsleiste mit den „Quicklinks“ jeweils oben auf dem Blatt angebracht ist und beim Scrollen nicht mitläuft. Viele Felder sind mit Fußnoten versehen und beschrieben, was positiv anzumerken ist. Die Formeln und der Rechenweg im Hintergrund sind nicht zu erkennen und nachvollziehbar.

Die Ergebnisdarstellung ist in einem separaten Blatt am Ende angebracht. Dort sind Ist- und Sollwerte übersichtlich mit Grafiken dargestellt. Leider hat die Grafik „Anforderungswerte Heizen“ keine Einheiten in der Achsenbeschriftung, aber dies sei nur am Rande erwähnt.

3.1.2.8 Eignung für die aufgestellten Forderungen an die Diplomarbeit

Das IEAA Toll ist ein Tool, das rein für Ausschreibungen und Wettbewerbe konzipiert ist. Außerdem behandelt es keine Kosten und ist somit für den zu untersuchenden Fall von vornherein ungeeignet. Art der Programmierung und Layout sind gut gelungen und könnten als Vorlage verwendet werden. Auch der Modulare Aufbau bringt viele Vorteile, die bei der Entwicklung des Kostenrechners von Nutzen sein können.

¹³⁷ GRATZL-MICHLMAIR, M.; STALLER, H.; DJALILI, M. (2009), S.7.

3.1.3 Gesamtkostenrechner Stadt Frankfurt¹³⁸

Aufgrund von umfangreicher Recherche erwies sich das Frankfurter Gesamtkostentool als ein mit den Anforderungen an diese Diplomarbeit sehr überschneidendes Werkzeug und wird darum näher untersucht.

3.1.3.1 Hintergrund

Das Tool wurde entwickelt, um zu einem frühen Planungszeitpunkt alle relevanten Kosten von verschiedenen Varianten in Neubau, Unterhaltung und Betrieb von Gebäuden gegenüberzustellen.

3.1.3.2 Entwickler

Entwickler ist das Amt für Hochbau und Energiemanagement der Stadt Frankfurt am Main.

3.1.3.3 Verfügbarkeit

Das Leerformular des Rechenwerkzeugs, sowie Beispiele, Erläuterungen und Hilfetabellen sind gratis von der Stadt Frankfurt Homepage¹³⁹ beziehbar.

3.1.3.4 Umfang

Die leere Berechnungstabelle wird durch eine Hilfetabelle ergänzt, welche Vorschlagswerte für die Eingabefelder liefert. Zusätzlich wird in einem PDF-Dokument jedes einzelne Blatt des Gesamtkostenrechners erläutert.

3.1.3.5 Anwendungsbereich

Dieser Rechner wird verwendet, um Wirtschaftlichkeitsnachweise für alle Bereiche des Hochbauamtes der Stadt Frankfurt zu erstellen. Es können damit auch zukünftig über die Nutzungsdauer anfallende Kosten betrachtet werden. Für Kostenschätzungen und –berechnungen ab 250.000€ ist dieses Verfahren laut einer Amtsverkündung des Hochbauamtes (Nr. 23/2007) zu verwenden.

3.1.3.6 Beschreibung

Die Excel-Arbeitsmappe umfasst 31 Seiten bestehend aus einer zusammenfassenden Zentralseite und sechs Blöcken à fünf Varianten. Weiße Felder sind für die manuelle Eingabe gedacht. Hingegen sind die grauen Felder für die Ausgabe da, sprich für die Rechenergebnisse. Sind jedoch schon Daten aus vorhergegangenen Berechnungen vorhanden, können diese auch in letztere eingetragen werden. Um die Nachvollziehbarkeit der Formeln im Hintergrund zu gewährleisten, sind alle Formeln in der Kopfzeile angegeben.

¹³⁸ STADT FRANKFURT AM MAIN (2011), S.1ff.

¹³⁹ Download des Tool unter <http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de>

Außerdem unterstützt eine Hilfetabelle das Tool, welche fast zu jedem Eingabefeld unterstützende und erklärende Werte beinhaltet. Um die Vergleichbarkeit zu unterschiedlichen Projekten sicherzustellen, werden auf allen Blätter spezifische Werte berechnet. Diese ergeben sich durch Division mit einem geeigneten Vergleichswert. (Energiebezugsfläche bzw. Personenzahl)

Das Tool ist in sieben Blöcke eingeteilt:

Anmerkung: Der Block Gesamtkosten ist als einziger einfach verfügbar. Die anderen sechs sind jeweils fünffach vorhanden für die fünf Varianten, die verglichen werden können. Jeweils das erste Blatt pro Kategorie (z.B.: 2.1) ist Vorgabe für die weiteren derselben (z.B.: 2.2-2.5). Das heißt konkret, dass die Eingaben automatisch vom Vorgabeblatt übernommen werden, dann aber manuell abänderbar sind. Dies hat den Zweck, dass nur die Abweichung eingetragen werden muss.

3.1.3.6.1 Gesamtkosten

Der erste Block „Gesamtkosten“ ist für die Angabe von variantenspezifischen Informationen und deren Kenngrößen. Darauf folgend werden die Ergebnisse aus den weiteren sechs Blöcken übersichtlich zusammengefasst dargestellt. Als Endergebnis stehen die Gesamtkosten der einzelnen Varianten sich mit Grafik gegenüber.

3.1.3.6.2 Bauteile

Hier werden die Kosten und Lambda-Werte von einzelnen Bauteilen eingegeben, um den spezifischen Bauteilpreis und den Wärmedurchgangskoeffizienten des Gesamtaufbaus zu berechnen. Es ist pro Bauteilsorte (z.B.: Wand gegen außen) nur eine Variante möglich. Die Bauteile können schichtweise eingegeben werden. Es wird eine additive Berechnung von Lambda zur Verfügung gestellt, für komplexere Berechnungen müssen Werte aus anderen Programmen übernommen werden.

3.1.3.6.3 Investitions- und Wartungskosten

Die Kosten der Bauteile werden aus Block 2 übernommen, und mit der Flächen- und %-Wartungs- und Investitionskosteneingabe werden jährliche Investitions- und Wartungskosten berechnet. Die Auflistung der Kostenstellen erfolgt nach DIN276.

3.1.3.6.4 Heizwärmebedarf

Das Rechenverfahren wurde aus dem Leitfaden „Heizenergie im Hochbau“ des Landes Hessen übernommen (DIN832, sowie DIN 18599). Block 2 speist dieses Blatt mit U-Werten für die Bauteile. Eingaben sind die mittlere Raumtemperatur, Heizgradtage und Heizperiode (aus PHPP o.ä.), Fensterflächen, Luftwechselrate, mittlere Raumhöhe (sehr versteckt) und andere zur Berechnung des HWB nötige Werte sowie Grenzwerte zum Vergleich. Als Zwischenergebnis wird außerdem der Wärmebedarf nach DIN 4701 ausgegeben und verwendet. Die Berechnung ist eine vereinfachte PHPP Variante.

3.1.3.6.5 Heizzahl, Heizkosten und Heizemissionen

Zielwerte sind die Heizzahl (Jahresnutzungsgrad), Endenergieverbrauch (für BHKW und Kessel), Heizkosten und Heizemissionen. Dafür werden der Heizenergiebedarf und der Wärmebedarf von Block 4 übernommen. Daten zum Speicher, zur Heizungs- und zur Warmwasserverteilung dienen zur Berechnung von Verteilungsverlusten. Es ist hier möglich, ein Blockheizkraftwerk (BHKW) zu berücksichtigen. Mit der Eingabe der spezifischen Emissionen aus der Hilfstabelle im Anhang können die Heizemissionen berechnet werden.

3.1.3.6.6 Strombedarf, Stromkosten und Stromemissionen

Zielwerte sind der Strombedarf (aus Summe der Einzelnen), die Stromkosten sowie die äquivalenten CO₂-Emissionen. Die dahinter steckende Systematik wurde aus dem „Leitfaden für elektrische Energie im Hochbau“ des Landes Hessen entnommen. Strombedarf wird hier immer als Produkt aus Leistung und Volllaststunden berechnet, welche für die einzelnen Bereiche eingegeben werden muss. Typische Werte werden in der Hilfstabelle bereitgestellt. In diesem Block kann auch die Eigenstromerzeugung durch BHKW oder Photovoltaik-Anlage berücksichtigt werden, es muss nur dargelegt werden, welche Anteile ins Netz eingespeist und welche zum Eigengebrauch genutzt werden. Mit den Konditionen des Netzbetreibers (EVU) werden die Stromkosten berechnet. Die CO₂-Emissionen ergeben sich durch einen vorgegebenen Emissionsfaktor.

3.1.3.6.7 Wasserbedarf und Wasserkosten

Der Wasserbedarf wird im Unterschied zu den anderen Blöcken auf die Personenanzahl bezogen. Er wird mit Menge, Häufigkeit und Nutztagen für die einzelnen Verbraucher berechnet. Typische Werte sind der Hilfstabelle zu entnehmen. Zudem kann auch die Wassereigenversorgung durch Regenwassernutzung und/oder Brunnen berücksichtigt werden. Aus den Konditionen des Wasserversorgers (Trinkwasserpreis und Kanaleinleitungsgebühr) resultieren die Kosten für Wasser.

Abbildung 11 zeigt die oben beschriebenen Blöcke mit den jeweils dazugehörenden Eingabe- und daraus resultierenden Zielwerten. Außerdem wird dargestellt, was für Zielwerte die Blöcke von anderen übernehmen und wie die Gesamtkosten zustande kommen.

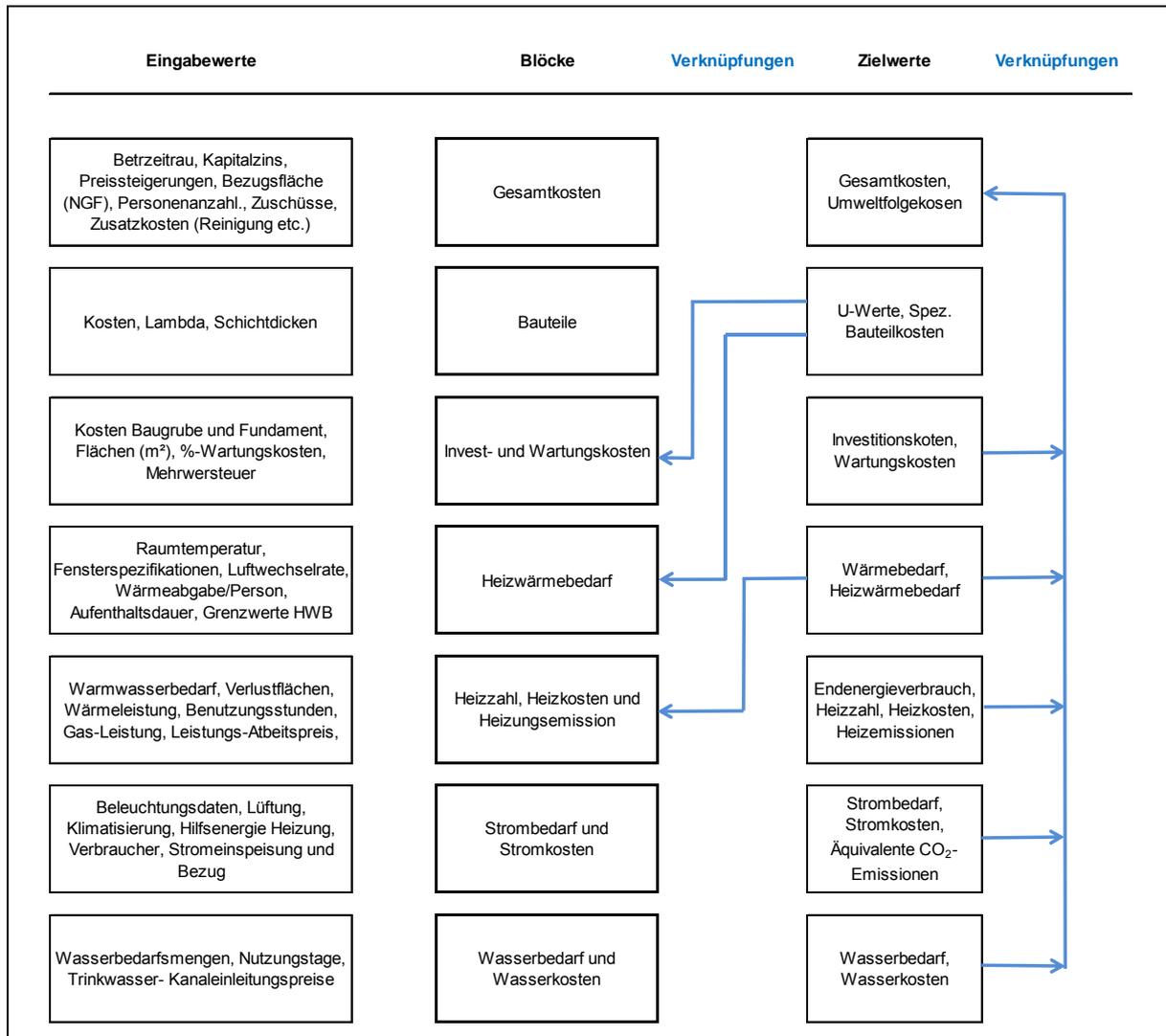


Abbildung 11: Struktur des Gesamtkostenrechners mit Eingabe- und Zielwerten

3.1.3.7 Bewertung

Dass man alle Felder bearbeiten kann, also nirgends ein Schutz angebracht ist, bietet an diesem Tool Vorteile sowie Nachteile. Vorteilhaft ist, dass man sich das Tool komplett anpassen, sprich verändern kann. Dies birgt jedoch Gefahren der falschen Anwendung und der Fehlinterpretation in sich. Für Laien ist es also nicht geeignet, da zu viele Fehlerquellen auftreten können. Der Experte wird mit dem Tool sehr zufrieden sein und viele positive Punkte verzeichnen können.

Die begleitende Hilfetabelle bietet für den unerfahrenen wie auch für den erfahrenen Nutzer einen oft hilfreichen und unterstützenden Begleiter.

Die Navigation lässt zu wünschen übrig, da man sich durch alle Blätter einzeln durchklicken muss. Dies könnte mit einer übersichtlichen Navigationsleiste schöner gelöst werden.

Die Eingabe der Fensterflächen und Kosten sind anstatt in den Bauteilen im Heizbedarfsblatt eingebettet, was ungeschickt gemacht ist.

In Bezug auf Wirtschaftlichkeit kann nur ein dynamischer Jahresgesamtkostenvergleich (Annuitätenvergleich) angestellt werden.

3.1.3.8 Eignung für die aufgestellten Forderungen an die Diplomarbeit

Das Frankfurter –Tool beinhaltet nur einen Jahresgesamtkostenvergleich und bietet keine Option für andere Wirtschaftlichkeitsrechnungsmethoden.

Die Varianten können nicht einer Referenz gegenübergestellt werden, sondern sind nur in ihren gesamten Kosten dargestellt.

Die Kostengruppen sind nicht nach ÖNORM B 1801-1 gegliedert, sondern nach der deutschen Norm DIN276.

Es kann bei der Bauteileingabe pro Bauteilsorte (z.B.: Wand gegen außen) nur eine Variante eingegeben werden. Das ist ungünstig weil, mehrere Varianten doch öfter auftreten können und dies gefordert ist.

Die Energiebedarfswerte werden im Programm selbst berechnet, was aber über manuelle Eingabe erfolgen sollte. Zwar könnte dies einfach durch Korrektur des Wertes erfolgen, aber dieser ist unübersichtlich auf einem eigentlich nicht benötigten Block (Block 4) angebracht.

Es wird kein Kühlwärmebedarf berücksichtigt.

Durch die Verwendung von mehr Grafiken zur Visualisierung könnten die Ergebnisse übersichtlicher gestaltet werden. Anzumerken ist auch noch, dass für die Darstellung der Jahresgesamtkosten ein 3D-Säilendiagramm verwendet wurde, welches oft eine verzerrte Darstellung der Ergebnisse gibt.

3.1.4 EIV-Kostenrechner

Da das gesamte Knowhow dieses Rechners bereits beim EIV liegt, wird dieses Rechenwerkzeug im Zuge der vorbereitenden Recherche auch genauer untersucht.

3.1.4.1 Hintergrund

Der Grundgedanke war die Erarbeitung einer Datenbank für Baukosten, die beim EIV gewartet und gepflegt wird. Aus einem Kostenrechner kann man sich die gespeicherten spezifischen Preise abrufen und damit eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchführen. Nach dem ersten Release wurde die Weiterentwicklung wegen Ressourcenknappheit eingestellt.

3.1.4.2 Entwickler

Der EIV-Kostenrechner ist in der Abteilung Solararchitektur des Energieinstituts Vorarlberg unter Leitung von DI Arch. Martin Ploss entstanden. Autor ist der Praktikant Frick David.

3.1.4.3 Verfügbarkeit

Der EIV-Kostenrechner ist nur auf den internen Laufwerken des EIV verfügbar und wird auch nur von dessen Mitarbeitern verwendet.

3.1.4.4 Umfang

Da es sich nur um ein selbst genutztes Rechentool handelt und die Weiterentwicklung gestoppt wurde, sind keine Hilfedateien und kein Handbuch erstellt worden.

3.1.4.5 Anwendungsbereich

Der EIV-Kostenrechner ist ein Werkzeug, mit dem Mitarbeiter des EIV Varianten von verschiedensten Bauvorhaben im Zuge einer Beratung schnell eingeben und anschließend energetisch und wirtschaftlich beurteilen und präsentieren können.

3.1.4.6 Beschreibung

Mit einer Datenbank im Hintergrund können für Neubauten wie Sanierungen Bauteile eingegeben werden und man erhält einen Vorschlagspreis/m². Man wählt dann den tatsächlichen Preis und bekommt eine Auflistung der Bauwerkskosten. Durch zusätzliche Eingabe von energiespezifischen Werten kann eine Wirtschaftlichkeitsrechnung als Jahresgesamtkostenvergleich durchgeführt werden.

Die Navigation erfolgt über die jeweils am oberen Blattrand angebrachte Navigationsleiste, die VBA im Hintergrund verwendet.

Abbildung 12 zeigt die Struktur des Kostenrechners. Die zentrale Datenbank liefert Werte für die einzelnen Variantenblätter, welche nach der Wahl der Referenz miteinander verglichen werden können. Vergleichsmöglichkeiten sind ein Vollkostenvergleich und ein Jahresgesamtkostenvergleich.

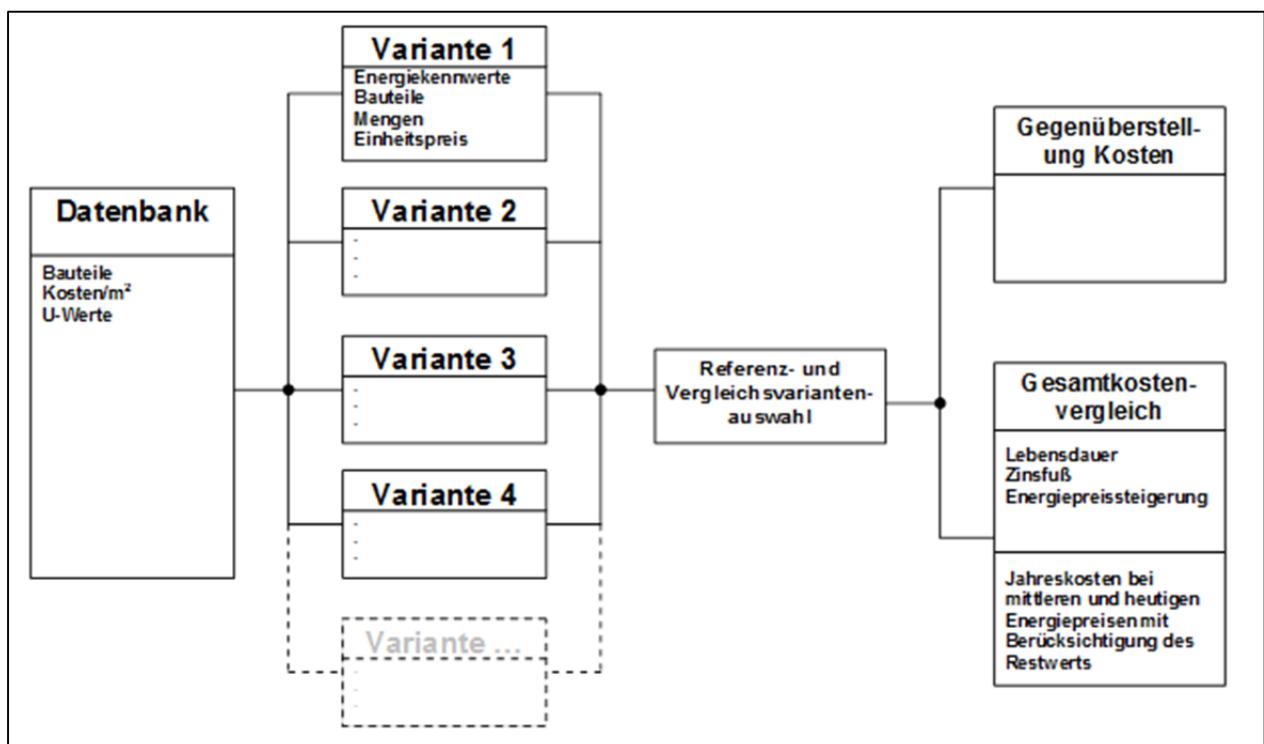


Abbildung 12: Struktur des EIV-Kostenrechners

3.1.4.7 Bewertung

Nachteilig ist anzumerken, dass mehrere Varianten pro Bauteilgruppe auswählbar sein sollten, um verschiedene Kombinationen von Aufbauten zu erzeugen.

Die Lebensdauer der einzelnen Bauteile wird außerdem nur zwischen Haustechnik und Gebäudehülle unterschieden. Genauere und eventuell auf einzelne Bauteile bezogene Lebensdauereingaben sind zwingend notwendig, wenn mit Instandsetzungsintervallen gerechnet werden soll.

Es können kein Blockheizkraftwerk und keine Gewinne (Elektrische- und Wärme-) aus Photovoltaik- und Kollektoranlagen berücksichtigt werden.

Die Stromkosten werden nur für die Wärmeerzeugung gerechnet, nicht jedoch für interne Verbraucher (PC, Licht, etc.).

Die Wasserkosten werden komplett unberücksichtigt gelassen (Warmwasserbedarf, Wasserkosten, Kanaleinleitungskosten).

Auch wird keine graphische Illustration der Ergebnisse präsentiert.

Nur die Methode des Jahresgesamtkostenvergleichs wird als Wirtschaftlichkeitsdarstellung genutzt.

Förderungen können in keiner Weise in der Kostenberechnung berücksichtigt werden.

3.1.4.8 Eignung für die aufgestellten Forderungen an die Diplomarbeit

Eine Datenbank für Baukosten ist nicht Teil der Aufgabenstellung, und darum ist dieses Feature unbrauchbar. Die einzelnen Kostengruppen entsprechen nicht der geforderten ÖNORM 1801-1, und dieses Blatt muss auch komplett überarbeitet werden. Was auch gegen eine Weiterentwicklung spricht, ist die aufwändige und undurchsichtige Eingabe von Werten mit verschiedenen Masken. So müssen beispielsweise Zinssätze und Lebensdauern nicht wie andere Werte in einem Blatt, sondern in einer auf Visual Basic basierenden Maske eingegeben werden.

Das EIV-Kostenrechnungstool kann einige Ideen liefern, jedoch nicht als Grundlage dieser Arbeit verwendet werden.

3.1.5 Fazit aus der Untersuchung

Aus dem IEAA-Tool können höchstens das Layout und der Aufbau genutzt werden, ansonsten ist es unbrauchbar, da keine Kosten in die Berechnung eingehen.

Beim Frankfurter Gesamtkostentool erkennt man viele schöne Ansätze, wie der übersichtliche Aufbau, die netten Grafiken und die kurze und einfache Berechnung der Energiekennwerte. Letztere ist zwar nicht gefordert, könnte aber als Zusatzoption angebracht werden, wenn keine PHPP Berechnung vorliegt. Sehr hilfreich ist die Hilfetabelle, die dem Tool beiliegt.

Der EIV-Kostenrechner steckt noch in den Kinderschuhen und bedarf vieler Verbesserungen bezüglich der Eingabe der Randbedingungen. In Bezug auf Systematik und Anforderungen müssten noch eine weitere Wirtschaftlichkeitsrechnung, graphische Auswertungen und mehrere Eingaben für Varianten von Bauteilen ergänzt werden.

3.2 Entwickler Kostenrechner

Nach den zuvor durchgeführten Recherchen und Analysen, ist der Investitions- und Kostenrechner nach bestem Wissen und Gewissen in einer ersten Version (V.1.0) erstellt worden. In diesem Kapitel wird nun der logische daraus entwickelte Aufbau des Werkzeuges erklärt. Dazu werden Screenshots aus der mit passenden Beispieldaten ausgefüllten Originaldatei zu Hilfe genommen.

3.2.1 Allgemeines über den Kostenrechner

Als Plattform für den Rechner wurde Microsoft (MS) Excel gewählt. Dies ist einerseits in den Anforderungen festgehalten und andererseits kann darin die Aufgabenstellung zielführend realisiert werden. Der Umgang mit MS-Excel ist außerdem den allermeisten Nutzern des Rechners vertraut und schafft dadurch eine vertraute Eingabeumgebung.

3.2.1.1 Eingabe der Kosten

Die Kosten werden grundsätzlich als Kosten des Vollkostenansatzes laut Absatz 2.1.3.2 in das Tool eingegeben. Das heißt, es werden keine Differenzkosten, sondern die tatsächlichen Kosten der einzelnen Varianten angegeben. Es gibt zwei unterschiedliche Anwendungsarten für das Tool. Einmal können Projekte an einer sowieso notwendigen Ohnehin-Maßnahme (Kopplungsprinzip), die nur nichtenergierelevante Verbesserungsmaßnahmen umfasst, bewertet werden, zum anderen können ganz unterschiedliche Alternativen von energetisch relevanten Kosten betrachtet werden.

3.2.1.1.1 Ohnehin-Betrachtung (Kopplungsprinzip)

Bei dieser Betrachtungsweise wird die Wirtschaftlichkeitsvergleichsmethode „Annuitätischer Gewinn“ und die „Kosten der eingesparten kWh“ verwendet. Dabei wird vorausgesetzt, dass eine sowieso notwendige Erneuerung mit einer energetischen Verbesserung des Gebäudebestandes gekoppelt wird. Diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt über den Mehrertragsansatz, der in Absatz 2.1.3.1 auf Seite 9 erklärt ist. Die Referenzvariante beinhaltet nur nichtenergierelevante Kosten und einen Endenergieverbrauch, der dem des alten Gebäudebestandes entspricht. Bei den anderen Varianten werden sowohl die energierelevanten als auch die nichtenergierelevanten Kosten angegeben. Aus der Differenz zur Referenzvariante berechnet der Rechner dann explizit die energierelevanten Kosten der einzelnen Varianten.

3.2.1.1.2 Variantenvergleich ohne Referenz

Diese Vergleichsart kann durch Wahl der Wirtschaftlichkeitsmethoden „Kapitalwertmethode“ oder „Annuitätenmethode“ verwendet werden. Es wird eine Betrachtung der Kosten durch einen Vollkostenansatz durchgeführt, wie er in Absatz 2.1.3.2 auf Seite 9 beschrieben ist. Diese Betrachtungsweise ist variantenneutral und liefert einen Vergleich von energetisch unterschiedlich aufgebauten Alternativen zu vollen Kosten.

3.2.1.2 Aufbau

Der Rechner ist grundsätzlich in 7 Blöcke eingeteilt, von dem zwei für jede Variante vorhanden sind. In der Grundkonfiguration von zwei miteinander zu vergleichenden Varianten macht das insgesamt 9 MS-Excel Arbeitsblätter. Im Rechner können maximal 5 Varianten miteinander verglichen werden. Sind mehr Varianten erforderlich, muss der Vergleich auf mehrere Dateien mit jeweils derselben Referenzvariante aufgeteilt werden.

Dieser Aufbau ist in Abbildung 13 dargestellt. Die Farben sind dieselben, wie sie in der Excel-Arbeitsmappe verwendet werden. Das Investitions- und Wartungsblatt (I&W-Blatt) sowie das Finanz- und Folgekostenblatt (Fi&Fo-Blatt) sind jeweils fünffach (für jede Variante) vorhanden und sind in der Abbildung mit ihren Farben aus der Datei gekennzeichnet. Das Tabellenblatt unterstützt die anderen Blätter mit allgemein gültigen Werten, ist grundsätzlich unsichtbar und darum strichliert dargestellt, kann jedoch eingesehen und verändert werden. Das Berechnungsblatt berechnet die Ergebnisse der Eingabe und ist für den Nutzer nicht sichtbar und darum strichliert gekennzeichnet. Das Auswertungsblatt steht am Schluss der Darstellung, weil alle vorherigen Eingaben auf dieses Blatt abzielen. In der wirklichen Excel-Arbeitsmappe ist die Auswertung zu Zwecke der Übersichtlichkeit an der zweiten Stelle platziert.



Abbildung 13: Blattstruktur des Kostenrechners

Die Farben des Layouts sind an die der Homepage und des Logos des EIV angepasst. Abbildung 14 zeigt die farbliche Gestaltung der EIV-Homepage im Vergleich zu der des Investitions- und Kostenrechnungstools.



Abbildung 14: Farbbeispiel EIV-Homepage (links)¹⁴⁰ im Vergleich mit dem Rechentool (rechts)

3.2.1.3 Erklärung der Felder

Alle Felder, die weiß hinterlegt sind, sind Eingabefelder, die verändert werden dürfen. Alle anderen Zellen sind gesperrt, und deren Veränderung kann zu Funktionsstörungen des Rechners führen. Rote Zellen sind Überschriften und rosafarbene sind Standardzellen für Ergebnisse und Informationen. Abbildung 15 zeigt die beschriebenen Arten von Zellen mit zugehöriger Textformatierung. Felder mit einer roten Ecke rechts oben geben durch Bewegen des Mauszeigers darauf detaillierte weiterführende oder unterstützende Informationen.

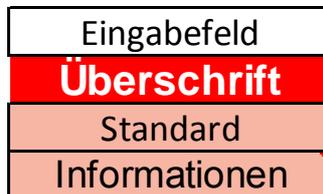


Abbildung 15: Verwendete Zellen und deren Formatierung

3.2.2 Beschreibung der einzelnen Blätter

Um den Aufbau und die Hintergründe des Kosten- und Investitionsrechners genauer beschreiben zu können, wird nun jedes einzelne Arbeitsblatt detailliert erklärt. Die Beschreibung erfolgt in jener Reihenfolge, in der der Nutzer üblicherweise das Werkzeug bis zum Endergebnis durchläuft. Gestartet wird mit der Konfiguration des Programmes, anschließend werden allgemeine Angaben zum Projekt gegeben, darauf folgt die Eingabe der Energiekennwerte und der Investitions- und Folgekosten. Ergebnisse zeigt das Auswertungsblatt.

¹⁴⁰ <http://www.energieinstitut.at> (27.09.2011).

3.2.2.1 Blatt „Konfiguration“

Das Konfigurationsblatt ist das erste Blatt der Excel Arbeitsmappe. In der Kopfzeile sind allgemeine Information über den Kostenrechner, wie Versionsnummer, Ersteller, Kontaktdaten, Logo usw. angegeben.

Das restliche Blatt ist in fünf Segmente untergliedert, die wie folgt lauten:

- Maßnahmenumfang und betrachtete Bauteile
- Angaben zur Wirtschaftlichkeit
- Detaillierungsgrad
- Quelle für Ökobilanzierungsdaten
- Heutige Energiepreise und Einspeisetarife

Die Reihenfolge wurde darum so gewählt, weil man beim Ausfüllen eines wissenschaftlichen Berichtes ebenso vorgehen würde.

3.2.2.1.1 Maßnahmenumfang und betrachtete Bauteile

Die Auswahl des Maßnahmenumfangs und der betrachteten Bauteile wird mit ActiveX Steuerelementen gemacht und ist in Abbildung 16 oben abgebildet.

Maßnahmenumfang und betrachtete Bauteile

Maßnahmenumfang:

Sanierung Kauf Neubau, Selbstnutzer Neubau, Vermietung Neubau, Verkauf

Bauteile und Kosten die einbezogen werden:

Bauwerk Technik

- neues Heizsystem zusätzliche Heizungssysteme (z.B.: teilsol. RH, RH 2)
- neuer/unterschiedliche Wärmeträger
- Heizflächen
- Warmwasser und Wärmeverteilsystem Solaranlage
- Klimatisierung
- Lüftung
- Kühlung
- Be- und Entfeuchten
- Eigenstromerzeug Strom
- Einspeisen Wärme
- energieeffiziente Beleuchtung
- energieeffiziente Haushaltsgeräte

Bauwerk Hülle

- Wände
- Fenster, Türen
- Decken
- Gründung
- Dächer
- Sonnenschutz
- Bodenplatte
- Planungsleistung

Folgekosten

- Techn. Gebäudedienst
- Reinigung
- Wasser und Abwasser
- Verwaltung
- Sonstiae

UPDATE

Abbildung 16: Auswahlsegment „Maßnahmenumfang und betrachtete Bauteile“ auf dem Konfigurationsblatt

Der Nutzer gibt hier an, ob es sich bei der betrachteten Maßnahme um eine Sanierung, einen Kauf oder einen Neubau mit Selbstnutzung, Verkauf oder Vermietung handelt. Dabei ist diese Auswahl keine funktionelle, sondern eine rein informative. Die Änderung hat somit keine Auswirkung auf die Konfiguration des Programmes. Sie soll den Nutzer einleitend darüber im Klaren werden lassen, was für Maßnahmen er in das Tool eingeben will.

Im selben Segment wählt der Nutzer die zu betrachtenden Bauteile und Kosten aus und bestätigt seine Eingabe mit einem „Update“ Button. Als Indikation, dass sich Werte verändert haben und eine Aktualisierung des Programmes notwendig ist, verfärbt sich der „Update“ Button grün. Nach erfolgreicher Konfiguration wird jener wieder rosa. In Abbildung 16 ist eine Änderung der betrachteten Bauteile vorgenommen worden, welche erst wirksam umgesetzt wird nach Betätigen des grünen „Update“ Buttons. Das Betätigen des Buttons steht auch mit der im Absatz 3.2.2.1.3 auf Seite 59 erklärten Auswahl der Detaillierungsmethode eng in Verbindung.

Nach erfolgreichem Betätigen des Buttons werden nun in den nachfolgenden Blättern anhand der mit den Häkchen getroffenen Auswahl Bereiche des Rechners ausgeblendet. Das Tool wird an dieser Stelle grundlegend für die nutzerspezifischen Bedürfnisse konfiguriert.

Die Bauteile und Kosten, die ausgewählt werden können, sind in 3 Blöcke untergliedert:

- Bauwerk Technik
- Bauwerk Hülle
- Folgekosten

Jeder dieser Blöcke kann als ganzer mit der daneben stehenden Auswahlbox aktiviert und deaktiviert werden. Ist der Hauptblock deaktiviert, werden die in ihm unterstellten Maßnahmen oder Kosten nicht berücksichtigt. Eine Deaktivierung wird durch grau hinterlegte und nicht mehr veränderbare Unterpunkte gekennzeichnet. Es bleiben jedoch die zuvor gesetzten Haken in den Unterpunkten erhalten und können durch erneute Aktivierung wieder miteinbezogen werden.

Als Beispiel dafür ist in Abbildung 16 der Überpunkt „Bauwerk Hülle“ nicht durch einen Haken aktiviert. In der Folge sind auch die zugehörigen Unterpunkte nicht miteinbezogen und grau markiert. Hingegen sind die Punkte „Bauwerk Technik“ und „Folgekosten“ aktiviert und die diesen Punkten unterstellten Häkchenboxen werden miteinbezogen.

Auch in den Unterpunkten gibt es weitere Detaillierungspfade, welche wie oben beschrieben durch Setzen eines Hakens aktiviert und deaktiviert werden können. Als Beispiel dafür siehe Abbildung 16 in Hauptkategorie „Bauwerk Technik“. Der Unterpunkt „Einspeisen“ ist angehakt und besitzt eine weitere Detaillierungsebene, welche somit freigeschaltet wurde. Der Haken bei „Warmwasser und Wärmeverteilsystem“ ist nicht gesetzt, darum ist seine Unterebene auch nicht miteinbezogen.

Die Unterteilung in diese drei Hauptblöcke bezieht sich auf die nachfolgenden Blätter und die Untergliederungen in diesen Blättern. So wird als Beispiel beim gesamten Überpunkt „Folgekosten“ nur eine Anpassung des Finanzierungs- und Folgekostenblattes (Fi&Fo-Blattes) vorgenommen.

Was nun die einzelnen gesetzten Häkchen für Auswirkungen auf die Blätter haben, kann man Tabelle 19 und Tabelle 20 im Anhang entnehmen.

Der logische Ablauf, der nach dem Betätigen des „Update“ Buttons durchgemacht wird, ist in Abbildung 17 dargestellt. Es wird zuerst die Angabe der Eingabedetailierung überprüft und anhand dieser die Anpassungsmethode ausgewählt. Darauf folgend werden die einzelnen Konfigurationen der Hauptkategorien und deren Unterkategorien an den Blättern durchgeführt.

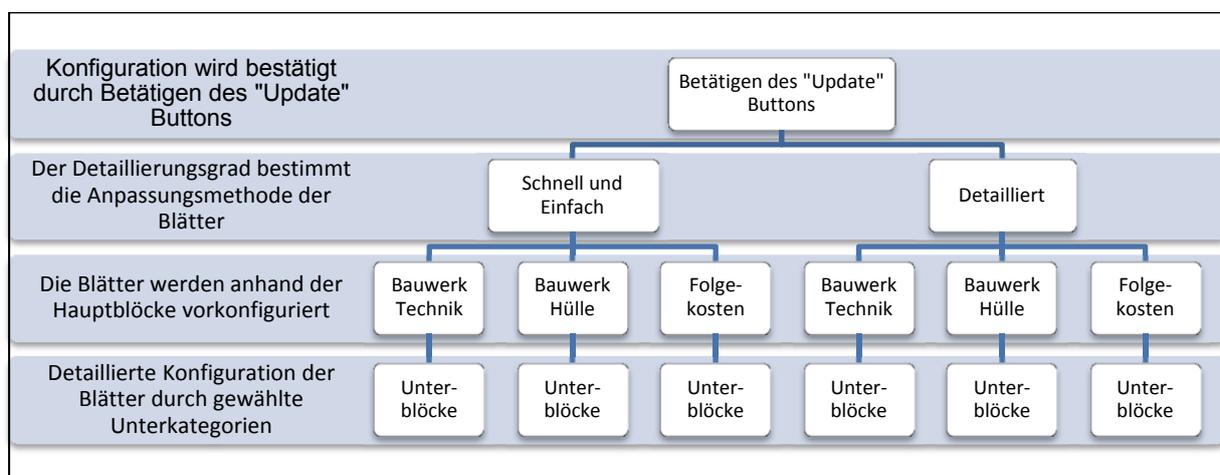


Abbildung 17: Logischer Ablauf der Konfiguration des Wirtschaftlichkeitsrechners

Ein bereits konfiguriertes Rechentool kann unter Beachtung der Richtlinien aus Absatz 3.2.2.1.3 auf Seite 59 rückkonfiguriert¹⁴¹ werden.

¹⁴¹ Anm.: wenn Bauteile oder Kosten doch nicht benötigt und diese im Konfigurationsblatt wieder weggehakt werden

3.2.2.1.2 Angaben zur Wirtschaftlichkeit

Unter diesem Punkt werden Angaben zur Wirtschaftlichkeitsrechnung getätigt. Es wird die Wirtschaftlichkeitsmethode (-darstellung) ausgewählt, und es werden Werte für dessen Berechnung angegeben. Abbildung 18 zeigt das Layout dieses Segments.

Abbildung 18: Auswahlsegment „Angaben zur Wirtschaftlichkeit“ auf Konfigurationsblatt

Zur Auswahl bei den Wirtschaftlichkeitsmethoden stehen:

- Preis der eingesparten kWh
- Annuitätischer Gewinn
- Kapitalwertmethode
- Annuitätenvergleich

Alle diese Methoden sind in Absatz 2.2 beginnend mit Seite 16 genauer erklärt. Es wird in den Überschriften zu diesen Methoden eine Empfehlung abgegeben, für wen welche Methoden geeignet sind. Alle Methoden sind für Investoren geeignet, welche die Energiekosten selber tragen und dadurch einen Einnahmenstrom durch energiesparende Maßnahmen wahrnehmen. Für die fremdgenutzte Immobilie ist eine Empfehlung für die Kapitalwertmethode und den Annuitätenvergleich angegeben, weil diese die Energieeinsparung nicht als Hauptwirtschaftlichkeitsbewertungskriterium sieht und somit objektiv einen Vergleich anstellt. Weiter findet man nach Betätigen der Buttons in der links unten abgebildeten Informationsleiste eine kurze Information über das gewählte Wirtschaftlichkeitsvergleichsverfahren.

Weitere Angaben sind:

- Betrachtungszeitraum
- Kapitalzinssatz
- Inflationsrate
- Energiepreissteigerung
- Sensitivität

Der Betrachtungszeitraum wird in Jahren angegeben und sollte laut Absatz 2.7.3 auf Seite 30 möglichst der Kreditlaufzeit entsprechen und an die rechnerische Nutzungsdauer der kurzlebigen und/oder kapitalintensiven Anlagenkomponente angepasst sein.

Der Kapitalzinssatz, in Prozent angegeben, ist für die gesamte Berechnung als konstant angenommen, um die Vergleichbarkeit der Varianten zu gewährleisten. Er richtet sich nach Absatz 2.1.4.4 auf Seite 14 an dem Marktzins und ist als Vorschlagswert mit 5% angegeben.

Die Inflationsrate ist, wie in Absatz 2.1.4.5 beschrieben, die allgemeine Teuerungsrate pro Jahr und wird dementsprechend in Prozent pro Jahr angegeben. Wird nichts oder 0 in das Feld eingetragen, rechnet das Tool mit realen Preisen. Dabei ist zu beachten, dass der Kapitalzinssatz dann folglich auch als realer Zinssatz angegeben werden muss.

Energiepreissteigerungen können weiter separat für fossile Brennstoffe, Biomasse und Strom angegeben werden. Sie sind in prozentualer Steigerung je Jahr anzugeben, und es existieren Vorgabewerte.

Die Sensitivität wird nur bei der Wirtschaftlichkeitsmethode „Preis der eingesparten kWh“ freigeschaltet. Bei der Betrachtung mit einer Sensitivität werden Unsicherheiten in der Energiepreissteigerung durch Angabe einer Schwankungsbreite in +/- Prozenten je Jahr in die Wirtschaftlichkeitsdarstellung miteinbezogen.

3.2.2.1.3 Detaillierungsgrad

Hier wird der Eingabedetaillierungsgrad festgelegt. Ausgewählt wird zwischen:

- „schnell und einfach“ und
- „detailliert“

In Abbildung 19 ist dieses Auswahlmenü dargestellt. Je nach Auswahl wird eine andere Anpassungsmethode verwendet.

Bei beiden Methoden werden die drei Eingabeblätter „Energiekennwerte“, „Investitions- und Wartungskosten“ und „Finanzierungs- und Folgekosten“ angepasst. Bei der Konfiguration des Energiekennwerte-Blattes unterscheiden sich die Methoden nicht voneinander, sehr wohl aber bei den anderen zwei. Dort ist der grundsätzliche Unterschied der beiden Anpassungsmethoden, dass bei „Schnell und einfach“ die Gliederung der Kosten nicht verwendet wird, hingegen bei „Detailliert“ die volle Gliederung immer erhalten bleibt. Die Gliederung der Kosten ist im Investitions- und Wartungsblatt angelehnt an die ÖNORM B 1801-1 und im Folgekostenblatt die ÖNORM B 1801-2, welche in Absatz 3.2.2.4 auf Seite 70 und 3.2.2.5, Seite 74, erklärt sind.

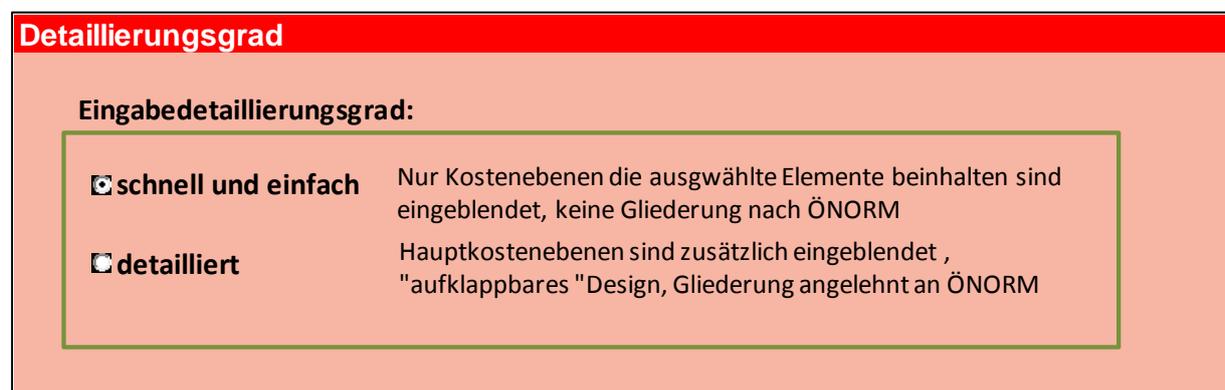


Abbildung 19: Auswahlsegment „Detaillierungsgrad“ auf Konfigurationsblatt

I. Schnell und einfach

Faustregel für die Anwendung dieser Methode ist: „Alles, was nicht sichtbar ist, wird nicht berücksichtigt“. Das heißt konkret, dass Kosten oder Energiekennwerte, die eingegeben, aber nachträglich wieder ausgeblendet worden sind (durch Rückkonfigurieren), nicht in der Berechnung berücksichtigt werden. Die ausgeblendeten Werte bleiben im Hintergrund erhalten und können wieder eingeblendet werden.

Es werden die Kosten auf den einzelnen Blättern nicht durch eine Gliederung am linken Rand unterteilt, sondern sie sind blockweise untereinander aufgelistet. Außerdem werden nur jene Kostenebenen angezeigt, die zuvor ausgewählte Bauteile und Kosten beinhalten.

Man findet übersichtlich und konkret nur jene Werte, die man wirklich eingeben möchte.

Als Beispiel sei dazu die Konfiguration zur Betrachtung von Fenstern und Türen am Investitions- und Wartungsblatt in Abbildung 20 dargestellt.

Vorhergegangene Konfigurationen für Abbildung 20:

Maßnahmenumfang und betrachtete Bauteile:

- Sanierung
- ✓ Bauwerk Hülle
 - ✓ Fenster

Detaillierungsgrad:

- Schnell und einfach

Es sind nun alle relevanten Kosten in Blockform ohne Gliederung untereinander abgebildet.

technischer Kennwert		Menge	x	Preis	=	Investition (€)	Instandsetzung (%/a) (€/a)	Wartung (%/a) (€/a)	LD (a)
Kosten Minimierung Wärmebrücken (4C.01, 4D.02, 4D.03)						0,00			
	W/Km ²		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/Km ²		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/Km ²		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
Kosten Dichtheit der Außenhülle Luftw echsel						0,00			
	1/h					0,00	0%	0,00	
	1/h					0,00	0%	0,00	
Dachfenster/-öffnungen U-Wert						0,00			
	hier Dachfenster eintragen W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
Türen (Fassadenöffnungen) U-Wert						0,00			
	hier Türen eintragen W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
Fenster (Fassadenöffnungen) U _w -Wert						0,00			
	W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	
	W/m ² K		m ²	€/m ²		0,00	0%	0,00	

Abbildung 20: Anpassungsmethode "Schnell und einfach" am Beispiel Fenster und Türen im I&W-Blatt

Konkret blendet diese Anpassungsmethode generell die Spalten der Gliederung am Rand und die Auf/Zuklapp-Buttons aus. Außerdem werden nur die Zeilen mit relevanten Kostengruppen sichtbar gemacht. Wie bereits erwähnt, werden ausgeblendete, im Hintergrund stehende Werte in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Es empfiehlt sich diese Methode anzuwenden, wenn wenige Eingabewerte vorhanden sind oder keine Erfahrung mit Kosten und Gliederungssystemen nach ÖNORM im Hochbau gegeben ist.

II. Detailliert

Diese Konfiguration setzt Erfahrung mit Kosten und dem in diesem Rechner verwendeten Gliederungssystem voraus. Wie bereits erwähnt, unterscheidet sich diese Detaillierungsmethode hinsichtlich des Energiekennwerte-Blattes nicht von der vorher beschriebenen. Mit den Energiekennwerten gilt also auch: „Was nicht sichtbar ist, wird nicht verwendet“. Dies ist nicht für das Investitions- und Wartungskosten- und Finanzierungs- und Folgekostenblatt gültig. Bei ihnen wird jeder ausgeblendete Wert auch in der Berechnung mitberücksichtigt. Diese Werte sind jedoch nie ganz unsichtbar, denn ihre Summen sind immer in der ihnen übergeordneten Hauptkostengruppe ausgewiesen.

In Abbildung 22 ist dies anhand von drei Bildern dargestellt. Von oben nach unten sind jeweils weniger Kostenebenen durch Betätigen der Auf- und Zuklapp- Buttons eingeblendet. Durch die gebildete Summe in den übergeordneten Kostenebenen kann man immer erkennen, dass Werte in den ausgeblendeten Ebenen enthalten sind.

		technischer Kennwert	Menge	x	Preis	=	Investition (€)	
3	-	Bauwerk-Technik					14423,10	
3C	-	Wärmeversorgungsanlagen					2423,10	
3C.01	-	Wärmeerzeugungsanlagen incl Speicher	Wirkungsgrad				2423,10	
		Ölkessel	0,7	η	10,00	kW	222,00 €/kW	2220,00
		Wärmespeicher	0,9	η	6,00	kW	33,85 €/kW	203,10
				η		kW	€/kW	0,00
				η		kW	€/kW	0,00
				η		kW	€/kW	0,00
				η		kW	€/kW	0,00
3C.02	-	Wärmeverteilstetze				m	€/m	0,00
3C.03	-	Raumheizflächen						0,00
		Flächenheizsysteme		kW/m²		m²	€/m²	0,00
		Wandheizung		kW/m²		m²	€/m²	0,00
		Heizkörper		kW/m²				0,00
				kW/m²				0,00
3D	+	Klima-/Lüftungsanlagen						0,00
3F	-	Starkstromanlagen						12000,00
3F.02	-	Eigenstromversorgung						12000,00
		Photovoltaik 8mx8m		η	20,00	kW	600,00 €/kW	12000,00
				η		kW	€/kW	0,00
3F.05	-	Beleuchtungsanlagen						0,00
3H	+	Gebäudeautomation						0,00

		technischer Kennwert	Menge	x	Preis	=	Investition (€)
3	-	Bauwerk-Technik					14423,10
3C	+	Wärmeversorgungsanlagen					2423,10
3D	+	Klima-/Lüftungsanlagen					0,00
3F	+	Starkstromanlagen					12000,00
3H	+	Gebäudeautomation					0,00

		technischer Kennwert	Menge	x	Preis	=	Investition (€)
3	+	Bauwerk-Technik					14423,10

Abbildung 21: Minimieren von Kostengruppen auf eine Hauptkostengruppe (v.o.n.u.)

Das I&W- und Fi&Fo-Blatt verwenden sogenannte Auf/Zuklapp-Buttons. Mit ihnen ist eine Navigation durch die Gliederung der Kostenebenen direkt auf dem Blatt möglich. Durch Betätigen des erhöht mit einem + gekennzeichneten Buttons erweitert sich die Gruppierung. Der Button rastet ein und seine Beschriftung wird ein -. Erneutes Betätigen minimiert die Gliederung, und der Button ist wieder im Ausgangszustand. Die beiden möglichen Zustände des Buttons sind in Abbildung 22 dargestellt.



Abbildung 22: Auf- bzw. Zuklapp-Buttons auf I&W- und FI&Fo-Blatt

Wird nun „Detailliert“ als Anpassungsmethode gewählt und der „Update“ Button betätigt, klappen sich automatisch die benötigten Kostengruppen anhand der zuvor gewählten Elemente auf. Es wird ein erleichtertes Finden von relevanten Kostengruppen unterstützt, aber immer die Möglichkeit auf eigene Navigation im Kostenblatt geboten.

3.2.2.1.4 Quelle für Ökobilanzierungsdaten

In diesem Segment am Blatt „Konfiguration“ befindet sich die Auswahl der Datengrundlage für die Ökobilanzierungsdaten. Diese ist in Abbildung 23 visualisiert. Unter Ökobilanzierungsdaten sind hier CO₂-Äquivalente und Emissionskennwerte sowie Primärenergiefaktoren zu verstehen. Ökobilanzierungsdaten sind vorhanden von

- OIB
- DIN V4701-10
- ESU-services GmbH
- Öko-Institut (Gemis 4.6)

Das OIB gibt derzeit nur informative Anhaltspunkte über Primärenergiefaktoren und CO₂-Emissionskennwerte vor. Es wird dabei die EN 15315 dabei erwähnt, dessen Verwendung hat aber keinen normativen Charakter.¹⁴² Es wurde darum der Platzhalter „OIB“ verwendet, der zukünftig für die von ihnen vorgeschriebenen Werte enthalten wird.

Diese Datensätze sind im Tabellenblatt TABELLEN hinterlegt und können dort eingesehen und verändert werden. Das Blatt TABELLEN ist prinzipiell versteckt und am Ende der Blattnavigation angebracht. Durch Betätigen des Auf- und Zuklapp-Buttons rechts über der Überschrift „Quelle für Primärenergiefaktoren und CO₂-Kennwerte“ kann das Tabellenblatt (mit gelber Ellipse in Abbildung 23 umrahmt) sichtbar bzw. unsichtbar gemacht werden. Es wird jedoch nicht empfohlen, Werte in diesem Blatt eigenhändig zu verändern, da diese aus Normen und Richtlinien stammen und auf ihre Richtigkeit überprüft sind.

Abbildung 23: Auswahlsegment "Quelle für Ökobilanzierungsdaten" auf Konfigurationsblatt

Um jeweils die gleichen Daten zu verwenden, wird zuerst abgefragt, welches Programm zur Berechnung der Energiebedarfswerte verwendet wurde. Wurde die Energiebedarfsberechnung mit PHPP durchgeführt so ist standardmäßig der Datensatz DIN V4701-10 (Stand: PHPP 2007) ausgewählt und die anderen Möglichkeiten grau, nicht auswählbar, hinterlegt. Alle Bezeichnungen im Wirtschaftlichkeitsrechner passen sich den in PHPP gebräuchlichen an. So wird die Bezugsfläche für die spezifischen Energiekennwerte bei

¹⁴² Vgl. POEHN, C et al (2007), S.138.

dieser Auswahl „Energiebezugsfläche“ genannt. Sind die Energiebedarfswerte aus einem österreichischen Energieausweis entnommen, so wird mit der entsprechenden OIB-NORM als Datengrundlage gerechnet und die Bezugsfläche für Energiekennwerte lautet „Bruttogeschossfläche“. Theoretische Grundlagen dazu findet man in Absatz 2.4.2, 2.4.3, und 2.4.4.

Es besteht nun noch die Möglichkeit, andere Ökobilanzierungsdaten zu verwenden. Hierfür wird ein Haken in der Auswahlbox gesetzt, welche abfragt, ob man mit anderen Faktoren rechnen möchte. Ist dies geschehen, können beliebige Datensätze ausgesucht werden. Zur Verfügung stehen neben OIB und DIN V4701-10 die Ökobilanzierungsdaten der ESU-service GmbH und die Daten nach dem Programm Gemis 4.6 des Öko Instituts. Eine genaue Beschreibung all jener findet man unter Absatz 2.6 ab Seite 26.

3.2.2.1.5 Heutige Energiepreise und Einspeisetarife

In diesem letzten Segment des Konfigurationsblattes werden die Energiepreise und die Einspeisetarife angegeben. Es sind Vorgabewerte vorhanden, die aber verändert werden können. Diese Werte werden für die Berechnung der verbrauchsgebundenen Kosten und Erlöse benötigt.

Die Eingabemaske für die Energiepreise ist in Abbildung 24 unausgefüllt dargestellt. Es ist unbedingt erforderlich, eine Quelle des Energiepreises für die Nachvollziehbarkeit anzugeben. Angegeben wird der Energiepreis in €/kWh_{Endenergie}. Die Ökobilanzierungsdatensätze beinhalten Kennwerte für unterschiedlichste Energieträger. Je nach Auswahl der Datensatzquelle sind jene Energieträger eingeblendet, für die auch Kennwerte im Datensatz vorgesehen sind.

Energiepreise			
	Preis	Einheit	Quelle
Heizöl	0,0	€/kWh _{End}	
Erdgas	0,0	€/kWh _{End}	
Flüssiggas	0,0	€/kWh _{End}	
Steinkohle	0,0	€/kWh _{End}	
Holz, Scheit	0,0	€/kWh _{End}	
Holz, Pellet	0,0	€/kWh _{End}	
Strom-Mix	0,0	€/kWh _{End}	
Photovoltaik-Strom	0,0	€/kWh _{End}	
		€/kWh _{End}	

Abbildung 24: Eingabemaske für Energiepreise im Konfigurationsblatt

Die Tarife für verschiedene Einspeisearten werden ebenfalls in diesem Segment angegeben. Hier ist kein Preis anzugeben, sondern der Erlös, der aus der Einspeisung von einer kWh Energie (Wärme oder Strom) erwirtschaftet wird. In Abbildung 25 ist diese Eingabemaske veranschaulicht. Tarife können in dieser Maske hinzugefügt oder entfernt werden. Diese stehen dann im Energiekennwerteblatt zur Verfügung.

Die Eingabe von neuen Brennstoffen und Einspeisetarifen ist in Absatz 3.2.2.6 erklärt.

Wärmeeinspeisung				
	Tarif	Erlös	Einheit	Quelle
	Fernwärme VlbG	0,0	€/kWh	
	Fernwärme Schweiz	0,0	€/kWh	
		0,0	€/kWh	

Stromeinspeisung				
	Tarif	Erlös	Einheit	Quelle
	VlbG PV-Strom	0,0	€/kWh	
	VlbG BHKW Gas	0,0	€/kWh	
	VlbG Biogasanlage	0,0	€/kWh	
		0,0	€/kWh	
		0,0	€/kWh	
		0,0	€/kWh	

Abbildung 25: Eingabemaske der Einspeisetarife auf Konfigurationsblatt

3.2.2.2 Blatt „Projektangaben“

In diesem Blatt werden allgemeine, für alle Varianten gültige Projektinformationen und die Anzahl der zu vergleichenden Varianten angegeben und diese genauer beschrieben. Man legt sich auf eine Referenzvariante fest, welche aber später noch verändert werden kann. Abbildung 26 zeigt das Projektangabenblatt mit zwei eingegebenen Beispielvarianten.

Projektangaben

Bauherr: <input type="text" value="Emil Energiesparer"/> Adresse, Ort: <input type="text" value="Energiesparstraße 10"/> Gebäudetyp: <input type="text" value="Wohngebäude"/> <input type="text" value="bitte auswählen"/> + Baujahr: <input type="text" value="1984"/>	Architekt: <input type="text" value="DI Arch. Saniereschlaue"/> Bruttogrundfläche: <input type="text" value="50"/> m ² Personen: <input type="text" value="4"/> P Anmerkung: <input type="text" value="sanierungsbedürftig"/>
--	---

Spezifische Angaben zu Varianten

Bezeichnung	Kürzel	Energiebezugsfläche	Referenz
Fenstertausch - billig	FEBI	50 m ²	<input checked="" type="checkbox"/> Variante 1
Fenstertausch - teuer	FETEJ	50 m ²	<input checked="" type="checkbox"/> Variante 2
		m ²	<input type="checkbox"/> Variante 3
		m ²	<input type="checkbox"/> Variante 4
		m ²	<input type="checkbox"/> Variante 5

Anzahl Varianten:

Abbildung 26: Projektangabenblatt mit zwei Beispielvarianten

Im Kopf des Blattes werden allgemeine Angaben zum Objekt eingetragen. Diese Informationen sind nicht relevant für die Berechnung, dienen aber der genauen Definition und für Informationen über die Immobilie. Dieser Bereich wird in den darauf folgenden Kosten- und Energiekennwerteingabeblättern in gleicher Form als informativer Blattkopf verwendet. Informationen werden angegeben für:

- Bauherr
- Adresse, Ort
- Gebäudetyp (Wohngebäude/Nichtwohngebäude und weitere Detaillierung)
- Baujahr
- Architekt
- Bruttogrundfläche
- Personen und
- Anmerkungen

Bei Gebäudetyp kann zwischen Wohngebäude und Nichtwohngebäude mit Hilfe eines Listenfeldes ausgewählt werden. Das Listenfeld daneben lässt eine genauere Spezifizierung des Gebäudes zu. In Abbildung 26 ist beispielsweise ein Wohngebäude als Einfamilienhaus deklariert worden. Ist der gewünschte Gebäudetyp nicht in der Liste enthalten, kann dieser hinzugefügt werden. Man drücke auf den Auf- und Zuklappbutton rechts neben dem zweiten Listenfeld, und es klappt sich unter den Variantenangaben eine erweiterbare Hilfstabelle auf. Abbildung 27 zeigt diese Vorgehensweise.

Projektangaben

Bauherr
 Adresse, Ort Bruttoogr
 Gebäudety -
 Baujahr A

Spezifische Angaben zu Varianten

Bezeichnung	Kürze	Energiebezu
Fenstertausch - billig	FEBI	50
Fenstertausch - teuer	FETEU	50

Hilfstabelle für Gebäudetypeingabe

Gebäudety	Wohngebäude	Nichtwohngebäude
bitte wählen	bitte wählen	bitte wählen
Wohngebäude	Einfamilienhaus	Schule
Nichtwohngebäude	Mehrfamilienhaus	Kindergarten
	Reihenhaus	Schwimmbad
	Wohnblock	Bürogebäude
		Geschäft
		Gasthaus
		Hotel
		Amtsgebäude

Abbildung 27: Hinzufügen von Gebäudetyen im Projektangabenblatt

In dieser nun sichtbaren Hilfstabelle können die Auswahlmöglichkeiten für das Listenfeld durch Eingabe von gewünschten Bezeichnungen beliebig verändert werden.

Unter den allgemeinen Angaben findet man die spezifischen Angaben zu den einzelnen Varianten. Es wird dort generell angegeben, wie viel Varianten betrachtet werden sollen. Dies geschieht mit einem rechts angeordneten Schieberegler mit dazugehörigem Anzeigefeld. Es können maximal fünf Varianten ausgewählt werden, wobei zwei Varianten das Minimum für einen Vergleich darstellen. Simultan zur Reglereinstellung blenden sich mehr oder weniger Varianteneingabeblätter (I&W und Fi&Fo) in der Blattnavigationsleiste und Referenzauswahlboxen im Projektangabenblatt ein oder aus. Weiter werden Bereiche für Varianten im Energiekennwerteblatt ein- bzw. ausgeblendet und die Diagramme in der Auswertung angepasst.

Um die Varianten voneinander unterscheiden zu können, ist eine genaue Bezeichnung und ein dazugehöriges unverwechselbares Kürzel anzugeben. Diese Angaben werden auf den nachfolgenden Blättern weiterverwendet.

Für die Berechnung von spezifischen Werten ist für jede Variante die dazugehörige energetische Bezugsfläche in m² anzugeben. Wie in Absatz 3.2.2.1.4 auf Seite 63 erwähnt,

ist die Bezeichnung dieser Bezugsfläche abhängig von der Auswahl der Energiebedarfsrechnung im Konfigurationsblatt.

Rechts daneben wird noch die Referenzvariante ausgewählt. Es ist hier zu bemerken, dass bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung „Annuitätischer Gewinn“ und „Kosten der eingesparten kWh“ die Referenzvariante die ohnehin durchzuführende Variante darstellt.

3.2.2.3 Blatt „Energiekennwerte“

Das Blatt wird platzsparenderweise in der Navigationsleiste mit der Abkürzung „Energie KW“ benannt. In diesem werden Energieträger und Energiekennwerte von Varianten den einzelnen relevanten Energieverbrauchern zugeordnet. Aus diesen Werten können nun die verbrauchsgebundenen Kosten und Erlöse berechnet werden.

Den Kopf des Blattes bilden, wie vorher beschrieben, die allgemeinen Projektangaben.

Darunter kommt, für jede Variante vorhanden, eine Maske, in der die Energieverbraucher einen Energieträger und einen Energiekennwert zugewiesen bekommen. Es sind weiter Tarife und die eingespeiste Energiemenge für Wärme- oder Stromeinspeisung anzugeben. Für eine Beispielvariante ist ein Block ohne Werte mit allen Energieverbrauchern und Einspeisung in Abbildung 28 dargestellt. Dieser Block ist für jede Variante vorhanden und die einzelnen Blöcke sind nebeneinander angeordnet. Blöcke von Varianten, die nicht einbezogen sind, werden ausgeblendet.

Energiekennwerte nach Verursachung - alle Varianten					
	Variante 1 Beispielvariante				
	Energieträger	Systembeschreibung	Nutzenergie / (kWh/m²a)	Nutzungsgrad= (η)	Endenergie (kWh/m²a)
Heizung	keine		0	0	0
Heizung 2	keine		0	0	0
Warmwasser	keine		0	0	0
Warmwasser 2	keine		0	0	0
Klimatisierung	keine		0	0	0
Lüftung	keine		0	0	0
Kühlung	keine		0	0	0
Hilfsstrom Heizung	keine				0
Hilfsstrom Warmwasser	keine				0
Hilfsstrom Solaranlage	keine				0
Hilfsstrom Klimatisierung	keine				0
Hilfsstrom Lüftung	keine				0
Hilfsstrom Kühlung	keine				0
Beleuchtung	keine				0
EDV	keine				0
HH-Strom	keine				0
Befeuchten	keine		0	0	0
Entfeuchten	keine		0	0	0
Sonstiges	keine		0	0	0
	Tarif	Systembeschreibung	Eingespeiste Arbeit (kWh/a)		
Wärmeeinspeisung	keine		0		
Stromeinspeisung	keine		0		

Abbildung 28: Maske für die Eingabe der Energiekennwerte mit allen Positionen

Aufgrund der Konfiguration der zu betrachtenden Bauteile im Konfigurationsblatt werden nur jene Zeilen für die Energieverbraucher und Einspeisung angezeigt, welche für die betreffende Konfiguration relevant sind. Abbildung 28 stellt die volle Palette an Energieverbrauchern und Einspeisungen dar. Beide Anpassungsmethoden der Konfiguration („schnell und einfach“ und „detailliert“) liefern auf diesem Blatt das gleiche Ergebnis.

Abbildung 29 soll die Konfiguration dieses Blattes und die einzelnen Spalten anhand eines Beispiels zeigen und erklären. Im Beispiel wird ein neues Heizsystem und zusätzlich noch eine Klimaanlage eingebaut.

Maßnahmenumfang und betrachtete Bauteile:

- Sanierung
- ✓ Bauwerk Technik
 - ✓ Neues Heizsystem
 - ✓ Klimatisierung

Detaillierungsgrad:

- egal, da bei beiden Methoden das gleiche Ergebnis

Variante 1					
Beispielvariante					
	Systembeschreibung	Nutzenergie /	Nutzungsgrad=	Endenergie	
	Energieträger	(kWh/m ² a)	(η)	(kWh/m ² a)	
Heizung	Heizöl	Brennwertkessel OLTECH	30	0,9	33,33
Klimatisierung	Strom-Mix	Klimagerät COOLMAX	0,00	0,00	5,80
Hilfsstrom Heizung	Strom-Mix				5,00
Hilfsstrom Klimatisierung	keine				0,00
Sonstiges	keine		0,00	0,00	0,00

keine
Heizöl
Erdgas
Flüssiggas
Steinkohle
Holz
Strom-Mix
Photovoltaik-Strom

Abbildung 29: Konfigurierte Beispielvariante auf Energiekennwerteblatt

Es sind nun im Beispiel Angaben für Heizung und Hilfsstrom Heizung, Klimatisierung und Hilfsstrom Klimatisierung und Sonstiges zu machen. Der Punkt Heizung, Hilfsstrom Heizung und Sonstiges ist bei jeder Konfiguration eingeblendet, da diese Angaben immer benötigt werden.

Nun wird jedem dieser Energieverbraucher ein Energieträger und somit indirekt ein Energiepreis zugeordnet. Dies geschieht durch Wählen eines geeigneten Punktes aus der Auswahlbox, wie unter Punkt Sonstiges demonstriert.

In der darauffolgenden Spalte kann eine Beschreibung des Energieverbrauchersystems angeführt werden, diese ist aber rein für informative Zwecke vorhanden.

Die nächsten drei Spalten verlangen die Eingabe von Energiewerten mit dem Ziel des Endenergiekennwertes. Dieser kann direkt in die Spalte „Endenergie“ geschrieben werden,

wie in Abbildung 29 in Zeile „Klimatisierung“ oder über Nutzenergie und Nutzungsgrad indirekt, wie in Zeile „Heizung“, berechnet werden.

Diese beiden Varianten werden durch einfaches Klicken in die zu beschreibende Zeile möglich. Möchte man beispielsweise in Abbildung 29 Zeile „Heizung“ die Endenergie nicht mit Nutzenergie und Nutzungsgrad berechnen, sondern selber eingeben, so müsste nur auf das noch rosafarbene Feld für die Endenergie geklickt werden. Augenblicklich verfärben sich die zuvor weißen Nutzenergie- und Nutzungsgradfelder rosa, und der Wert für Endenergie kann ohne Berechnung direkt in das nun weiße Eingabefeld eingetragen werden. Hier ist zu bemerken, dass die zwei Berechnungszellen beim Umfärben auf rosa automatisch und unwiderruflich mit dem Wert „0“ versehen werden. Dieses System wird auf mehreren Feldern verwendet und wird als Flip-Flop-Eingabeform bezeichnet. Der Name rührt daher, dass zwischen zwei Eingabemöglichkeiten hin- und hergeschaltet wird.

Zusätzlich zu den Energiebedarfskennwerten werden in diesem Blatt noch Energieeinspeisungen und deren Vergütung angegeben. Ist in der Konfiguration „Bauwerk Technik“, „Einspeisen“ und einer der Unterpunkte gewählt, so klappt sich die Maske auf. In ihr werden der Vergütungstarif aus einer Auswahlliste, eine Systembeschreibung und die jährliche eingespeiste Arbeit (in kWh/a) eingegeben. Alle Werte auf diesem Blatt sind als positive Werte einzugeben.

	Tarif	Systembeschreibung	Eingespeiste Arbeit (kWh/a)
Wärmeeinspeisung	keine		0
Stromeinspeisung	Vlbg PV-Strom	Strom aus PV-Anlage 1kW	500
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Vlbg PV-Strom Eigenstrom aus Gas Eigestr. Aus FG </div>		

Abbildung 30: Berücksichtigung von Einspeisungen auf Konfigurationsblatt

3.2.2.4 Blatt „Investition und Wartung“

Dieses Blatt wird in der Navigation „I&W“ genannt und ist für jede Variante verfügbar, aber nur für benötigte Varianten eingeblendet.

Es werden darin energierelevante Investitions-, Wartungs- und Instandsetzungskosten als Kosten des Vollkostenansatzes, beschrieben in Absatz 2.1.3.2, eingegeben. Im Blatt kann jedem Bauteil eine Lebensdauer zugeordnet werden. Lebensdauer bedeutet, dass nach Ablauf dieser Zeit das Bauteil keinen Wert mehr besitzt. Ist der Betrachtungszeitraum größer als die Lebensdauer, verbleibt ein Restwert des Investitionsobjektes übrig, ist er jedoch größer, muss das Bauteil durch eine sogenannte Ersatzinvestition ersetzt werden. Dieser Sachverhalt ist in Absatz 2.7.3.1 auf Seite 30 erklärt.

Das Blatt hat, wie alle, im Kopf die allgemeinen Projektangaben und zusätzlich dazu die variantendefinierenden Informationen wie Kürzel und energetische Bezugsfläche.

Die Gliederung der Kosten in diesem Blatt ist angelehnt an die ÖNORM B 1801-1 Baugliederung entstanden. Es sind daraus jene Punkte entnommen, die energierelevante Kosten enthalten könnten. Die Hauptebenen dieser Gliederung sind in Abbildung 31 dargestellt. Für eine genaue, in diesem Rechner verwendete Aufschlüsselung in die Unterebenen siehe Tabelle 21 im Anhang.

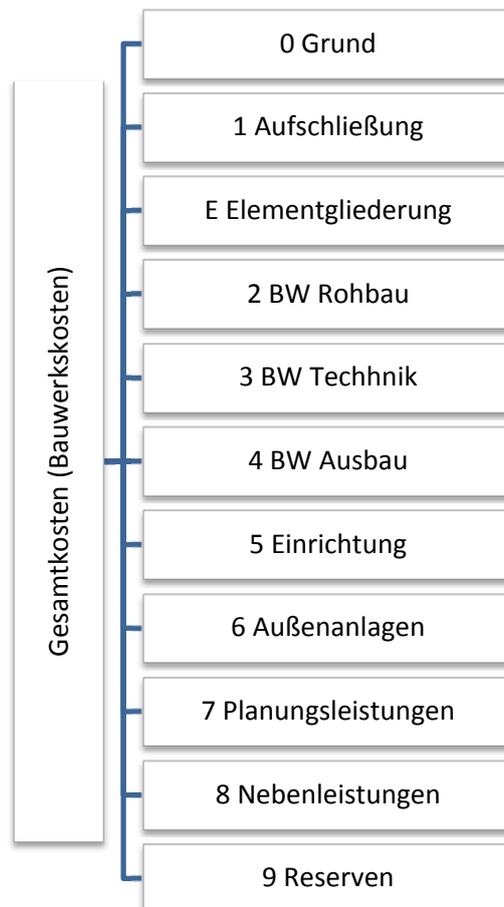


Abbildung 31: Kostengliederung im I&W-Blatt angelehnt an ÖNORM B 1801-1¹⁴³

Wie man in Abbildung 31 erkennen kann, ist die Gliederung nach ÖNORM B 1801-1 eins zu eins übernommen worden, jedoch nach „1 Aufschließung“ wurde eine „Elementgliederung“ eingefügt. Diese Elementgliederung fasst einzelne Komponenten verschiedenster Positionen der ÖNORM zu groben Elementen zusammen. Zum Beispiel besteht eine Außenwand gegen Außenluft aus einer Außenwandkonstruktion und einer Wandverkleidung. Diese Positionen befänden sich aber in Gruppe 2 und Gruppe 4, was eine übersichtliche, gemeinsame Eingabe von Kosten erschweren würde. Bei den Elementen in der hinzugefügten Elementgliederung sind zusätzlich in Klammern die genauen Bezeichnungen nach ÖNORM B 1801-1 ihrer Aufbauten angefügt worden. In Abbildung 32 kann man die

¹⁴³ Vgl. ÖNORM B 1801-1, S.14.

Elementgliederung mit ihren Untergliederungsebenen und die einzelnen Schichten des Aufbaus nach ÖNORM in Klammer betrachten. Der Punkt „Bodenplatte“, welcher nur aus einem Element besteht, wurde aus Übersichtlichkeitsgründen in die Elementgliederung übernommen.

Gliederungsebene		Bezeichnung
E		Elementgliederung
E1		Dächer
	E1.01	Flachdach (2D.01, 4B.01, 4C.01)
	E1.02	Schrägdach (2D.01, 4B.01, 4C.01)
E2		Decken
	E2.01	Oberste Geschossdecke (2D.01, 4D.03)
	E2.02	Decke gegen Außenluft unten (2D.01, 4D.03, 4C.01)
	E2.03	Kellerdecke (2D.01, 4D.03)
	E2.04	Bodenplatte (2C.04)
E3		Wände
	E3.01	Außenwand gegen Außenluft (2E.01, 4C.01)
	E3.02	Außenwand gegen unbeheizt (2E.01, 4D.02)
	E3.03	Außenwand gegen Erdreich (2E.01, 4C.05)
E4		Minimierung Wärmebrücken und Dichtheit Außenhülle
	E4.01	Kosten Minimierung Wärmebrücken (4C.01, 4D.02, 4D.03)
	E4.02	Kosten Dichtheit der Außenhülle
E5		Bauliche Kosten Haustechnik (2C.02, 2C.03, 2G)

Abbildung 32: Elementgliederung auf I&W-Blatt

Die Eingabe wird anhand eines konkreten Beispiels erklärt, welches in Abbildung 33 illustriert ist. Man möchte eine Wand gegen Außenluft eintragen. Wir befinden uns im Konfigurationsmodus „Detailliert“.

		technischer Kennwert	Menge	x	Preis	=	Investition (€)	Instandsetzung (%/a) (€/a)	Wartung (%/a) (€/a)	LD (a)			
E	Elementgliederung						2250,00						
E1	Dächer						0,00						
E2	Decken						0,00						
E3	Wände						2250,00						
	E3.01 Außenwand gegen Außenluft (2E.01, 4C.01)	U-Wert					2250,00						
		SUD 38 Ziegel, 20 cm DA, Kalkputz	0,8	W/m²K	20,00	m²	50,00 €/m²	1000,00	0,5%	0,00	1,0%	0,00	40
		NORD 50 Ziegel, 10 cm DA, Kalkputz	0,9	W/m²K	0,00	m²	0,00 €/m²	1250,00	0,0%	20,00	0,0%	10,00	40
				W/m²K	0,00	m²	0,00 €/m²	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	
				W/m²K	0,00	m²	0,00 €/m²	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	
				W/m²K	0,00	m²	0,00 €/m²	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	
				W/m²K	0,00	m²	0,00 €/m²	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	
	E3.02 Außenwand gegen unbeheizt (2E.01, 4D.02)	U-Wert					0,00						
				W/m²K		m²		0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	
				W/m²K		m²		0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	
				W/m²K		m²		0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	
	E3.03 Außenwand gegen Erdreich (2E.01, 4C.05)	U-Wert					0,00						
				W/m²K		m²		0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	
				W/m²K		m²		0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	
				W/m²K		m²		0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	
E4	Minimierung Wärmebrücken und Dichtheit Außenhülle						0,00						
E5	Bauliche Kosten Haustechnik (2C.02, 2C.03, 2G)						0,00						

Abbildung 33: Eingabebeispiel I&W-Blatt

Eine Außenwand gegen Außenluft ist in der Elementgliederung unter E3 Wände mit der Bezeichnung E3.01 zu finden. Der Wandaufbau wird in der ersten Eingabespalte in Textform beschrieben. Zusätzlich dazu kann ein technischer Kennwert, in diesem Falle der U-Wert der Wand, hinzugefügt werden. Diese Angaben sind nur informativ und werden für die Berechnung nicht verwendet.

Nächster einzugebender Zielwert sind die Investitionskosten des Bauteils. Diese können mittels Menge, multipliziert mit Preis/Menge oder direkt angegeben werden. Umgeschaltet wird mit der unter Absatz 3.2.2.3 erklärten Flip-Flop-Eingabe.

Jährliche Wartungs- und Instandsetzungskosten werden in den vier Feldern daneben angegeben. Es ist möglich, diese Kosten mit der Angabe in Prozent je Jahr der jeweiligen Investitionskosten oder mit Euro je Jahrwerten anzugeben. Beide gleichzeitig sind nicht möglich, und das Wechseln zwischen den Möglichkeiten funktioniert wiederum mit der Flip-Flop-Eingabemethode. Wartungs- und Instandsetzungskosten zählen nach ÖNORM B 1801-2 zu den Folgekosten, sind jedoch wegen der Angabe der Prozent Investitionskosten je Jahr sinnvollerweise direkt neben den einzelnen Kostenangaben angeführt. Vorschlagswerte für die prozentuale Angabe der Investitions- und Wartungskosten sind in der VDI 2067 definiert und werden sich zukünftig in einem unterstützenden Hilfe-Excel-Arbeitsblatt befinden.

Die Lebensdauer wird ganz rechts angegeben, hat die Einheit Jahre und wird bei Berücksichtigung von Restwerten und Ersatzinvestitionen benötigt. Nach Ende der Lebensdauer ist der Wert des Investitionsobjektes mit Hilfe der linearen Abschreibung auf null geschrumpft. Liegt nun der Betrachtungszeitraum der Wirtschaftlichkeitsberechnung unter der Lebensdauer des Bauteils, so wird sein noch verbleibender Wert mit einem sogenannten Restwert bewertet. Dieser ist in der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungen, die oft auch qualitativ hochwertig und langlebig sind, für diese als begünstigender und nicht vernachlässigbarer Faktor zu sehen. Liegt der Betrachtungszeitraum über der Lebensdauer, ist eine Ersatzinvestition mit zukünftigen Preisen anzusetzen. Dieses beschriebene Abschreiben und Wiederinvestieren ist in Abbildung 5 auf Seite 33 zu sehen. Wird keine Lebensdauer oder der Wert 0 eingetragen, wird weder mit Ersatzinvestitionen noch mit Restwerten gerechnet.

3.2.2.5 Blatt „Finanzierungs- und Folgekosten“

In diesem Blatt, kurz „Fi&Fo“, werden Angaben für die Berechnung der Finanzierungskosten und der restlichen noch nicht angegebenen Folgekosten getätigt. Das Blatt ist jeweils für jede Variante vorhanden und nach dem Investitions- und Wartungskostenblatt eingereiht.

Auch in diesem Blatt sind alle Kostenwerte als Kosten laut Vollkostenansatz aus Absatz 2.1.3.2 anzugeben.

Den Kopf des Blattes bilden erneut die allgemeinen Projektinformationen und die variantenspezifischen Angaben wie im Investitions- und Wartungskostenblatt.

3.2.2.5.1 Finanzierungskosten

Das erste Eingabesegment behandelt die Eingabe der Finanzierungsart und die Berücksichtigung etwaiger Förderungen. Zuerst muss der Benutzer in einer Maske die Art der Förderung und die Finanzierung auswählen. Dieses Schema ist in Abbildung 34 dargestellt.

The image shows a software interface for selecting promotion and financing options. It consists of two main sections, each with a title and a row of radio button options.

Förderung wählen

- keine
- Einmalzuschuss
- Zinsbegünstigter Kredit
- Einmalzuschuss und Zinsbeg. Kredit

Art der Finanzierung

- 100% Fremdfinanziert
- 100% Eigenfinanziert
- Mischfinanzierung (beides)

Abbildung 34: Auswahl der Förderung und Art der Finanzierung auf Fi&Fo-Blatt

Es kann für die Förderung

- Keine Förderung
- Einmalzuschuss
- Zinsbegünstigter Kredit
- Einmalzuschuss und Zinsbegünstigter Kredit

ausgewählt werden.

Die Finanzierung kann

- 100% fremdfinanziert
- 100% eigenfinanziert
- mischfinanziert

sein. Je nach Stellung dieser beiden Auswahlknöpfe verändert sich die Maske für die Finanzierungsparametereingabe. Es werden nicht benötigte Blöcke aus- bzw. eingeblendet und Eingabefelder aktiviert bzw. deaktiviert. Abbildung 35 zeigt das voll ausgeklappte Schema mit maximalen Eingabemöglichkeiten der Finanzierungsparametereingabe bei der Konfiguration „Einmalzuschuss und Zinsbegünstigter Kredit“ und „Mischfinanzierung“.

		(€)	
Gesamtkosten aus I&W-Blatt		2250,00	
- Einmalzuschuss		200,00	
= Gesamtkosten ohne Förderung		2050,00	Anteile
- Eigenkapitaleinsatz		0,00	0,0%
= Fremdkapitaleinsatz		2050,00	100,0%
Anteil für Zinsbegünstigten Kredit		1000,00	48,8%
Anteil für Bankkredit		1050,00	51,2%

Bankkredit	Betrag (€)	Kreditlaufzeit (a)	Zinssatz (%)	Rückzahlungsrate (€/a)
	1050,00	25	5,0%	74,50

Zinsbegünstigter - Kredit

ges. Kreditlaufzeit (a)

Kreditlaufzeit in Jahren		Restschuld	Kreditlaufzeit	Zinssatz	Rückzahlungsrate
von	bis	(€)	(a)	(%)	(€/a)
1	-	1000,00	5	1,0%	45,4067534
6	-	819,39	5	2,0%	50,11120165
11	-	643,89	5	3,0%	53,9366339
16	-	460,09	5	4,0%	56,72498328
21	-	252,53	5	5,0%	58,32796121

Abbildung 35: Eingabemaske Finanzierungskosten auf Fi&Fo-Blatt

Die gesamten auch wirklich aktivierten¹⁴⁴ Investitionskosten aus dem zugehörigen Investitions- und Wartungsblatt werden an oberster Stelle in der Maske übernommen.

Es kann davon ein Einmalzuschuss (z.B.: von Landes- oder sonstigen Förderungen), der zu Beginn der Investitionsperiode als einmaliger Geldbetrag erhalten wird, abgezogen werden, wodurch sich die Gesamtkosten der Investition ohne Förderungen ergeben. Davon wird der für die Finanzierung aufgebrauchte Eigenkapitaleinsatz¹⁴⁵ abgezogen, und es ergibt sich der Fremdkapitaleinsatz. Das ist nun jene Geldmenge, die durch Fremdmittel finanziert werden muss. Liegt nun eine zinsbegünstigte Finanzierung durch Förderinstitutionen vor, wird auch dieser Betrag angegeben, und es ergibt sich ein Rest, welcher durch einen Bankkredit finanziert werden muss.

Der Anteil für den Bankkredit wird durch Angabe einer Kreditlaufzeit und eines Zinssatzes mit Hilfe der in Absatz 2.1.4.3 erklärten Formeln in jährliche Rückzahlungsraten umgerechnet. Kreditlaufzeit und Zinssatz sollten Betrachtungszeitraum und Kapitalzinssatz entsprechen und haben diese auch als veränderbare Werte hinterlegt.

Für den zinsbegünstigten Kredit wird eine gesamte Kreditlaufzeit angegeben, und diese kann in der darunter stehenden Tabelle in Abschnitte unterteilt werden. Für jeden Abschnitt ist der jeweilige Zinssatz anzugeben. Daraus werden nun die abschnittswisen Rückzahlungsraten berechnet. Diese Berechnung erfolgt durch Unterteilen des Gesamtkredites in einzelne Teilkredite. Jeder dieser Teilkredite beginnt mit der Restschuld, die sich aus der gesamten Kreditsumme minus der zuvor geleisteten Tilgung ergibt.

¹⁴⁴ Anm.: Es kann in der Anpassungsmethode „schnell und einfach“ vorkommen, dass zuvor eingegebene Werte durch Rückkonfigurieren weggeblendet werden. Diese Werte weggeblendeten Werte werden nicht zu dieser Summe dazugezählt.

¹⁴⁵ Anm.: Der Eigenkapitaleinsatz sollte für jede Variante logischerweise der gleiche sein.

All diese Angaben werden in je einer Tabelle pro Variante im Blatt BERECHNUNG als Auszahlungsreihen zusammengefasst. Eine solche ist für oben stehendes Beispiel in Tabelle 6 abgebildet. Als Ergebnis wird die Summe aller Ein- und Auszahlungen jedes Jahres verstanden. Diese Tabelle wird verwendet, um daraus den Barwert und in weiterer Folge die annuitätischen Kosten der Finanzierungskosten zu errechnen. Der oben in der Tabelle angegebene interne Zinssatz wird nur informativ ausgewiesen, findet jedoch in der Berechnung keine Verwendung. Mit dem Vergleich des internen Zinssatzes wären Finanzierungsalternativen untereinander einfach vergleichbar. Solch ein Vergleichsrechner könnte in einer zukünftigen Version des Rechners implementiert werden.

Tabelle für Kredite									
Interner Zinssatz 3,64%									
Jahr	Bankkredit				Zinsbegünstigter Kredit				Ergebnis
	Annuität	Zinsen	Tilgung	Restschuld	Annuität	Zinsen	Tilgung	Restschuld	
0				1050,00				1000,00	2050,00
1	74,50	52,50	22,00	1028,00	45,41	10,00	35,41	964,59	-119,91
2	74,50	51,40	23,10	1004,90	45,41	9,65	35,76	928,83	-119,91
3	74,50	50,24	24,26	980,64	45,41	9,29	36,12	892,71	-119,91
4	74,50	49,03	25,47	955,18	45,41	8,93	36,48	856,23	-119,91
5	74,50	47,76	26,74	928,44	45,41	8,56	36,84	819,39	-119,91
6	74,50	46,42	28,08	900,36	50,11	16,39	33,72	785,67	-124,61
7	74,50	45,02	29,48	870,88	50,11	15,71	34,40	751,27	-124,61
8	74,50	43,54	30,96	839,92	50,11	15,03	35,09	716,18	-124,61
9	74,50	42,00	32,50	807,41	50,11	14,32	35,79	680,40	-124,61
10	74,50	40,37	34,13	773,29	50,11	13,61	36,50	643,89	-124,61
11	74,50	38,66	35,84	737,45	53,94	19,32	34,62	609,27	-128,44
12	74,50	36,87	37,63	699,82	53,94	18,28	35,66	573,61	-128,44
13	74,50	34,99	39,51	660,31	53,94	17,21	36,73	536,89	-128,44
14	74,50	33,02	41,48	618,83	53,94	16,11	37,83	499,06	-128,44
15	74,50	30,94	43,56	575,27	53,94	14,97	38,96	460,09	-128,44
16	74,50	28,76	45,74	529,53	56,72	18,40	38,32	421,77	-131,23
17	74,50	26,48	48,02	481,51	56,72	16,87	39,85	381,91	-131,23
18	74,50	24,08	50,42	431,09	56,72	15,28	41,45	340,47	-131,23
19	74,50	21,55	52,95	378,14	56,72	13,62	43,11	297,36	-131,23
20	74,50	18,91	55,59	322,55	56,72	11,89	44,83	252,53	-131,23
21	74,50	16,13	58,37	264,17	58,33	12,63	45,70	206,83	-132,83
22	74,50	13,21	61,29	202,88	58,33	10,34	47,99	158,84	-132,83
23	74,50	10,14	64,36	138,53	58,33	7,94	50,39	108,46	-132,83
24	74,50	6,93	67,57	70,95	58,33	5,42	52,91	55,55	-132,83
25	74,50	3,55	70,95	0,00	58,33	2,78	55,55	0,00	-132,83

Tabelle 6: Kredite als Auszahlungsreihen platziert im Blatt BERECHNUNG, Werte in €

3.2.2.5.2 Folgekosten

Die Folgekosten sind nach ÖNORM B 1801-2 gegliedert, jedoch verkürzt dargestellt. Es wurden nicht energierelevante Kosten, die bei allen Varianten dieselben sind, aus der Gliederung weggelassen. Die verwendeten Gliederungsebenen sind in Tabelle 7 aufgelistet. Diese Tabelle mit zusätzlicher Beschreibung der einzelnen Gliederungsunterpunkte ist der Übersicht wegen in Tabelle 22 im Anhang zu finden.

Gliederungsebene	Bezeichnung
1	Verwaltung
	1.1 Verwaltung und Management
	1.2 Gebühren, Steuern und Abgaben
2	Technischer Gebäudedienst
	2.1 Technisches Gebäudemanagement
3	Ver- und Entsorgung
	3.1 Energie (Wärme, Kälte, Strom)
	<i>Verbrauch</i>
	<i>Einspeisung</i>
	3.2 Wasser und Abwasser
4	Reinigung und Pflege
	4.2 Fenster und Glasflächenreinigung
	4.3 Fassadenreinigung
5	Sicherheit
8	Sonstiges

Tabelle 7: Gliederungseben des Fi&Fo-Blattes nach ÖNORM B 1801-2¹⁴⁶

Bei allen Punkten außer „Ver- und Entsorgung“ gibt man jeweils die Kosten je Jahr für die einzelnen Unterpunkte an. Es kann bei „Sicherheit“ und „Sonstige“ noch eine genaue Beschreibung der Kosten erfolgen.

Der Punkt „Ver- und Entsorgung“ gliedert sich auf in „Energie“ und „Wasser und Abwasser“. Die Gliederungsebene Energie ist nur rein informativ und für die Vollständigkeit der Folgekosten angeführt. Die Angaben für diese Kosten stammen aus dem Energiekennwertebblatt und dem Blatt „TABELLEN“. Sie werden hier durch Energiepreis mal Endenergiebedarf spezifisch mal Bezugsfläche ausgerechnet. Beim Punkt „Wasser und Abwasser“ sind die jährlichen Wasserkosten einzutragen.

Navigiert wird hier bei der Konfiguration „detailliert“ mit den Auf- und Zuklapp-Buttons, bei „schnell und einfach“ sind nur die relevanten Kostengruppen sichtbar.

3.2.2.6 Blatt „TABELLEN“

Das Tabellenblatt „TABELLEN“ ist nur durch die in Absatz 3.2.2.1.4 beschriebene Aktivierung sichtbar zu machen. Es besitzt keinen Blattschutz und ist daher frei veränderbar. Es stellt eine Datenbank für Ökobilanzierungskennwerte und Energiepreise dar. Darin werden die Energiepreise, die im Konfigurationsblatt eingegeben worden sind, eingetragen. In ihm sind vier große Blöcke mit Datensätzen enthalten. Weiter sind noch die Einspeisetarife zusammengefasst darin aufgelistet.

Die vier Datensätze sind gleich den Auswahlmöglichkeiten für Ökobilanzierungsdaten im Konfigurationsblatt, welche in Absatz 3.2.2.1.4 beschrieben sind.

Es wird nicht empfohlen, diese Datensätze zu bearbeiten, da diese den aktuellen Normen und Richtlinien entsprechen.

¹⁴⁶ Vgl. ÖNORM B 1801-2, S.7ff.

Um neue Energieträger einzutragen, verwendet man die weißen Felder unter den bereits eingetragenen Werten. Es werden auf dem Tabellenblatt keine Energiepreise und deren Quellen eingetragen, denn diese bezieht das Tabellenblatt ausschließlich vom Konfigurationsblatt. Es erfordert hier also nur die Angabe von Bezeichnung, Kategorie und die dazu gehörenden Ökobilanzierungskennwerte in den schon angegebenen Einheiten.

Wichtig für die Berechnung ist die Angabe der Kategorie des Brennstoffes. Es wird ein „f“ eingetragen wenn, es sich um einen fossilen Brennstoff handelt, ein „b“ bei Biomasse und ein „s“ bei Strom. Diese Angabe ist notwendig, um dem Brennstoff eine zuvor eingegebene Energiepreissteigerung zuzuordnen.

Um einen neuen Einspeisetarif anzulegen, wird die Eingabemaske auf dem Konfigurationsblatt verwendet.

3.2.2.7 Blatt „BERECHNUNG“

Das Berechnungsblatt ist, für den Nutzer niemals sichtbar, an der letzten Stelle der Blätter angeordnet. Es berechnet benötigte Werte, fasst diese zusammen und bereitet sie für die Anzeige in Diagrammen vor.

Kernstück der Berechnung sind fünf Tabellen, die für jede Variante die eingegebenen Kostenwerte aufbereitet und deren Barwerte berechnet. Diese fünf Tabellen werden durch eine Tabelle mit allgemeinen Faktorberechnungen unterstützt.

Barwerte werden in dieser Tabelle berechnet für:

- Ersatzinvestitionen
- Restwerte
- Instandhaltungskosten
- Betriebsgebundene Zahlungen
- Verbrauchsgebundene Zahlungen

Dies entspricht nicht exakt der in Absatz 2.7 auf Seite 28 beschriebenen Unterteilung der Kostengruppen nach VDI 2067. Der dort angeführte Punkt Kapitalkosten wird in weiterer Folge unterteilt in Finanzierungskosten, Ersatzinvestition, Restwerte und Instandhaltungskosten. Dies ist notwendig, um Restwerte und Ersatzinvestitionen in den Diagrammen im Auswertungsblatt als separate Balken darstellen zu können.

Exemplarisch ist eine dieser Tabellen für eine Variante, mit der unterstützenden allgemeinen Tabelle darüber, in Tabelle 8 dargestellt. Diese ist für das bessere Verständnis aufbereitet worden und stark verkürzt dargestellt. Die Barwertberechnung ist weitgehend an das Verfahren der VDI 2067 angelehnt, welches in Absatz 2.7 auf Seite 28 erklärt ist. Gravierende Abweichungen haben sich bei der Berechnung des Barwertfaktors ergeben. So wurde nicht die in der VDI 2067 vorgeschlagene Formel 23 des Barwertfaktors für Preissteigerungen, sondern die Formel 8 für Preissteigerungen der Annuitäten in die Berechnung integriert. Auszahlungen werden in dieser Tabelle mit positiven Werten versehen, Einzahlungen mit negativen.

3.2.2.7.1 Faktorberechnungstabelle

Diese ist in Tabelle 8 oben dargestellt. Es werden dort der Kalkulationszinssatz, die Preissteigerungsraten und der Betrachtungszeitraum aus den anderen Tabellenblättern importiert. Der Preisanstieg für Wartung, Reinigung und Instandsetzung ist der gleiche wie die allgemeine Inflation. Daraus kann nach Formel 8 unter der Bedingung von Formel 24 ein Barwertfaktor und nach Formel 22 der preisdynamische Annuitätenfaktor berechnet werden. Der Annuitätenfaktor wird nach Formel 6 berechnet.

Zusätzlich wird bei den verbrauchsgebundenen Kosten der Barwertfaktor für eine in gleichen Maßen positiven wie negativen Abweichung vom eingegebenen Prozentsatz gerechnet. Diese Werte werden für eine Sensitivitätsbetrachtung benötigt.

3.2.2.7.2 Barwertberechnung

In Tabelle 8 ist eine stark verkürzte und verständlicher aufbereitete Version der Barwertberechnung aus dem Berechnungsblatt, die für jede Variante existiert, dargestellt.

Für jede Kostengruppe des I&W- und des Fi&Fo-Blattes findet man in dieser Tabelle eine separate Reihe. Diese Kostengruppen sind weiter unterteilt in

- Investitionskosten
- Betriebsgebundene Folgekosten
- Verbrauchsgebundene Folgekosten

I. Investitionskosten

Die Werte für diesen Abschnitt der Tabelle stammen ausschließlich aus dem I&W-Blatt. Es werden aus diesen Werten Barwerte für Ersatzinvestitionen, Restwerte, Instandsetzungskosten und betriebsgebundene Zahlungen errechnet.

Zuerst wird geprüft, ob die Kosten wirklich einbezogen werden oder nicht. Nicht einbezogen bedeutet, dass die Reihe bei der Anpassungsmethode „schnell und einfach“ in den Kosteneingabeblättern ausgeblendet ist und darum die Werte, die darin stehen, nicht berücksichtigt werden sollen. Sind Kosten nicht zu berücksichtigen, steht ein „j“ in der Spalte „Ausgeblendet J/N“ – werden die Kosten einbezogen, steht darin ein „n“. Je nachdem wird in der Spalte „Investition“ kein oder der zu berücksichtigende Wert übernommen. Dies ist an Zeile „Grund“ und Zeile „Versorgungsleitungen“ in Tabelle 8 gut zu erkennen. Zeile „Grund“ hat ein „j“ und wird somit nicht einbezogen, umgekehrt verhält sich dies bei Zeile „Versorgungsleitungen“.

Aus der Nutzungsdauer und dem Betrachtungszeitraum kann nach Formel 31 die Ersatzhäufigkeit berechnet werden. In der Beispieltabelle ist der Betrachtungszeitraum mit 25 Jahren angegeben. Die Wärmeverteilnetze haben eine Nutzungsdauer von 10 Jahren und müssen nun im Betrachtungszeitraum zweimal ausgewechselt werden.

$$\text{Abrunden: } \frac{T}{T_N} = n$$

Formel 31: Berechnung der Ersatzhäufigkeit

Danach kann nach Formel 20 der Barwert der durchnummerierten Ersatzbeschaffungen und nach Formel 21 der Barwert des übrigbleibenden Restwertes ermittelt werden. Dabei ist zu beachten, dass nur fünf Ersatzinvestitionen berücksichtigt werden können. Dies wird aber in der Praxis höchst selten vorkommen.

Die Wärmeverteilnetze müssen zweimal neu angeschafft werden, was zwei Ersatzinvestitionen mit zugehörigen Barwerten ergibt. Da sie aber nach Ablauf des Betrachtungszeitraums erst fünf Jahre alt sind und noch einen gewissen Wert haben, wird auch ein Barwert des Restwertes berechnet.

Jährliche Kosten für Instandsetzung und Wartung können entweder direkt angegeben werden oder durch die Angabe in Prozent der Investitionskosten. Um nun deren Barwerte berechnen zu können, werden diese jährlichen Kosten mit ihrem zugehörigen Barwertfaktor aus der Faktorberechnungstabelle multipliziert. Im Beispiel Wärmeverteilnetze sind 200€ je Jahr an Instandhaltungskosten angesetzt, welche einen Barwert von 4420,53€ ergeben.

II. Betriebsgebundene Folgekosten

Sie stammen ausschließlich aus dem Fi&Fo-Blatt, und mit ihnen wird der Barwert der betriebsgebundenen Zahlungen berechnet.

Es wird wieder überprüft, ob die Kosten einbezogen sind oder nicht und je nachdem der Wert für Betriebsgebundene Kosten in die Tabelle eingetragen oder null-gesetzt. Dies ist in der Beispieltabelle in Zeile Fensterreinigung und Fassadenreinigung zu sehen.

Der Barwert wird aus der Multiplikation der betriebsgebundenen Kosten mit dem zugehörigen Barwertfaktor gebildet.

III. Verbrauchsgebundene Folgekosten

Diese werden im Energiekennwertblatt indirekt eingegeben und im Fi&Fo-Blatt berechnet und auch von dort übernommen.

Es werden nach dem gleichen Schema wie in den oberen zwei Punkten nur jene Kosten übertragen, die eingeblendet sind.

Zusätzlich zu den Kosten wird noch die Kategorie des kostenverursachenden Energieträgers in Spalte „Kategorie“ übertragen. Die Berechnung des Barwerts erfolgt nun mit dem dieser Kategorie zugehörigen Barwertfaktor aus der Faktorberechnungstabelle. Dies ist notwendig, weil die Brennstoffkategorien unterschiedliche Preissteigerungsraten besitzen können. Vergleicht man nun die Barwerte der Zeile Klimatisierung und Lüftung, welche beide die gleichen jährlichen Brennstoffkosten ergeben (300€/a), so weist die Klimatisierung einen wesentlich höheren Barwert auf. Klimatisierung ist mit einem fossilen Brennstoff mit 3% und Lüftung ist mit Strom mit 2% Preissteigerung versorgt worden. Hohe Barwerte von Auszahlungen sind in dieser Tabelle als weniger vorteilhaft zu interpretieren. Für die Sensitivität werden in den letzten beiden Spalten mit den Sensitivitätsbarwertfaktoren die verbrauchsgebundenen Barwerte für positive und negative Sensitivität berechnet.

Farbenerklärung

Werte, die aus anderen Tabellenblättern importiert sind, sind grün gekennzeichnet
 Alle anderen Farben sind berechnete Werte

		Betrachtungszeitraum		Annuitätenfaktor				
		T	25	0,064				
Faktorenberechnung	Kalulationszinssatz	i	4%	1 + i	1,04	Barwertfaktor		
	Preissteigerung (Inflation)		3%	Aufzinsungsfaktor	q	1,03		
	Energiepreissteigerung f		3%	Kapitalgebundene Zahlungen	rk	1,03	bk	22,10
	Energiepreissteigerung s		2%	Verbrauchsgeb. Zahlungen (fossil)	rvf	1,03	bvf	22,10
	Energiepreissteigerung b		2%	Verbrauchsgeb. Zahlungen (strom)	rvstr	1,02	bvstr	19,61
	Preisanstieg Wartung Reinigung		3%	Verbrauchsgeb. Zahlungen (biom.)	rvbiom	1,02	bvbiom	19,61
	Preisanstieg Instandsetzungsk.		3%	Betriebsgebundene Zahlungen	rb	1,03	bb	22,10
				Zahlungen für Instandsetzung	rin	1,03	bin	22,10

		Sensitivitätswert		1 + i		Barwertfaktor	
		1%					
Sensitivität der Verbrauchsgelbundenen Zahlungen	negativ	2%	Fossil	rvf	1,02	bvf	19,61
		1%	Strom	rvstr	1,01	bvstr	17,47
		1%	Biomasse	rvbiom	1,01	bvbiom	17,47
	positiv	4%	Fossil	rvf	1,04	bvf	24,04
		3%	Strom	rvstr	1,03	bvstr	22,10
		3%	Biomasse	rvbiom	1,03	bvbiom	22,10

Investitionskosten	Kostengruppe	Ausgeblendet J/N	Investition A0	Nutzungsdauer Tn	Ersatzhäufigkeit n	Barwert der Ersatzinvestition					Barwert des Restwerts RW	Faktor für Instandsetzung fis	Kosten für Instandsetzung Kis	Barwert Instandsetzungskosten $((fis * A0) v (Kis)) * bin$	Betriebsgebundene Kosten			Barwert der Betriebsgebundenen Zahlungen (Wartung) $((fw * A0) v (Kw) + Kb) * bb$	Verbrauchsgebundenen Kosten Kv	Kategorie	Barwert der Verbrauchsgelbundenen Zahlungen Kv * bv	Barwert der Verbr. geb. negative Sens. Kv * bv_sens	Barwert der Verbr. geb. positive Sens. Kv * bv_+sens
						A1	A2	A3	A4	A5					Faktor für Wartung fw	Kosten für Wartung Kw	Betriebsgebundene Kosten Kb						
	Grund	j	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0,00					
	Versorgungsleitungen	n	1000	20	1	824,29	0,00	0,00	0,00	0,00	508,13	0,01	0	221,03	0,02	0	0	442,05					
	Wärmeverteilnetze	n	500	10	2	453,95	412,14	0,00	0,00	0,00	169,38	0	200	4420,53	0	0	0	0,00					
	Raumheizflächen	n	200	5	5	190,57	181,58	173,02	164,86	157,08	157,08	0	0	0,00	0	30	0	663,08					
Betr.-geb. Folgekosten	Fensterreinigung	n															600,00	13261,58					
	Fassadenreinigung	j															0,00	0,00					
Verbr.ge b. Folgekosten	Klimatisierung	n																300,00	f	6630,79	5884,09	7211,54	
	Lüftung	n																300,00	s	5884,09	5241,28	6630,79	

Tabelle 8: Berechnungstabelle für Barwerte

3.2.2.7.3 Kapitalwerte und Annuitäten

Das Berechnungsblatt enthält zusätzlich eine Tabelle, in der die gebildeten Barwerte zu Kapitalwerten zusammengefasst und auf Annuitäten umgerechnet berechnet werden. Das Umrechnen von Kapitalwerten auf Annuitäten ist in Absatz 2.1.4.3 beschrieben und erfolgt durch Multiplikation mit dem Kapitalwiedergewinnungsfaktor, der den Kalkulationszinssatz und die Betrachtungszeit als Berechnungsgrundlage hat. Zu der Summe der vorher berechneten Barwerte kommen noch die Finanzierungskosten hinzu. Diese ist aufbereitet und mit Beispielwerten für zwei Varianten mit den Kürzeln FEBI und LALO als Tabelle 9 zu sehen.

		FEBI	LALO
Kapitalwerte	Finanzierungskosten	-€ 1.500,00	-€ 2.200,00
	Ersatzinvestition	-€ 1.304,67	-€ 1.269,55
	Restwerte	€ 218,30	€ 314,61
	Instandsetzungskosten	-€ 3.648,85	-€ 2.641,07
	Betriebsgebundenen Zahlungen	-€ 868,77	-€ 1.390,04
	Verbrauchsgebundenen Zahlungen	-€ 1.490,06	-€ 225,77
	Summe	-€ 8.594,05	-€ 7.411,82
Annuitäten	Finanzierungskosten	-€ 97,58	-€ 143,11
	Ersatzinvestition	-€ 84,87	-€ 82,59
	Restwerte	€ 14,20	€ 20,47
	Instandsetzungskosten	-€ 237,36	-€ 171,81
	Betriebsgebundenen Zahlungen	-€ 56,52	-€ 90,42
	Verbrauchsgebundenen Zahlungen	-€ 96,93	-€ 14,69
	Summe	-€ 559,06	-€ 482,15

Tabelle 9: Berechnung der Kapitalwerte und Annuitäten

Die Finanzierungskosten berechnen sich durch Bildung des Barwertes der Zahlungsreihe „Ergebnis“ ganz rechts in Tabelle 6. Es wird hier der Barwert mit dem Kapitalzinssatz gebildet und startet mit dem Wert im Jahr 1 bis zum Ende des längsten Kredites¹⁴⁷. Darum sollte dringend darauf geachtet werden, dass die Kreditlaufzeiten gleich dem Betrachtungszeitraum ist.

3.2.2.7.4 Energie- und Ökobilanzierungskennwerte

Das Schema für die Berechnung der Energie- und Ökobilanzierungskennwerte ist in Tabelle 10 zu sehen. Sie ist exemplarisch für eine Variante mit zwei Energieverbrauchern eingetragen. Grüne Felder beziehen ihre Werte aus Eingabeblättern und aus dem Tabellenblatt, gelbe werden aus diesen Werten berechnet. Jedes Berechnungsfeld benötigt den in seiner Zeile stehenden Endenergiebedarf und multipliziert diesen mit den für die Berechnung sinnvollen Faktoren. So werden beispielsweise in Zeile „Heizung“ die CO₂-

¹⁴⁷ Anm.: Diese Berechnung wird mit der NBW() Funktion vom MS-Excel durchgeführt.

Emissionen durch Multiplikation des Endenergiebedarfs mit dem CO₂-Emissionskoeffizienten gebildet.

		Variante 1									
Bezeichnung	Aus-geblendet?	Energiequelle	Endenergie [kWh/a]	Primärenergiefaktor regenerativ [kWh/kWh _{end}]	Primärenergiefaktor nichtregenerativ [kWh/kWh _{end}]	Primärenergie regenerativ [kWh/a]	Primärenergie nicht regenerativ [kWh/a]	CO ₂ Emissionskoeffizient [kg/kWh _{end}]	CO ₂ Emissionen [kgCO ₂ /a]	CO ₂ -Äquivalent [kg/kWh _{end}]	CO ₂ -Äquivalente [kgCO ₂ /a]
Heizung	n	Heizöl	3125,00	0,01	1,38	30,43	4316,90	0,37	1163,23	0,38	1175,02
.
Hilfsstrom Heizung	n	Elektro-Speicher-mix	400,00	0,49	2,38	197,11	950,71	0,59	235,75	0,61	245,64
.
SUMMEN der gewählten und einbezogenen			3525,00			227,55	5267,61		1398,98		1420,66
Farbenerklärung Werte, die aus anderen Tabellenblättern importiert sind, sind grün gekennzeichnet Berechnete Werte											

Tabelle 10: Ökobilanzierungskennwerteberechnung im Berechnungsblatt

3.2.2.7.5 Kosten der eingesparten kWh Endenergie

Er wird berechnet, indem die annuitätischen Mehrkosten durch die Endenergie­differenz dividiert werden. Die Berechnungsmethode ist in Absatz 2.2.5 auf Seite 20 genau erklärt und die Formeln sind dort zu entnehmen. Bei dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird ohne Berücksichtigung von Ersatzinvestitionen und Restwerten gerechnet. In Tabelle 11 ist das Vorgehensschema des Berechnungsblattes abgebildet. Die erste Spalte der Tabelle bildet die Referenz. Es wird anfangs die Jahresendenergie­differenz gegen diese Referenz gebildet. Dann werden die annuitätischen Finanzierungsmehrkosten und die Betriebsgebundenen- und Instandsetzungsjahreskosten gegen die Referenz gebildet, aus deren Summe dann die annuitätischen Mehrkosten entstehen. Diese werden durch die Endenergie­differenz gegen die Referenz dividiert, und es ergibt sich der Preis der eingesparten kWh Endenergie.

		Psan	St	7L	4L	3L	
Preis der eingesparten kWh	Summe Endenergie	190025,00	133363,00	48370,00	29022,00	19348,00	kWh/a
	Endenergie­differenz gegen Referenz	0,00	56662,00	141655,00	161003,00	170677,00	kWh/a
	Finanzierungsjahreskosten gegen Referenz	€ 0,00	-€ 1.765,01	-€ 7.697,42	-€ 10.884,25	-€ 17.110,82	
	Betr.- und Inst.geb. Jahakresko. gegen Ref.	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	
	Annuitätische Mehrkosten	€ 0,00	-€ 1.765,01	-€ 7.697,42	-€ 10.884,25	-€ 17.110,82	
	Preis der eingesparten kWh	0,0000	0,0311	0,0543	0,0676	0,1003	€/kWh

Tabelle 11: Berechnung des Preises der eingesparten kWh Endenergie

3.2.2.7.6 Der annuitätische Gewinn

Dabei werden die annuitätischen Kosten minus den Erlösen gerechnet. Der sich somit ergebende Betrag wird als annuitätischer Gewinn bezeichnet und ist in Absatz 2.2.4 auf Seite 18 genauer erklärt. Es wird grundsätzlich ohne Restwerte und Ersatzinvestitionen gerechnet.

Wie in Tabelle 12 ersichtlich, wird die Endenergiedifferenz gegen die Referenzvariante gerechnet. Durch Multiplikation dieses Wertes mit dem mittleren zukünftigen Energiepreis ergibt sich die jährliche Heizkosteneinsparung, was den annuitätischen Erlösen entspricht. Die annuitätischen Kosten werden durch Bilden von Differenzkosten der Finanzierungskosten und der Betriebs- und Instandsetzungskosten gegen die Referenzvariante erhalten. Nun werden diese annuitätischen Mehrkosten von der jährlichen Heizkosteneinsparung abgezogen, und es ergibt sich der annuitätische Gewinn.

Bei den annuitätischen Mehrkosten der Referenzvariante werden die annuitätischen Kosten ohne Restwerte, Ersatzinvestitionen und verbrauchsgebundenen Kosten angesetzt. Dieser Wert entspricht den nichtenergierelevanten Kosten.

Annuitätischer Gewinn	Mittlerer zukünftiger Energiepreis	0,0785					€/kWh
	Summe Endenergie	190025,00	133363,00	48370,00	29022,00	19348,00	kWh/a
	Endenergiedifferenz gegen Referenz	0,00	56662,00	141655,00	161003,00	170677,00	kWh/a
	Jährliche Heizkosteneinsparung	€ 0,00	€ 4.448,11	€ 11.120,27	€ 12.639,14	€ 13.398,57	
	Finanzierungsjahreskosten gegen Referenz	€ 0,00	-€ 1.765,01	-€ 7.697,42	-€ 10.884,25	-€ 17.110,82	
	Betr.- und Inst. Jahakresko. gegen Ref.	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	
	Annuitätische Mehrkosten	-€ 1.961,13	€ 1.765,01	€ 7.697,42	€ 10.884,25	€ 17.110,82	
	Annuitätischer Gewinn	-€ 1.961,13	€ 2.683,10	€ 3.422,85	€ 1.754,89	-€ 3.712,25	

Tabelle 12: Berechnung des annuitätischen Gewinns

3.2.2.7.7 Mittlerer zukünftiger Energiepreis

Um ihn zu berechnen, werden die bereits berechneten Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten und der gesamte Endenergieverbrauch der Referenzvariante benötigt. Aus den Barwerten der verbrauchsgebundenen Kosten werden konstante Annuitäten erzeugt durch Multiplikation mit dem Annuitätenfaktor. Dividiert man nun diese Annuitäten durch die gesamte verbrauchte Endenergie erhält, man einen durchschnittlichen Energiepreis für alle betrachteten Energieverbraucher je Jahr.

$$\text{Mittlerer zukünftiger Energiepreis} = \frac{BW_{\text{verbr.geb}} * a}{\sum \text{Endenergie}}$$

Formel 32: Berechnung des mittleren zukünftigen Energiepreises im Berechnungsblatt

$BW_{\text{verbr.geb}}$ = Barwert der Verbrauchsgebundenen Kosten

a = Annuitätenfaktor

Wird nur ein Energieträger für die Bereitstellung der Endenergie eingesetzt, entspricht dies der Multiplikation von dessen heutigem Energiepreis mit dem preisdynamischen Annuitätenfaktor. Die theoretische Erklärung dafür findet man in Absatz 2.3 auf Seite 21.

In gleicher Weise wird verfahren, um die mittleren zukünftigen Energiepreise mit positiver und negativer Sensitivität zu ermitteln.

3.2.2.7.8 Tabellen für Diagramme

Für jedes Diagramm in der Auswertung existiert eine entsprechend formatierte Tabelle im Berechnungsblatt. In diesen Tabellen werden die bereits eingegebenen und beschriebenen Werte für die Ausgabe in einem Diagramm sortiert und aufbereitet. Diese Tabellen werden in dieser Arbeit aber nicht vorgestellt, da die dazugehörenden Diagramme ohnehin beschrieben werden.

3.2.2.8 Blatt „Auswertung“

Das Auswertungsblatt findet man in der Blattnavigatorleiste an zweiter Stelle. Diese Platzierung wurde aus Übersichtsgründen entgegen der logischen Durcharbeitungsrichtung der Blätter (von links nach rechts) gewählt. Im Blattkopf befinden sich erneut die allgemeinen Projektangaben wie bei allen anderen Eingabeblättern. Darunter teilt sich das Blatt in einen wirtschaftlichen und energetisch- und ökologischen Auswertungsteil.

3.2.2.8.1 Wirtschaftliche Auswertung

Es wird zuerst die gewählte Wirtschaftlichkeitsmethode angezeigt und deren wichtigste Eigenschaften und Voraussetzungen zur Information aufgelistet. Darunter sind die Projektangaben aus dem Konfigurationsblatt (z.B.: Betrachtungszeitraum, Energiepreissteigerungen etc.) und die variantenspezifischen Angaben (z.B.: Bezeichnung, Energiebezugsfläche etc.) angezeigt. Es wird auch veranschaulicht, welche Variante als Referenz gewählt worden ist.

Bei der Option Kapitalwertmethode und Annuitätenmethode können zusätzlich Kosten im Diagramm aus- oder eingeblendet werden. Dies geschieht durch Setzen der gewünschten Häkchen. Sind diese Häkchenboxen grau hinterlegt, sind diese Kosten entweder nicht vollständig eingegeben worden oder man befindet sich in den Wirtschaftlichkeitsmethoden „Annuitätischer Gewinn“ oder „Preis der eingesparten kWh“.

Wurden Änderungen in den im Diagramm anzuzeigenden Kosten durchgeführt, verfärbt sich der „Update“-Button grün und das Diagramm muss aktualisiert werden. Dies geschieht durch dessen Betätigung.

Die beschriebenen Segmente der wirtschaftlichen Auswertung sind in Abbildung 36 dargestellt.

Wirtschaftliche Auswertung
Energ

Wirtschaftlichkeitsmethode:

Kapitalwertmethode

- + für jegliche Nutzung der Immobilie
- + Kapitalwerte bezogen auf Investitionszeitpunkt
- + Optimumvariante kann gefunden werden

Betrachtungszeitraum

 a

Energiepreiserhöhung

Fossile Brennstoffe /a

Biomasse /a

Strom

Sensitivität +/-

Bezeichnung	Kürzel	Energiebezugsfläche	Referenz
Beispielvariante	FEBI	50 m ²	<input type="radio"/> Variante 1
Fenstertausch - teuer	LALO	50 m ²	<input type="radio"/> Variante 2
		m ²	<input type="radio"/> Variante 3
		m ²	<input type="radio"/> Variante 4
		m ²	<input type="radio"/> Variante 5

Kapitalzinsatz

 %

Inflationsrate

 %/a

Betrachtete Kosten:

Restwerte

Finanzierungskosten

Betriebsgebundene Kosten

Instandsetzungskosten

Ersatzinvestition

Verbrauchsgebundene Kosten

UPDATE

Jede Änderung wird erst nach klick auf UPDATE wirksam

Abbildung 36: Wirtschaftliche Auswertung auf Auswertungsblatt

Darunter befindet sich für jede Wirtschaftlichkeitsmethode ein zugehörendes Diagramm. Unter jedem Diagramm ist zusätzlich die zugehörende Wertetabelle abgebildet.

Diese Diagramme werden anhand eines konkreten Beispiels erklärt.

Die Werte für jenes Beispiel sind dem Untersuchungsbericht von Enseling A, und Hinz E, über die energetische Gebäudesanierung und Wirtschaftlichkeit am Beispiel des „Bruckviertels“ in Ludwigshafen entnommen¹⁴⁸. Die in den Wirtschaftlichkeitsrechner eingegebenen Werte sind in Tabelle 13 aufgelistet.

¹⁴⁸ Vgl. ENSELING, A; HINZ, E (2006), S.1ff.

Allgemeine Angaben		
Betrachtungszeitraum	25	a
Kalkulationszinssatz	5,0%	/a
Inflation	0,0%	/a
Preissteigerung Fossile Brennstoffe	4,0%	/a
Preissteigerung Biomasse	4,0%	/a
Preissteigerung Strom	4,0%	/a
Sensitivität	1,0%	
Ökobilanzierungskennwerte nach:	GEMIS 4.6	
Energiepreis Fernwärme mix heute	0,05	€/kWh
Energiebezugsfläche bei allen Varianten	691	m ²

	Sowieso-Variante				
	Putzsanierung	Standard	7-Liter-Haus	4-Liter-Haus	3-Liter-Haus
Jährliche Betriebskosten	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Jährliche Wartungskosten	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Investitionsvollkosten	€ 27.640,00	€ 52.516,00	€ 136.127,00	€ 181.042,00	€ 268.799,00
Endenergiebedarf	275	193	70	42	28
Heizsystem	Fernwärme mix	Fernwärme mix	Fernwärme mix	Fernwärme mix	Fernwärme mix
Darlehensbetrag für Bankkredit	€ 27.640,00	€ 52.516,00	€ 136.127,00	€ 181.042,00	€ 268.799,00
Bankkreditlaufzeit	25	25	25	25	25
Zinssatz	5%	5%	5%	5%	5%

Tabelle 13: Eingabewerte in Rechner für Beispiel Ludwigshafen

I. Preis der eingesparten kWh

Bei dieser Betrachtungsmethode wird der Preis der eingesparten kWh berechnet und in einem Diagramm mit dem mittleren zukünftigen Energiepreis verglichen. Dieser mittlere zukünftige Energiepreis kann durch Angabe einer Sensitivität eine gewisse Schwankungsbreite aufweisen. Dadurch wird die Unsicherheit über die Entwicklung des Energiepreises berücksichtigt. Liegt nun der Preis der eingesparten kWh Endenergie unter den mittleren zukünftigen Energiepreisen, ist die Variante wirtschaftlich. Diese Methode ermöglicht nur den Beweis der Wirtschaftlichkeit der Variante selbst und keinen Variantenvergleich. Es wird bei dieser Betrachtungsweise ohne Restwerte und Ersatzinvestitionen gerechnet, und es können auch keine Kosten im Segment über dem Diagramm zu- oder weggeschaltet werden.

Es muss dabei darauf geachtet werden, dass die Referenzvariante auch der Sowieso-Variante entspricht, da ihre Kosten den ohnehin notwendigen Kosten entsprechen.

Ergeben sich durch falsche Auswahl der Referenzvariante ein Mehrerlös je Jahr oder ein Energiemehrverbrauch, so wird dieser Variantenwert nicht dargestellt. In der Tabelle unterhalb ist dann der ungünstige Wert rot hervorgehoben. Abhilfe kann eine Korrektur der Referenzvariante schaffen oder die Wahl einer anderen Wirtschaftlichkeitsvergleichsmethode.

Auswertung der Ergebnisse am Beispiel Ludwigshafen:

In Abbildung 37 und Tabelle 14 sind die Auswertungshilfsmittel bei der Wirtschaftlichkeitsvergleichsmethode Preis der eingesparten kWh Endenergie dargestellt.

Die Variante „Putzsanierung“ (Psan) ist Referenzvariante und darum ganz links in der Abbildung dargestellt. Ihr Ergebnis für den Preis der eingesparten kWh hat keinen Wert wie dies bei jeder Referenzvariante der Fall ist.

Alle betrachteten Varianten außer dem „3-Liter-Haus“ (3L) liegen mit ihren Preisen der eingesparten kWh unter dem Bereich des mittleren zukünftigen Energiepreises und sind somit wirtschaftlich zu realisieren bei der angenommenen Sowieso-Maßnahme „Putzsanierung“. Das „3-Liter-Haus“ fällt als nicht wirtschaftlich durch, da die annuitätischen Mehrkosten zu hoch sind oder die Energieeinsparung gegen die Referenzvariante zu gering ist.

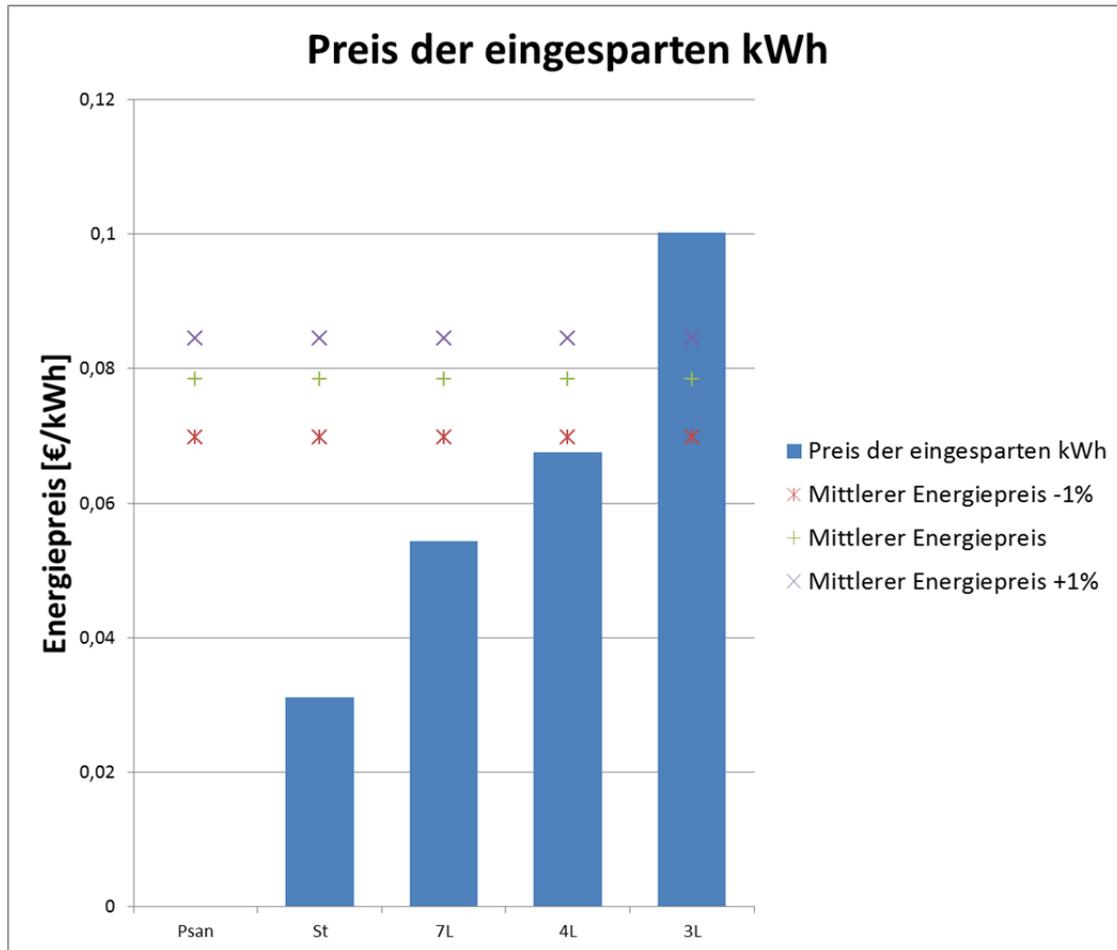


Abbildung 37: Auswertungsdiagramm für „Preis der eingesparten kWh“ am Beispiel Ludwigshafen

		Psan	St	7L	4L	3L	
Preis der eingesparten kWh	Mittlerer zukünftiger Energiepreis	0,0785					€/kWh
	Mittlerer zukünftiger E.preis positive Sens.	0,0845					€/kWh
	Mittlerer zukünftiger E.preis negative Sens.	0,0697					€/kWh
	Summe Endenergie	190025,00	133363,00	48370,00	29022,00	19348,00	kWh/a
	Endenergiedifferenz gegen Referenz	0,00	56662,00	141655,00	161003,00	170677,00	kWh/a
	Finanzierungsjahreskosten gegen Referenz	€ 0,00	-€ 1.765,01	-€ 7.697,42	-€ 10.884,25	-€ 17.110,82	
	Betr.- und Inst.ggeb. Jahakresko. gegen Ref.	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	
	Annuitätische Mehrkosten	€ 0,00	-€ 1.765,01	-€ 7.697,42	-€ 10.884,25	-€ 17.110,82	
	Preis der eingesparten kWh	0,0000	0,0311	0,0543	0,0676	0,1003	€/kWh

Tabelle 14: Ergebnistabelle für „Preis der eingesparten kWh“ am Beispiel Ludwigshafen

II. Annuitätischer Gewinn

Dabei wird in einem Diagramm der annuitätische Gewinn jeder einzelnen Variante mit dem zugehörigen spezifischen Endenergiebedarf abgebildet. Es entsteht ein Diagramm mit Punkten für jede Variante. Es ist der Variante den Vorzug zu gewähren, welche den höchsten annuitätischen Gewinn aufweist. Es lassen sich mit dieser Methode die Varianten untereinander vergleichen und ein Optimum bestimmen.

Die Ergebnisse der Auswertung des Beispiels Ludwigshafen sind in Abbildung 38 und Tabelle 15 zu sehen. Das Optimum in der Abbildung erzielt hier die Variante „7-Liter-Haus“ (7L) gefolgt von „Standard“ (St) und „4-Liter-Haus“ (4L), die alle jeweils einen annuitätischen Gewinn aufweisen. Bei der Putzsanierung (Psan) entspricht dieser genau den jährlichen Kosten für die nichtenergierelevanten Maßnahmen. Beim „3-Liter-Haus“ (3L) übersteigen die jährlichen Finanzierungskosten die indirekten Mehreinnahmen durch eine Energieeinsparung, und darum ergibt sich ein annuitätischer Verlust.

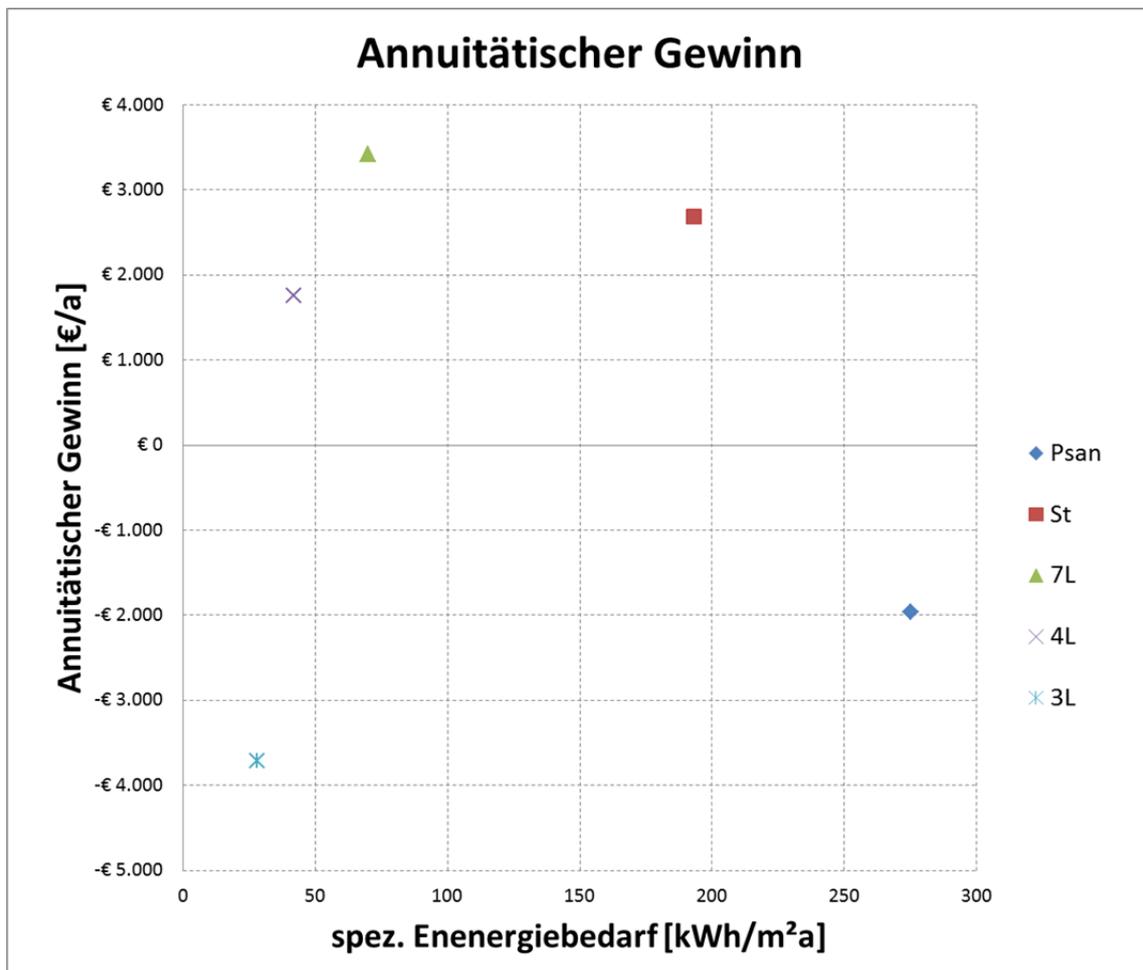


Abbildung 38: Auswertungsdiagramm "Annuitätischer Gewinn" am Beispiel Ludwigshafen

		Psan	St	7L	4L	3L	
Annuitätischer Gewinn	Mittlerer zukünftiger Energiepreis	0,0785					€/kWh
	Summe Endenergie	190025,00	133363,00	48370,00	29022,00	19348,00	kWh/a
	Endenergie­differenz gegen Referenz	0,00	56662,00	141655,00	161003,00	170677,00	kWh/a
	Jährliche Heizkosteneinsparung	€ 0,00	€ 4.448,11	€ 11.120,27	€ 12.639,14	€ 13.398,57	
	Finanzierungsjahreskosten gegen Referenz	€ 0,00	-€ 1.765,01	-€ 7.697,42	-€ 10.884,25	-€ 17.110,82	
	Betr.- und Inst. Jahakresko. gegen Ref.	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	
	Annuitätische Mehrkosten	-€ 1.961,13	€ 1.765,01	€ 7.697,42	€ 10.884,25	€ 17.110,82	
	Annuitätischer Gewinn	-€ 1.961,13	€ 2.683,10	€ 3.422,85	€ 1.754,89	-€ 3.712,25	

Tabelle 15: Ergebnistabelle für „Annuitätischer Gewinn“ am Beispiel Ludwigshafen

III. Kapitalwertmethode

Bei dieser Methode werden die berechneten Kapitalwerte miteinander verglichen. Da oft keine direkten Einnahmenströme realisiert werden können, sind die Kapitalwerte in den Ergebnisdiagrammen oft negativ. Es ist jene Variante am wirtschaftlichsten, die den größten Kapitalwert aufweist. Variantenvergleiche untereinander sind mit dieser Methode möglich. Es können auch zusätzlich Kostenwerte im Diagramm gezielt ausgeblendet werden. Dabei sollte jedoch vorsichtig gearbeitet werden, weil nur der gesamte Kapitalwert eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit der Varianten geben kann.

Soll ohne Restwerte und Ersatzinvestitionen gerechnet werden, ist der entsprechende Haken im Segment über dem Diagramm zu entfernen und das Diagramm mit Betätigen des „Update“-Buttons neu zu berechnen.

Am Beispiel Ludwigshafen, von dem die Ergebnisse in Abbildung 39 und Tabelle 16 abgebildet sind, bestätigt sich der Trend vom „7-Liter-Haus“ als wirtschaftlichste Variante. Der Variante folgen „Standard“, „4-Liter-Haus“, „Putzsanierung“ und an letzter Stelle das „3-Liter-Haus“. Im Diagramm ist die Aufteilung des Kapitalwerts in seine einzelnen Komponenten „Verbrauchsgebundene- und Finanzierungskosten“ gut ersichtlich. Je energetisch effizienter die Variante, desto höher ist der Finanzierungskostenanteil an dem gesamten Kapitalwert.

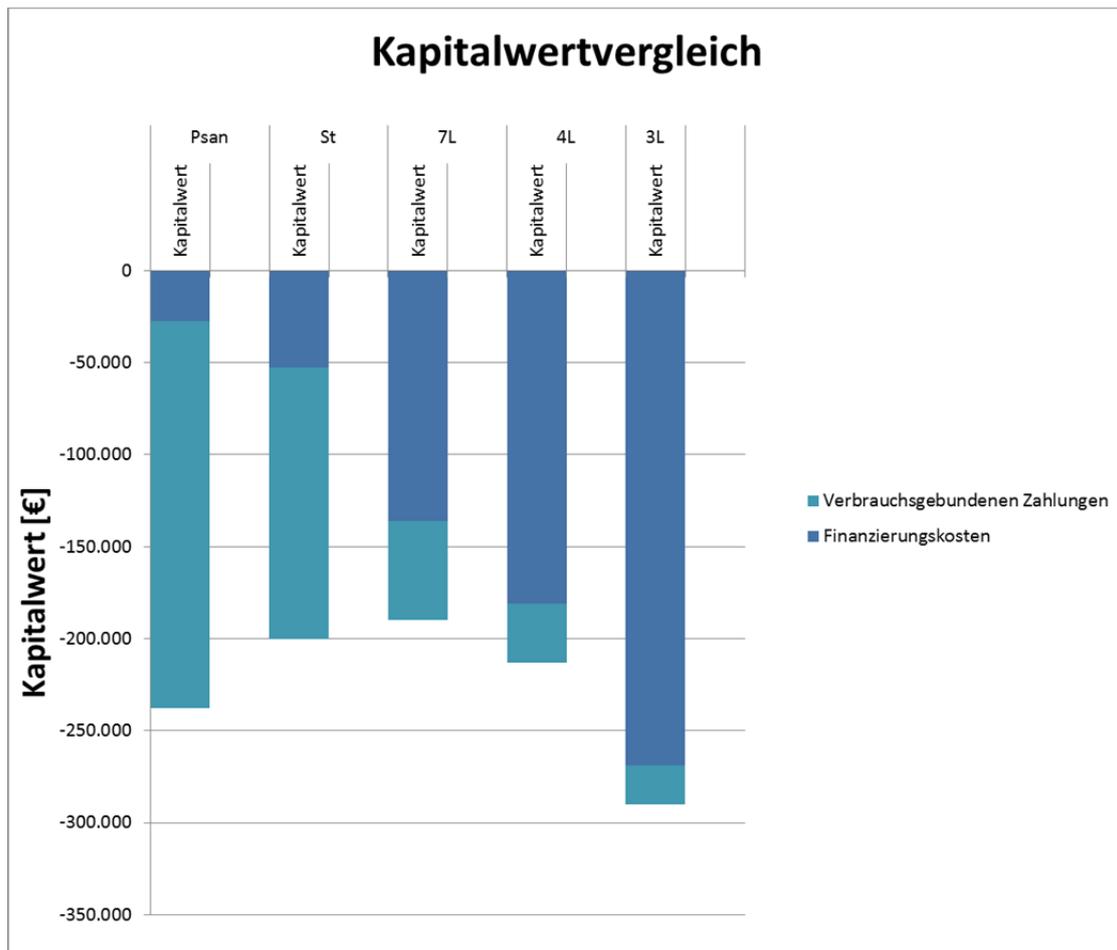


Abbildung 39: Auswertungsdiagramm "Kapitalwertmethode" am Beispiel Ludwigshafen

		Psan	St	7L	4L	3L
Kapitalwerte	Finanzierungskosten	-€ 27.640,00	-€ 52.516,00	-€ 136.127,00	-€ 181.042,00	-€ 268.799,00
	Ersatzinvestition	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Restwerte	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Instandsetzungskosten	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Betriebsgebundenen Zahlungen	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Verbrauchsgebundenen Zahlungen	-€ 210.245,55	-€ 147.554,15	-€ 53.517,05	-€ 32.110,23	-€ 21.406,82
Summe		-€ 237.885,55	-€ 200.070,15	-€ 189.644,05	-€ 213.152,23	-€ 290.205,82

Tabelle 16: Ergebnistabelle für „Kapitalwertmethode“ am Beispiel Ludwigshafen

In Anhang 4 befindet sich ein weiteres, detaillierteres Beispiel für die Auswertung mittels der Kapitalwertmethode.

IV. Annuitätenmethode

Sie beruht auf dem gleichen Berechnungsprinzip wie die Kapitalwertmethode, nur werden jährlich fällige Annuitäten dargestellt. Es ist dabei analog zur Kapitalwertmethode der Variante mit der größten Annuität den Zuschlag zu geben.

Am Beispiel Ludwigshafen sieht man, dass die Annuitätenmethode die gleiche Aussage über die Wirtschaftlichkeit trifft wie die Kapitalwertmethode. Es wird nur der Kapitalwert mit dem Annuitätenfaktor auf jährlich gleich große Zahlungen im Betrachtungszeitraum aufgeteilt. Man kann sich diese Annuitäten als jährlich fälligen Betrag für die Alternative vorstellen. Darum ist die Annuität wohl für Nutzer mit wenig Erfahrung im Investitionsbereich leichter vorzustellen als der Kapitalwert.

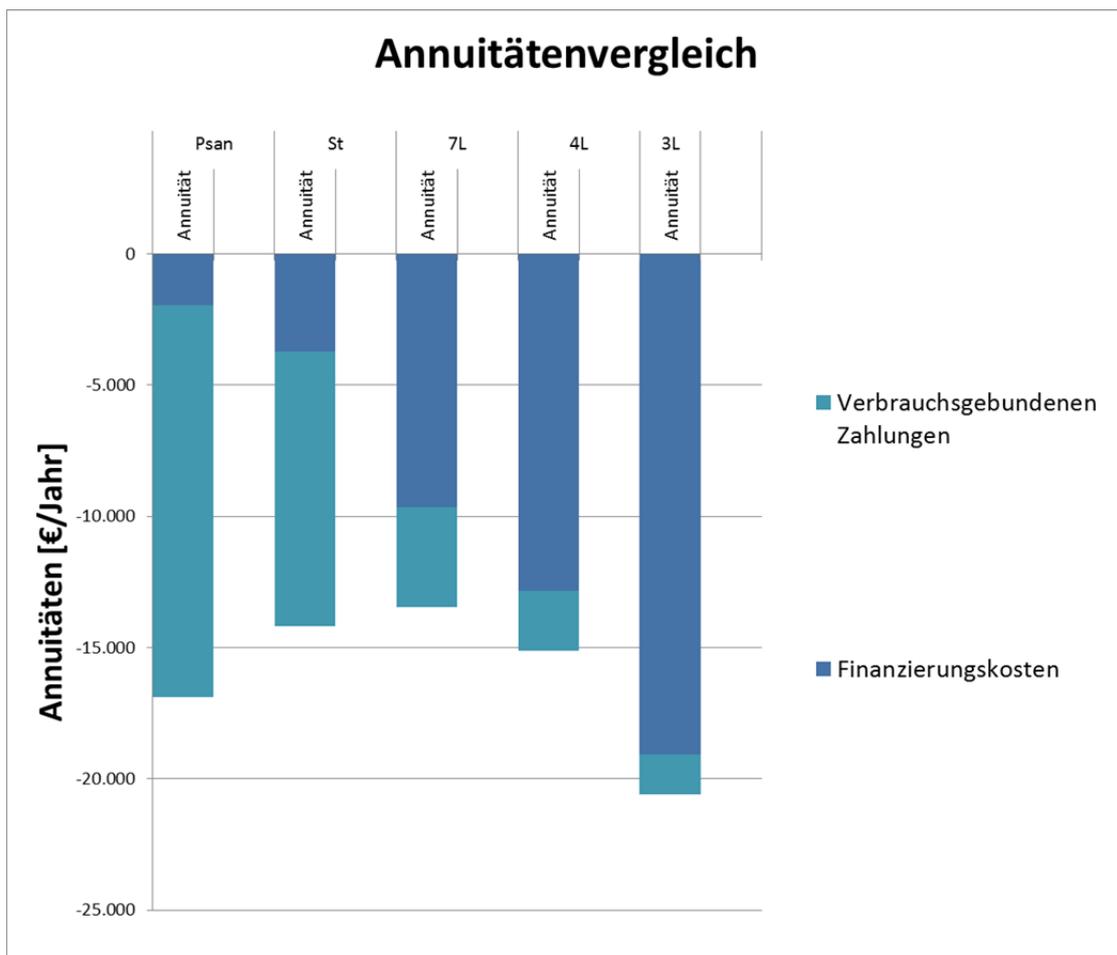


Abbildung 40: Auswertungsdiagramm "Annuitätenmethode" am Beispiel Ludwigshafen

		Psan	St	7L	4L	3L
Annuitäten	Finanzierungskosten	-€ 1.961,13	-€ 3.726,14	-€ 9.658,55	-€ 12.845,37	-€ 19.071,95
	Ersatzinvestition	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Restwerte	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Instandsetzungskosten	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Betriebsgebundenen Zahlungen	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Verbrauchsgebundenen Zahlungen	-€ 14.917,44	-€ 10.469,33	-€ 3.797,17	-€ 2.278,30	-€ 1.518,87
Summe		-€ 16.878,56	-€ 14.195,47	-€ 13.455,71	-€ 15.123,67	-€ 20.590,82

Tabelle 17: Ergebnistabelle für „Annuitätenmethode“ am Beispiel Ludwigshafen

3.2.2.8.2 Energetische und ökologische Auswertung

Neben der wirtschaftlichen Betrachtungsweise bietet das Tool außerdem die Möglichkeit, die Varianten hinsichtlich ihrer energetischen und ökologischen Performance zu betrachten. Dies kann durch Vergleichen der CO₂-Kennwerte und der End- und Primärenergiekennwerte erfolgen. Wie in Abbildung 41 dargestellt, wählt man die gewünschte Betrachtungsweise und Energieverbraucher aus. Daraufhin wird das entsprechende Diagramm dargestellt und Tabellen mit den zugehörigen Werten eingeblendet.

Abbildung 41: Auswahl der Energetischen Bewertung und die betrachteten Energieverbraucher auf Auswertungsblatt

I. CO₂-Kennwerte

Dieses Diagramm vergleicht den CO₂-Ausstoß und die CO₂-Äquivalente der einzelnen Varianten mithilfe eines Blockdiagramms. Die Ordinatenachse trägt die Einheit kg_{CO2}/Jahr. Kleinere Ausstoßwerte sind ökologisch betrachtet anzustreben. In Zukunft könnten durch eine CO₂-Steuer die CO₂-Folgekosten von größerer Bedeutung werden.

CO₂-Einsparungen durch Wärmeeinspeisung oder Stromeinspeisung wird nicht berücksichtigt.

Am Beispiel Ludwigshafen sind die CO₂-Ausstöße und -Äquivalente als Diagramm und Ergebnistabelle in Abbildung 42 und Tabelle 18 dargestellt. Man erkennt mit sinkendem Endenergiebedarf eine Abnahme der CO₂-Emissionen. Die CO₂-Äquivalente sind immer etwas höher, weil darin die gesamte Treibhauswirkung des Endenergieverbrauchs auf CO₂-Emissionen umgelegt ist. Außerdem sind die Balken jeder Variante zu den anderen proportional, weil kein unterschiedlicher Energieträger gewählt ist und somit für alle mit den gleichen Faktoren gerechnet wird.

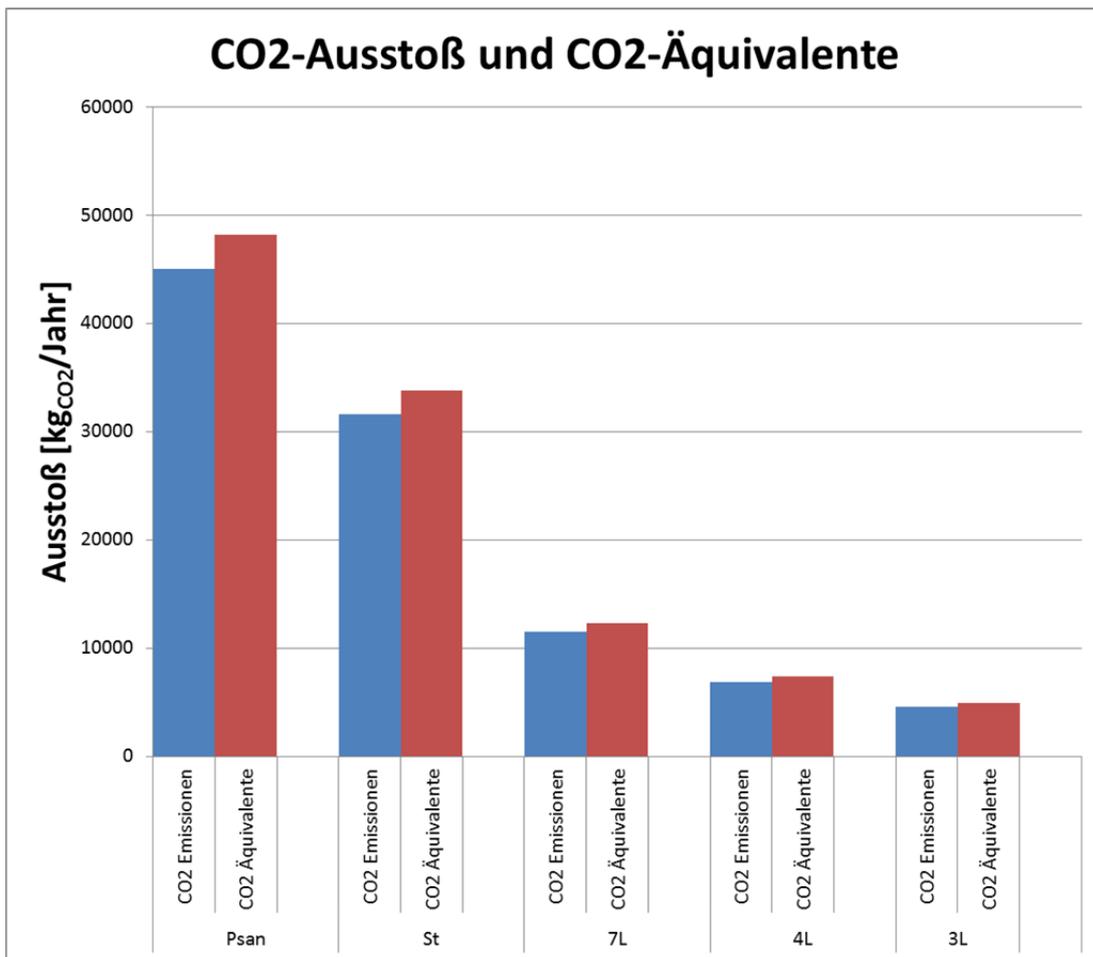


Abbildung 42: Auswertungsdiagramm der CO₂-Emissionen am Beispiel Ludwigshafen

		Psan	St	7L	4L	3L	
Energie- kennwerte	Endenergie	190025	133363	48370	29022	19348	kWh/a
	Primärenergie regenerativ	45240,97	31750,94	11515,88452	6909,530715	4606,35381	kWh/a
	Primärenergie nicht regenerativ	170293,84	119515,31	43347,52257	26008,51354	17339,00903	kWh/a
	CO ₂ -Emissionen	45046,92	31614,75	11466,48919	6879,893514	4586,595676	kg/a
	CO ₂ -Äquivalente	48189,55	33820,30	12266,43168	7359,859008	4906,572672	kg/a

Tabelle 18: Ergebnistabelle für Energie- und CO₂-Kennwerte am Beispiel Ludwigshafen

II. End- und Primärenergie

Es werden dabei die End- und Primärenergiewerte in kWh/Jahr der einzelnen Varianten gegenübergestellt. Die Endenergie ist in die verursachenden Energieverbraucher, die Primärenergie in einen regenerativen und nicht regenerativen Anteil unterteilt. Es können hier einzelne Energieverbraucher zu- und weggeschaltet werden durch An- bzw. Abhaken der entsprechenden Felder. Das Diagramm wird mit Betätigen des „Update“-Buttons aktualisiert.

Am konkreten Beispiel Ludwigshafen, ersichtlich in Abbildung 43, kann man das oben Beschriebene gut erkennen. Da nur der Energieverbraucher „Heizung“ angegeben ist, ist der Balken für Endenergie nicht weiter unterteilt. Außerdem sind die Balken der einzelnen Varianten zu den anderen erneut proportional, weil kein anderer Energieträger gewählt worden ist und wie bei den CO₂-Kennwerten mit den gleichen Faktoren für jede Variante gerechnet wird. Ein regenerativer Anteil ergibt sich nur, wenn dieser in den gewählten Ökobilanzierungsdaten auch angegeben ist. Die Werte für dieses Diagramm sind Tabelle 18 zu entnehmen und stehen im Rechner wie bei allen Diagrammen darunter.

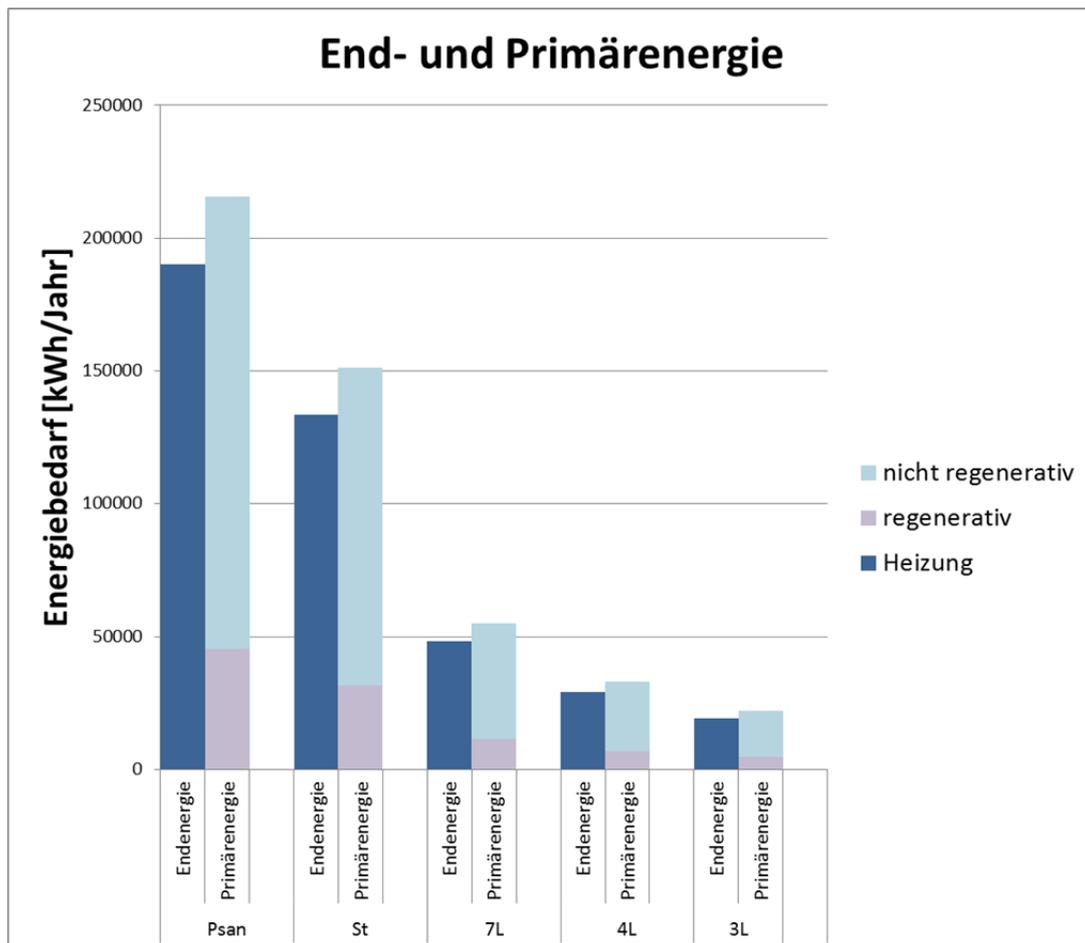


Abbildung 43: Auswertungsdiagramm End- und Primärenergie am Beispiel Ludwigshafen

4 Zusammenfassung und Ausblick

Über die Konzeption hinaus ist im Zuge dieser Diplomarbeit ein für das Energieinstitut Vorarlberg brauchbares Rechenwerkzeug auf Basis von Microsoft Excel entstanden. Zielgruppe sind Projektierungseinrichtungen für energieeffizientes Bauen, wie Architekten, Bauträger, die öffentliche Hand oder Energieberatungsstellen.

4.1 Ergebnis

In dem konzipierten Werkzeug können energiesparende Varianten von Gebäuden nach wirtschaftlichen und ökologischen Standpunkten miteinander verglichen und bewertet werden.

Es kann zwischen vier Wirtschaftlichkeitsvergleichsmethoden ausgewählt werden, welche sich nach einer umfassenden theoretischen Recherche als die geeignetsten für Vergleiche im energieeffizienten Hochbau erwiesen haben. Diese sind:

- Preis der eingesparten kWh
- Annuitätischer Gewinn
- Kapitalwertmethode
- Annuitätenmethode

Der Nutzer erhält im Rechner durch das Design der Auswahl dieser Methoden und zusätzliche Beschreibungsfelder Informationen darüber, welcher Wirtschaftlichkeitsvergleich für ihn der zutreffendste ist.

Die ökologische Betrachtung der Varianten kann durch einen

- CO₂-Emissionsvergleich
- End- und Primärenergievergleich

durchgeführt werden. Diese Sichtweise der Varianten vermittelt neben dem monetären noch soziale und ökologische Aspekte der Bauvorhaben und animiert zu ressourcenorientierten, verantwortungsvollen Entscheidungen.

Grundlagen für diese Ökobilanzierungsdaten bilden wahlweise die aktuellen Datensätze der

- DIN V 4701-10
- ESU-service GmbH (Frischknecht)
- GEMIS 4.6
- OIB (noch nicht veröffentlicht)

Eine Besonderheit des Rechners ist die individuell an den Informationsgehalt des Nutzers anpassbare Eingabemöglichkeit von Kosten und Energiekennwerten. Dafür werden zu Beginn der Eingabe die zu betrachtenden Bauteile und Kosten einfach zu- oder weggeschaltet. Daraufhin vereinfacht sich die Eingabe auf die ausgewählten Komponenten.

Für die Gliederung der Kosten wurde in der theoretischen Recherche die ÖNORM B 1801-1 als die für Österreich geeignetste Kostengliederung im Hochbau gefunden. Diese wurde mit einigen Vereinfachungen zu Eingabe der Investitionskosten und der Folgekosten implementiert.

Ausgewertet werden die Daten mit übersichtlichen Diagrammen und Ergebnistabellen anhand der zuvor eingegebenen Werte und Angaben.

Mit dieser Diplomarbeit ist gleichzeitig ein Handbuch zur richtigen Verwendung des Rechentools geschaffen worden. Es stellt eine wissenschaftlich solide Grundlage für die Inhalte des Rechners dar.

4.2 Ausblick

Wie bereits erwähnt wird das Tool nach dieser Diplomarbeit in eine intensive Testphase eingeleitet. Es werden von Mitarbeitern des EIV bereits gerechnete Projekte zum Vergleich der Ergebnisse in den Rechner eingeben. Zusätzlich wird das Rechenwerkzeug an die Kooperationsteilnehmer versendet und von diesen auf Herz und Nieren getestet. Nach dieser Validierungsphase werden die Verbesserungsvorschläge und Kritikpunkte gesammelt und das Tool entsprechend korrigiert. Das Excel-File wird durch einen Blattschutz ohne Passwort gegen versehentliches Verändern gesichert und zur Unterstützung des Rechentools werden ein Handbuch und eine Hilfedatei mit Vorschlagswerten erstellt.

Die endgültige offizielle Version des Wirtschaftlichkeitsvergleichsrechners und seine Begleitdateien werden über die klima:aktiv¹⁴⁹- und auf der EIV-Homepage¹⁵⁰ öffentlich zum Herunterladen zur Verfügung stehen.

4.3 Kritik und Verbesserungspunkte

In diesem Kapitel sind Kritik und Verbesserungsvorschläge bezüglich des durch diese Diplomarbeit entwickelten Wirtschaftlichkeitsrechners angeführt. Es wird nach der Validierungsphase weitgehend versucht, diese zu berücksichtigen.

4.3.1 Eingabefelder

Bezüglich der Eingabefelder haben sich bei Tests verschiedenste Verbesserungsvorschläge und Kritikpunkte bezüglich der Eingabefelder ergeben.

Es ergeben sich laut der Studie von Warger R. bei Vergleich eines Niedrigenergiehauses mit einem Passivhaus zusätzliche Kosten. Zumal werden die Räume höher und die vermietet- bzw. verkaufbare Fläche geringer.¹⁵¹

¹⁴⁹ Für nähere Infos siehe: www.klimaaktiv.at

¹⁵⁰ Für nähere Infos siehe www.energieinstitut.at

Höhere Räume führen zu Mehrkosten in den Wandaufbauten. Außenwände können problemlos in den Rechner eingegeben werden, jedoch ist kein Feld für Innenwände vorgesehen. Diese Option ist also noch als Untergruppenpunkt in der Elementgliederung auf dem I&W-Blatt zu ergänzen.

Um die Attraktivität für verschiedene Varianten von Bauvorhaben zu untersuchen, muss ein Bauträger eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus Käufersicht durchführen. Man muss dazu Varianten mit unterschiedlichen Verkaufspreisen und laufenden Kosten miteinander vergleichen. In der Gliederung des I&W-Blattes fehlt somit ein Feld für Gesamtkosten (GEK), die sich laut Abbildung 8 aus der Summe der Investitionswerte der Baugliederung zusammensetzen. Es könnten dabei weiter die Instandsetzungs- und Wartungskosten für das Gesamtbauwerk angegeben werden.

Um weitere Spezialfälle von energierelevanten Kosten abdecken zu können, sollte ein Feld für Sonstige Investitionskosten am Ende der Gliederung im Blatt I&W angebracht werden.

Bei Vermietung einer Immobilie werden jährlich Mieterlöse als Einnahmestrom realisiert. Diese sind bisweilen nicht berücksichtigt worden. Im Fi&Fo-Blatt soll ein Feld für Miete angeführt werden, um diesem Mangel gerecht zu werden.

Der Tilgungsplan der zinsbegünstigten Kredite des Landes Vorarlberg ist stark vereinfacht dargestellt. Der Kredit wird von einer ersten Teildarlehensauszahlung an jährlich verzinst. Die Tilgung beginnt erst bei Auszahlung der Restsumme und ist monatlich fällig. In der vereinfachten Berechnung im Tool wird von einer jährlichen konstanten Annuität für jeden Zinszeitraum ausgegangen und die Tilgung durch die Zinsen berechnet. Diese Ungleichheiten können zu verzerrten Darstellungen der Finanzierungskosten und dadurch zu einem falschen Ergebnis des Wirtschaftlichkeitsvergleichs führen. Es sollte darum genau überprüft werden, wie der Tilgungsplan des Kredites wirklich aussieht. Das Land Vorarlberg hat hier auf die Hypobank Bregenz verwiesen, die die Auszahlung der Förderungskredite verwaltet.

¹⁵¹Vgl. WARGER, R, 2009, S.1ff.

4.3.2 Grenzen der ökonomischen Wirtschaftlichkeitsberechnung

Wie bereits in Absatz 2.1 erwähnt, kann die Investitionsrechnung nur quantifizierbare Entscheidungsfaktoren beurteilen. Es werden somit viele, oft für den Entscheidungsprozess wichtige Faktoren nicht miteinbezogen.

Hier einige Beispiele für nicht quantifizierbare Größen im energieeffizienten Hochbau:

- Wohnkomfortsteigerungen z.B.: durch automatisierte Klimatisierung
- Unabhängigkeit von großen Energieversorgern durch eigene Versorgung und Speicherung
- Umweltaspekte z.B.: geringere Schadstoffausstoß und CO₂-Belastung für Klima und Gesundheit
- Werterhöhungen z.B.: wahr genommen als längere Lebensdauer der Komponenten
- Soziale Aspekte z.B.: Vorbildwirkung, Anregung für Nachahmung, Aufwertung des Wohnumfelds¹⁵²

Mit einer Nutzwertanalyse könnten diese Faktoren bewertet und gewichtet in den Entscheidungsprozess miteinfließen. „ Es werden dadurch qualitative und quantitative Vor- und Nachteile einer beabsichtigten Investition bewertbar, womit das gesamte Ausmaß [...] von Alternativen erfasst werden kann.“¹⁵³ Eine Nutzwertanalyse könnte in Fragebogenform dem Rechner beigefügt werden. Sie kann z.B. die Mehrkosten für Energieeffizienz und Behaglichkeit weniger gewichtet darstellen.

¹⁵² Vgl. ENELING, A; HINZ, E, (2008), S.20ff.

¹⁵³ BENESCH, SCHUCH, (2005), S.165.

5 Literaturverzeichnis

5.1 Bücher

BENESCH, T., & SCHUCH, K. Basiswissen zu Investition und Finanzierung Linde. Wien: (2005).

BLÄSI, W. Bauphysik (4 Aufl, 1 Dr ed.) Verl. Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer. Haan-Gruiten: (2002).

FEIST, W., PFLUGGER, R., KAUFMANN, B., SCHNIEDERS, J., & KAH, O. Passivhaus Projektierungs Paket 2007 - PHPP 2007 - Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser (3. Aufl.). Darmstadt, Passivhausinstitut Darmstadt: (2010).

FISCHER, H. Lehrbuch der Bauphysik Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima (6, aktualisierte u. erw. Aufl.) Vieweg + Teubner. Wiesbaden: (2007).

FRATER, H., PODBREGAR, N., SCHWANKE, K., & SPRINGERLINK. Wetter, Klima, Klimawandel - Wissen für eine Welt im Umbruch (2. Aufl.) Springer. Berlin, Heidelberg: (2009).

FRITSCH, U., & SCHMIDT, K. Handbuch zu GEMIS 4.5. Darmstadt: (2008). URL: http://www.oeko.de/service/gemis/files/doku/g45_handbuch.pdf

GREINER, P., MAYER, P., & STARK, K. Baubetriebslehre - Projektmanagement erfolgreiche Steuerung von Bauprojekten (4, aktualisierte Aufl.) Vieweg + Teubner. Wiesbaden: (2009).

HEGNER, H. Energieausweise für die Praxis - Handbuch für Energieberater, Planer und Immobilienwirtschaft (1 Aufl.) Fraunhofer-IRB.-Verl; Bundesanzeiger-Verl. Stuttgart; Köln: (2008).

MESSNER, S. Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre: Österreichische Rechtslage; Lernziele, Kontrollfragen, Beispiele, grafische Übersichten, englische Übersetzungen wichtiger Fachbegriffe (2, aktualisierte Aufl.) LexisNexis ARD Orac. Wien: (2007).

PALLI, M, C., Wertorientierte Unternehmensführung: Konzeption und empirische Untersuchung zur Ausrichtung der Unternehmung auf den Kapitalmarkt (1.Aufl.) DUV. Wiesbaden: (2004).

PÖHN, C., PECH, A., BEDNAR, T., & STREICHER, W. Bauphysik - Erweiterung 1 - Energieeinsparung und Wärmeschutz - Energieausweis - Gesamtenergieeffizienz (1. Aufl.) Springer-Verlag/Wien. Wien: (2007).

SCHÄFER, C., Die Bewertung von Kreditinstituten: Erfassung und Bewertung bankspezifischer Risiken. (1. Aufl.) IGEL-Verlag. Hamburg: (2009).

SCHAUFELBÜHL, K., HUGENTOBLER, W., & BLATTNER, M. Betriebswirtschaftslehre für Bachelor (1. Aufl.) UTB / Orell Füssli. Zürich: (2007).

SCHILD, K., & BRÜCK, H. Energie-Effizienzbewertung von Gebäuden - Anforderungen und Nachweisverfahren gemäß EnEV 2009 ; mit 137 Tabellen (1. Aufl.) Vieweg + Teubner. Wiesbaden: (2010).

SCHWINN, R. Betriebswirtschaftslehre Oldenbourg. München u.a: (1993).

TIETZE, J. Einführung in die Finanzmathematik: Klassische verfahren und neuere Entwicklungen: Effektivzins- und Renditeberechnung, Investitionsrechnung, derivative Finanzinstrumente, mit über 500 Übungsaufgaben (11, aktualisierte Aufl.) Vieweg + Teubner. Wiesbaden: (2011).

WAMELING, H. Moderne Finanzwirtschaft & Unternehmensbewertung: Berücksichtigung von Steuern im Rahmen der Unternehmensbewertung (1 Aufl.) DUV. Wiesbaden: (2004).

5.2 Arbeiten

ENSELING, A. Leitfaden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparinvestitionen im Gebäudebestand. 64285 Darmstadt. Institut Wohnen und Umwelt GmbH: (2003). URL: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/leitfaden_wirtschaftlichkeit.pdf

ENSELING, A., & Hinz, E. Energetische Gebäudesanierung und Wirtschaftlichkeit - Eine Untersuchung am Beispiel des „Brunckviertels“ in Ludwigshafen. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH: (2006). URL: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/Energetische_Gebaeu_desanierung_Wirtschaftlichkeit.pdf

ENSELING, A., & Hinz, E. Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen im Bestand vor dem Hintergrund der novellierten EnEV. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH: (2008). URL: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Wirtschaftlichkeit_EnEV_Bestand.pdf

FRISCHKNECHT, R., TUCHSCHMID, M., & ITTEN, R. Primärenergiefaktoren von Energiesystemen. Uster: (2011). URL: http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/Energiesysteme_v2.2_2011.pdf

FRITSCHKE, U. Ergebnisse aus GEMIS 4 6. (Excel-Datei).Darmstadt: (2010). URL: http://www.oeko.de/service/gemis/files/setup/g46-results_aug2010daten1.xls

FRITSCHKE, U., RAUSCH, L., & SIMON, H. K. Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen. Gesamt-emissions-modell integrierter systeme (GEMIS). Darmstadt/Kassel: (1989). URL: http://www.oeko.de/service/gemis/files/doku/g1_final.pdf

FRITSCHKE, U., & WIEGMANN, K. Kumulierter Primärenergie-aufwand (KEA) biogener Öle, Kurzstudie im Auftrag des IWO. Darmstadt: (2008). URL: http://www.oeko.de/service/bio/dateien/kea_biogene_oele_iwo_2008.pdf

GRATZL-MICHLMAIER, M., STALLER, H., & DJALILI, M. Integration energierelevanter Aspekte in Architekturwettbewerben (IEAA). Studienzentrum Pinkafeld: (2009). URL: https://online.tugraz.at/tug_online/voe_main2.getvolltext?pCurrPk=47174

GROßKLOS, M. Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und –Versorgungen. Darmstadt: (2009). URL: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/kea.pdf

STADT FRANKFURT AM MAIN. Erläuterungen zur Gesamtkostenberechnung (Version 10.6). Frankfurt: (2011). URL: <http://energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Investive-Massnahmen/Gesamtkostenberechnung/Gesamtkosten-Erlaeuterungen.pdf>

STALLER, H., TRITTHART, W., GRATZL-MICHLMAIER, M., MACH, T., TREBERSPRUNG, M., DJALILI, M., SMUTNY, R. Leitfaden, Integration energierelevanter Aspekte in Architekturwettbewerben. Graz: (2010). URL: <http://www.ifz.tugraz.at/content/download/2176/9854/file/IEAA-Leitfaden.pdf>

WARGER, R. Die Metamorphose vom Niedrigenergie- zum Passivhaus - Ökonomischer Vergleich als Entscheidungshilfe für gewerbliche Bauträger. Donau-Universität Krems. Krems: (2009).

5.3 Zeitschrift

ELGER, K., & SCHWÄGERL, C. Diktatur des Jetzt. Der Spiegel, 12(12). Hamburg: (2011).

SHELLNHUBER, H. J., Interview aus: SCHULZ, C., & ROSENSCHON, S. Zur Zukunft der Energiepreise: Ergebnisse eines Expertenworkshops am IWH. Wirtschaft im Wandel, 17(3). Halle: (2011).

5.4 Internet

GAILFUß, M. VDI 2076 (neu). URL: [http://www.bhkw-
infozentrum.de/richtlinien/vdi2067 uebersicht.html](http://www.bhkw-
infozentrum.de/richtlinien/vdi2067_uebersicht.html) (14.09.2011).

N. N. ESU-Services - Dienstleistungen. URL: <http://www.esu-services.ch/de/ourservices/>
(22.09.2011).

N. N. Energieausweis – Informationen. URL: [http://www.energieausweis.at/energieausweis-
informationen.htm](http://www.energieausweis.at/energieausweis-
informationen.htm) (20.10.2011).

N. N. Energieinstitut Vorarlberg - Beschreibung. URL:
http://www.energieinstitut.at/HP/Upload/Dateien/EIV_Beschreibung_deutsch.pdf;
(20.09.2011).

N.N. Institut für Wohnen und Umwelt Darmstadt. URL: <http://www.iwu.de> (08.12.2011).

N.N. Klima:Aktiv. URL: <http://www.klimaaktiv.at> (08.12.2011).

N. N. Passivhausberechnung nach PHPP. URL:
<http://www.energiesparhaus.at/energieausweis/phpp.htm> (21.09, 2011).

N.N. Passiv Haus Institut Darmstadt. URL: <http://www.passiv.de> (08.12.2011).

5.5 Zitierte Normen

DIN V 4701-10.

DIN SPEC-4701-10/A1:2009-10.

ÖNORM B 1801-1.

ÖNORM B 1801-2.

VDI 2067-1.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zeitliche Vorgehensweise an die Projektdiplomarbeit	6
Abbildung 2: Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung	8
Abbildung 3: Auf- und Abzinsung	10
Abbildung 4: Die Ermittlung der gewichteten Kapitalkosten	15
Abbildung 5: Ersatzinvestitionen und Restwert einer Anfangsinvestition A_0	33
Abbildung 6: Kostengruppierung nach ÖNORM B 1801-1	36
Abbildung 7: Gliederungssystem der ÖNORM B 1801-1	36
Abbildung 8: Zusammenhang von Gesamtkosten und Folgekosten	38
Abbildung 9: Erforderliche Angaben (schwarz) und Annahmen (grau) der einzelnen Module im IEAA-Tool	42
Abbildung 10: Einbindung des IEAA-Tools im Architekturwettbewerb	43
Abbildung 11: Struktur des Gesamtkostenrechners mit Eingabe- und Zielwerten	47
Abbildung 12: Struktur des EIV-Kostenrechners	49
Abbildung 13: Blattstruktur des Kostenrechners	52
Abbildung 14: Farbbeispiel EIV-Homepage (links) im Vergleich mit dem Rechentool (rechts)	53
Abbildung 15: Verwendete Zellen und deren Formatierung	53
Abbildung 16: Auswahlsegment „Maßnahmenumfang und betrachtete Bauteile“ auf dem Konfigurationsblatt	55
Abbildung 17: Logischer Ablauf der Konfiguration des Wirtschaftlichkeitsrechners	57
Abbildung 18: Auswahlsegment „Angaben zur Wirtschaftlichkeit“ auf Konfigurationsblatt	58
Abbildung 19: Auswahlsegment „Detaillierungsgrad“ auf Konfigurationsblatt	59
Abbildung 20: Anpassungsmethode "Schnell und einfach" am Beispiel Fenster und Türen im I&W-Blatt	60
Abbildung 21: Minimieren von Kostengruppen auf eine Hauptkostengruppe (v.o.n.u.)	62
Abbildung 22: Auf- bzw. Zuklapp-Buttons auf I&W- und FI&Fo-Blatt	62
Abbildung 23: Auswahlsegment "Quelle für Ökobilanzierungsdaten" auf Konfigurationsblatt	63
Abbildung 24: Eingabemaske für Energiepreise im Konfigurationsblatt	64
Abbildung 25: Eingabemaske der Einspeisetarife auf Konfigurationsblatt	65
Abbildung 26: Projektangabenblatt mit zwei Beispielvarianten	66
Abbildung 27: Hinzufügen von Gebäudetypen im Projektangabenblatt	67

Abbildung 28: Maske für die Eingabe der Energiekennwerte mit allen Positionen	68
Abbildung 29: Konfigurierte Beispielvariante auf Energiekennwertblatt.....	69
Abbildung 30: Berücksichtigung von Einspeisungen auf Konfigurationsblatt.....	70
Abbildung 31: Kostengliederung im I&W-Blatt angelehnt an ÖNORM B 1801-1	71
Abbildung 32: Elementgliederung auf I&W-Blatt	72
Abbildung 33: Eingabebeispiel I&W-Blatt.....	72
Abbildung 34: Auswahl der Förderung und Art der Finanzierung auf Fi&Fo-Blatt	74
Abbildung 35: Eingabemaske Finanzierungskosten auf Fi&Fo-Blatt	75
Abbildung 36: Wirtschaftliche Auswertung auf Auswertungsblatt	87
Abbildung 37: Auswertungsdiagramm für „Preis der eingesparten kWh“ am Beispiel Ludwigshafen	89
Abbildung 38: Auswertungsdiagramm "Annuitätischer Gewinn" am Beispiel Ludwigshafen .	90
Abbildung 39: Auswertungsdiagramm "Kapitalwertmethode" am Beispiel Ludwigshafen.....	92
Abbildung 40: Auswertungsdiagramm "Annuitätenmethode" am Beispiel Ludwigshafen	93
Abbildung 41: Auswahl der Energetischen Bewertung und die betrachteten Energieverbraucher auf Auswertungsblatt	94
Abbildung 42: Auswertungsdiagramm der CO ₂ -Emissionen am Beispiel Ludwigshafen	95
Abbildung 43: Auswertungsdiagramm End- und Primärenergie am Beispiel Ludwigshafen..	96
Abbildung 44: Auswertungsdiagramm "Kapitalwertmethode" am Beispiel Warger	119

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung der Kapitalhöhe im Zeitverlauf.....	11
Tabelle 2: Kapitalwiedergewinnungsfaktor in Tabellenform	13
Tabelle 3: Primärenergiefaktoren nach DIN SPEC 4701-10/A1:2009-10	27
Tabelle 4: Beispiele für Kostengruppen und Kostenarten	29
Tabelle 5: Modularer Aufbau der IEAA-Bewertungstools.....	41
Tabelle 6: Kredite als Auszahlungsreihen platziert im Blatt BERECHNUNG, Werte in €	77
Tabelle 7: Gliederungseben des Fi&Fo-Blattes nach ÖNORM B 1801-2	78
Tabelle 8: Berechnungstabelle für Barwerte	82
Tabelle 9: Berechnung der Kapitalwerte und Annuitäten	83
Tabelle 10: Ökobilanzierungskennwerteberechnung im Berechnungsblatt	84
Tabelle 11: Berechnung des Preises der eingesparten kWh Endenergie.....	84
Tabelle 12: Berechnung des annuitätischen Gewinns	85
Tabelle 13: Eingabewerte in Rechner für Beispiel Ludwigshafen	88
Tabelle 14: Ergebnistabelle für „Preis der eingesparten kWh“ am Beispiel Ludwigshafen	89
Tabelle 15: Ergebnistabelle für „Annuitätischer Gewinn“ am Beispiel Ludwigshafen.....	91
Tabelle 16: Ergebnistabelle für „Kapitalwertmethode“ am Beispiel Ludwigshafen.....	92
Tabelle 17: Ergebnistabelle für „Annuitätenmethode“ am Beispiel Ludwigshafen	93
Tabelle 18: Ergebnistabelle für Energie- und CO ₂ -Kennwerte am Beispiel Ludwigshafen	95
Tabelle 19: Änderungen bei der Konfiguration "Schnell- und Einfach"	114
Tabelle 20: Änderungen bei der Konfiguration "Detailliert"	115
Tabelle 21: Gliederung der Investitionskosten im I&W-Blatt	116
Tabelle 22: Gliederung der Folgekosten im Fi&Fo-Blatt	117
Tabelle 23: Angaben für Beispielberechnung Warger.....	118
Tabelle 24: Ergebnistabelle für „Kapitalwertmethode“ am Beispiel Warger	119

8 Formelverzeichnis

Formel 1: Aufzinsungsformel.....	11
Formel 2: Abzinsungsformel.....	11
Formel 3: Kapitalwert C_0 zum Zeitpunkt $t=0$	12
Formel 4: Kapitalwert einer annuitätischen Zahlungsreihe	12
Formel 5: Annuitätenformel aus Kapitalwert C_0 mal Kapitalwiedergewinnungsfaktor	13
Formel 6: Kapitalwiedergewinnungsfaktor	13
Formel 7: Barwertfaktor	14
Formel 8: Barwertfaktor mit Preissteigerungen der Annuitäten.....	14
Formel 9: Zusammenhang zwischen i_{real} und i_{nom} über die Inflationsrate	16
Formel 10: Nullstelle der Kapitalwertfunktion	18
Formel 11: Annuitätische Erlöse	18
Formel 12: Annuitätische Kosten	19
Formel 13: Annuitätischer Gewinn	19
Formel 14: Preis der eingesparten kWh Endenergie	20
Formel 15: Kriterium für Wirtschaftlichkeit beim Preis der eingesparten kWh.....	20
Formel 16: Mittlerer zukünftiger Energiepreis	21
Formel 17: CO ₂ -Emissionen nach EnEv 2007	25
Formel 18: Berechnung der CO ₂ -Äquivalente	26
Formel 19: Annuität der Kapitalgebundenen Zahlungen.....	31
Formel 20: Barwert der Ersatzbeschaffung.....	31
Formel 21: Barwert des Restwerts	32
Formel 22: Preisdynamischer Annuitätenfaktor	32
Formel 23: Barwertfaktor der VDI 2067 für Preissteigerungen	32
Formel 24: Bedingung für Barwertfaktor	32
Formel 25: Annuität der bedarfs-(verbrauchs-)gebundenen Auszahlungen	33
Formel 26: Bedarfs-(Verbrauchs-)gebundenen Zahlung im ersten Jahr.....	34
Formel 27: Annuität der betriebsgebundenen Auszahlungen	34
Formel 28: Annuität der sonstigen Kosten	34
Formel 29: Annuität von nichtzuordenbaren Einzahlungen.....	35
Formel 30: Annuität der Jahresgesamtzahlungen.....	35

Formel 31: Berechnung der Ersatzhäufigkeit	80
Formel 32: Berechnung des mittleren zukünftigen Energiepreises im Berechnungsblatt	85

9 Abkürzungsverzeichnis

3D	Dreidimensional
a	Jahre
Anm.	Anmerkung
BeIEB	Beleuchtungsenergiebedarf
BHKW	Blockheizkraftwerk
BOKU Wien	Universität für Bodenkultur Wien
BW	Barwert; Bauwerk
BWF	Barwertfaktor
BWL	Betriebswirtschaftslehre
bzw.	beziehungsweise
CO ₂	Kohlendioxid
DI	Diplomingeuer
DIN	Deutsches Institut für Normung
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EEB	Endenergiebedarf
EIV	Energieinstitut Voralberg
Energie KW Blatt	Energiekennwerteblatt
EnEV	Energieeinsparverordnung
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FAQs	frequently asked questions
FH	Fachhochschule
Fi&Fo Blatt	Finanzierungs- und Folgekostenblatt
GEK	Gesamtkosten
GEMIS	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
HEB	Heizenergiebedarf
HH-Strom	Haushaltsstrom
HWB	Heizwärmebedarf
I&W Blatt	Investitions- und Wartungskostenblatt
IBL	Industriebetriebslehre Integration energierelevanter Aspekte in
IEAA	Architekturwettbewerben
IFZ-Graz	Interdisziplinäres Forschungszentrum Graz
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
KB	Kühlbedarf
KEA	Kumulierter Energieaufwand

KEB	Kühlenergiebedarf
KEV	Kumulierter Energieverbrauch
KWF	Kapitalwiedergewinnungsfaktor
kWh	Kilowattstunde
MS	Microsoft
NEH	Niedrigenergiehaus
NPV	net present value
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
PC	personal computer
PEB	Primärenergiebedarf
PH	Passivhaus
PHPP	Passivhaus Projektierungs Paket
TB	Toggle Button
TU-Graz	Technische Universität Graz
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
VIbg.	Vorarlberg
WofIV	Wohnflächenverordnung
z.B.	zum Beispiel

10 Anhang

Anhang 1: Änderungen der Blätter bei verschiedenen Konfigurationen.....	113
Anhang 2: Gliederung der Kosten im I&W-Blatt.....	116
Anhang 3: Gliederungsebenen des Fi&Fo-Blattes mit Beschreibungen	117
Anhang 4: Beispiel der Auswertung Kapitalwertmethode	118

Anhang 1: Änderungen der Blätter bei verschiedenen Konfigurationen

Die unten stehenden Tabellen beschreiben die Änderungen, die sich bei der Aktivierung der verschiedenen Haupt-, Unter- und Detaillierungsblöcke ergeben. Bei der Methode „Schnell- und einfach“ werden die in der Tabelle genannten Spalten eingeblendet. Alle anderen Spalten sind ausgeblendet. Bei „Detailliert“ werden die Auf- und Zuklapp-Buttons (Toggle Buttons ,TB) der angegebenen Kategorien aufgeklappt. Alles nicht in der Tabelle stehende ist dabei zugeklappt.

			Enblendung Schnell und Einfach		
Hauptblock	Unterblick	Detaillierungsblock	Änderung in Energie KW	Änderung in I&W	Änderung in FoKo
Bauwerk Technik				E5, 3H.01	
	neues Heizsystem			3C.01	
		zusätzliche Heizungssysteme	Heizung 2		Heizung 2
	neuer/unterschiedliche Wärmeträger			1C.02, 8B.02	
	Heizflächen		Warmwasser, Warmwasser 2, Hilfsstrom WW	3C.03	Warmwasser, Warmwasser 2, Hilfsstrom WW
	Warmwasser und Wärmeverteilungssysteme		Warmwasser, Warmwasser 2, Hilfsstrom WW	3C.02	Warmwasser, Warmwasser 2, Hilfsstrom WW
		Solaranlage	Hilfsstrom Solaranlage		Hilfsstrom Solaranlage
	Klimatisierung		Klimatisierung, Hilfsstrom Klimatisierung	3D.02	Klimatisierung, Hilfsstrom Klimatisierung
	Lüftung		Lüftung, Hilfsstrom Lüftung	3D.01	Lüftung, Hilfsstrom Lüftung
	Kühlung		Kühlung, Hilfsstrom Kühlung	3D.04	Kühlung, Hilfsstrom Kühlung
	Be- u./o. Entfeuchten		Befeuchten, Entfeuchten	3D.02	Befeuchten, Entfeuchten
	Eigenstromerzeugung			3F.02	
	Einspeisen				
		Strom	Stromeinspeisung		Stromeinspeisung
		Wärme	Wärmeeinspeisung		Wärmeeinspeisung
	energieeffiziente Beleuchtung		Beleuchtung	5B	Beleuchtung
	energieeffiziente Haushaltsgeräte		HH-Strom, EDV	5B	HH-Strom, EDV, 3.2
Bauwerk Hülle				E4.01, E4.02	
	Wände			E3	
	Fenster, Türen			4B02, 4C.02.01, 4C.02.02	
	Decken			E2.01, E2.02, E2.03	
	Gründung			2C.02	
	Dächer			E1.01, E1.02	
	Sonnenschutz			4C.03	
	Bodenplatte			E2.04	
	Planungsleistungen			7	
Folgekosten					3.1
	Technischer Gebäudedienst				2
	Reinigung				4.2, 4.3
	Wasser und Abwasser				3.2
	Verwaltung				1
	Sonstige				8

Tabelle 19: Änderungen bei der Konfiguration "Schnell- und Einfach"

			Enblendung Detailliert		
Hauptblock	Unterblick	Detaillierungsblock	Änderung in Energie KW	Änderung in I&W	Änderung in FoKo
Bau erk Technik				TBE5, TB3H	
	neues Heizsystem			TB3C	
		zusätzliche Heizungssysteme	Heizung 2		Heizung 2
	neuer/unterschiedliche Wärmeträger			TB1, TB8	
	Heizflächen		Warmwasser, Warmwasser 2, Hilfsstrom WW	TB3C	Warmwasser, Warmwasser 2, Hilfsstrom WW
	Warmwasser und Wärmeverteilungs-systeme		Warmwasser, Warmwasser 2, Hilfsstrom WW	TB3C	Warmwasser, Warmwasser 2, Hilfsstrom WW
		Solaranlage	Hilfsstrom Solaranlage		Hilfsstrom Solaranlage
	Klimatisierung		Klimatisierung, Hilfsstrom Klimatisierung	TB3D	Klimatisierung, Hilfsstrom Klimatisierung
	Lüftung		Lüftung, Hilfsstrom Lüftung	TB3D	Lüftung, Hilfsstrom Lüftung
	Kühlung		Kühlung, Hilfsstrom Kühlung	TB3D	Kühlung, Hilfsstrom Kühlung
	Be- u./o. Entfeuchten		Befeuchten, Entfeuchten	TB3D	Befeuchten, Entfeuchten
	Eigenstromerzeugung			TB3F	
	Einspeisen				
		Strom	Stromeinspeisung		Stromeinspeisung
		Wärme	Wärmeeinspeisung		Wärmeeinspeisung
	energieeffiziente Beleuchtung		Beleuchtung	TB5	Beleuchtung
	energieeffiziente Haushaltsgeräte		HH-Strom, EDV	TB5	HH-Strom, EDV, TBFOKO3
Bau erk Hülle				TBE4	
	Wände			TBE3	
	Fenster, Türen			TB4B, TB4C	
	Decken			TBE2	
	Gründung			TB2	
	Dächer			TBE1	
	Sonnenschutz			TB4C	
	Bodenplatte			TBE2	
	Planungsleistungen				
Folgekosten					TBFOKO3
	Technischer Gebäudedienst				TBFOKO2
	Reinigung				TBFOKO4
	Wasser und Abwasser				
	Verwaltung				TBFOKO1
	Sonstige				TBFOKO8

Tabelle 20: Änderungen bei der Konfiguration "Detailliert"

Anhang 2: Gliederung der Kosten im I&W-Blatt

Diese Gliederung ist in Anlehnung an ÖNORM B 1801-1 Baugliederung entstanden.

Energierelevante Kostengliederung im I&W-Blatt angelehnt an ÖNORM B 1801-1 Baugliederung				
Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3	Bezeichnung	Beschreibung nach ÖNORM B 1801-1
0			Grund	
1			Aufschließung	
	1C		Erschließung	
		1C.02	Versorgungsleitungen	Versorgungsanlagen und -leitungen außerhalb des Objektes bis Hausanschluss, z. B. Wasser, Gas, Strom
E			Elementgliederung	
	E1		Dächer	
		E1.01	Flachdach (2D.01, 4B.01, 4C.01)	
		E1.02	Schrägdach (2D.01, 4B.01, 4C.01)	
	E2		Decken	
		E2.01	Oberste Geschossdecke (2D.01, 4D.03)	
		E2.02	Decke gegen Außenluft unten (2D.01, 4D.03, 4C.01)	
		E2.03	Kellerdecke (2D.01, 4D.03)	
		E2.04	Bodenplatte (2C.04)	
	E3		Wände	
		E3.01	Außenwand gegen Außenluft (2E.01, 4C.01)	
		E3.02	Außenwand gegen unbeheizt (2E.01, 4D.02)	
		E3.03	Außenwand gegen Erdreich (2E.01, 4C.05)	
	E4		Minimierung Wärmebrücken und Dichtheit Außenhülle	
		E4.01	Kosten Minimierung Wärmebrücken (4C.01, 4D.02, 4D.03)	
		E4.02	Kosten Dichtheit der Außenhülle	
	E5		Bauliche Kosten Haustechnik (2C.02, 2C.03, 2G)	
2			Bauwerk-Rohbau	
	2C		Gründungen, Bodenkonstruktionen	
		2C.02	Tiefen- und Flachgründungen	Unterböden und Bodenplatten, die nicht der Fundierung dienen
3			Bauwerk-Technik	
	3C		Wärmeversorgungsanlagen	
		3C.01	Wärmeerzeugungsanlagen incl Speicher	Brennstoffversorgung, Wärmeübergabestationen, Wärmeerzeugung, zentrale Wassererwärmungsanlagen
		3C.02	Wärmeverteilnetze	Pumpen, Verteiler, Rohrleitungen für Raumheizflächen, raumlufttechnische Anlagen und sonstige Wärmeverteiler
		3C.03	Raumheizflächen	Heizkörper, Flächenheizsysteme
	3D		Klima-Lüftungsanlagen	
		3D.01	Lüftungsanlagen	Zu- und Abluftanlagen mit oder ohne thermodynamische Luftbehandlung, mechanische Entrauchungsanlagen
		3D.02	Klimaanlagen und Teilklimaanlagen	Anlagen mit zwei, drei oder vier thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen
		3D.04	Kälteanlagen	Kälteanlagen für lufttechnische Anlagen: Kälteerzeugung, Rückkühlanlagen,
	3F		Starkstromanlagen	Pumpen, Verteiler, Rohrleitungen
		3F.02	Eigenstromversorgung	Stromerzeugungsaggregate einschließlich Kühlung, Abgasanlage, Brennstoffversorgung
		3F.05	Beleuchtungsanlagen	Ortsfeste Leuchten einschließlich Leuchtmittel
	3H		Gebäudeautomation	
		3H.01	Mess-, Steuer-, Regel- und Leitungen	Anlagen mit zugehörigem Heizungs-, Lüftungs- und Sanitär Verteiler und Verkabelung
4			Bauwerk-Ausbau	
	4B	TB4B	Dachverkleidung	
		4B.02	Dachfenster/-öffnungen	Dachfenster, Ausstiege einschließlich Umrahmungen, Beschläge, Antriebe, Lüftungen, sonstige eingebaute Elemente
	4C		Fassadenhülle	
		4C.02.01	Türen (Fassadenöffnungen)	Außentüren, Tore, Fenster einschließlich Umrahmungen und eingebaute Elemente, Fassadenverglasungen
		4C.02.02	Fenster (Fassadenöffnungen)	Außentüren, Tore, Fenster einschließlich Umrahmungen und eingebaute Elemente, Fassadenverglasungen
		4C.03	Sonnenschutz	Rollläden, Markisen, Jalousien, Läden und sonstige Sonnenschutzmaßnahmen einschließlich Antriebe
5			Einrichtung	
	5B		Betriebseinrichtungen	
6			Außenanlagen	
7			Planungsleistungen	Statik, Planung technische Gebäudeausrüstung, Bauleitung, Örtliche Bauaufsicht, Fachplanungen, Gutachten, Beratungen, Architektur, Bauphysik
8			Nebenleistungen	
	8B		Baunebenleistungen	
		8B.01	Bewilligungen, Abnahmen	Prüfungen, Genehmigungen, Abnahmen, Vermessungsgebühren für Kataster
		8B.02	Anschlussgebühren	Anschlussgebühr für Abwasser, Wasser, Strom, Gas, Fernwärme, Telefon, Fernsehen und Radio, öffentlicher Verkehr
9			Reserven	

Tabelle 21: Gliederung der Investitionskosten im I&W-Blatt¹⁵⁴

¹⁵⁴ Vgl. ÖNORM B1801-1, S.15ff.

Anhang 3: Gliederungsebenen des Fi&Fo-Blattes mit Beschreibungen

Gliederungsebene		Bezeichnung	Beschreibung
1		Verwaltung	
	1.1	Verwaltung und Management	Kosten der Fremd- und Eigenleistungen für die Objekt- oder Legenschaftsverwaltung, (Kosten für die ordentliche Hausverwaltung, für die kaufmännischen und infrastrukturellen Managementleistungen)
	1.2	Gebühren, Steuern und Abgaben	Gebühren, Steuern, Abgaben und Versicherungen für Objekte, Anlagen, Einrichtungen und Grundstücke, die bestandsbedingt anfallen und nicht aus betrieblicher Nutzung (z.B. Grundsteuer, Gebrauchsabgaben)
2		Technischer Gebäudedienst	
	2.1	Technisches Gebäudemanagement	Kosten der Managementleistungen für den technischen Betrieb, die Instandhaltung und den Unterhalt von Objekten und Grundstücken - Störungs-, Wartungs-, Instandhaltungs-, Optimierungs- und Energiemanagement. Kosten für die Übernahme oder Inbetriebnahme. Kosten für Betätigen und Bedienen (Einstellen, Überwachen, Störungen beheben, Verbrauchsstoffe nachfüllen, Prüfungen veranlassen, Optimieren im laufenden Betrieb, Gewährleistungen verfolgen). Kosten für Übergabe oder Außerbetriebnahme. Kosten für Dokumentation
3		Ver- und Entsorgung	
	3.1	Energie (Wärme, Kälte, Strom)	Kosten für Energie: Wärme-, Kälte- und Stromenergie mit Berücksichtigung der eigenen Erzeugung (z.B. Photovoltaik, Solar- oder Geothermie) (z.B. Strom für Gebäudenutzung (Beleuchtung, Betrieb usw.), Strom für (den Betrieb der) Gebäudetechnik, Energie für Raum- und Lüftungswärme und Warmwasserbereitung, Energie für Kälte und Kühlung) Ausgenommen sind Energie für den Betrieb gewerblicher oder industrieller Anlagen, Prozesswärme und Abwärme
	3.2	Wasser und Abwasser	Kosten für Wasser und Abwasser (Brauch- und Trinkwasser auch aus eigenen Brunnenanlagen, ausgenommen Prozesswasser, Abwasser, auch bei eigener Entsorgung (Senkgrube, Kläranlage), ausgenommen sind Prozesswasser
4		Reinigung und Pflege	
	4.2	Fenster und Glasflächenreinigung	Kosten für Fenster- und Glasreinigung (innen und außen), einschließlich Bereitstellung von Hubbühnen und Gerüsten
	4.3	Fassadenreinigung	Kosten für Fassadenreinigung, einschließlich Bereitstellung von Befahrungen, Hubbühnen und Gerüsten
5		Sicherheit	
8		Sonstiges	

Tabelle 22: Gliederung der Folgekosten im Fi&Fo-Blatt¹⁵⁵

¹⁵⁵ Vgl. ÖNORM B 1801-2, S.7ff.

Anhang 4: Beispiel der Auswertung Kapitalwertmethode

Das Beispiel, welches zur Erklärung des Kapitalwertdiagramms verwendet wird, ist der Masterarbeit von Reinhard Warger¹⁵⁶ entnommen und an die heute gültige Wohnbauförderung in Vorarlberg angepasst. Die Eingabewerte in den Wirtschaftlichkeits-rechner sind in Tabelle 23 zusammengefasst.

Es wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für den Kauf einer 3-Zimmerwohnung durchgeführt. Eine Variante stellt die Ausführung dieser Wohnung als Niedrigenergiehaus (NEH) nach Vorarlberger Wohnbauförderung mit Förderstufe 2 und eine zweite eine Passivhausausführung (PH) nach Förderstufe 5 dar. Diese beiden Varianten werden weiter auch jeweils ohne Förderung als einzelne Varianten (NEHoFö und PHöFö) mitbetrachtet.

Der für diese Diplomarbeit konzipierte Rechner ist für eine solche Eingabe prinzipiell geeignet, jedoch existiert kein Kosteneingabefeld für das gesamte Objekt. Dem wird abgeholfen, indem die Investitionssumme für die Immobilie unter dem Punkt „0 Grund“ im I&W-Blatt eingetragen wird. In einer zukünftigen Version wird ein Eingabefeld für Gesamtinvestitionen vorhanden sein.

Allgemeine Angaben		
Betrachtungszeitraum	30	a
Kalkulationszinssatz	5,0%	/a
Inflation	3,6%	/a
Preissteigerung Fossile Brennstoffe	4,0%	/a
Preissteigerung Biomasse	3,0%	/a
Preissteigerung Strom	3,0%	/a
Sensitivität	2,0%	
Ökobilanzierungskennwerte nach:	GEMIS 4.6	
Energiebezugsfläche bei allen Varianten	75	m ²

	Niedrigenergiehaus mit Wohnbauförderung	Passivhaus mit Wohnbauförderung	Niedrigenergiehaus ohne Wohnbauförderung	Passivhaus ohne Wohnbauförderung
Förderstufe	2	5	-	-
Jährliche Betriebskosten	€ 1.575,00	€ 1.611,00	€ 1.575,00	€ 1.611,00
Jährliche Wartungskosten	€ 51,75	€ 174,75	€ 51,75	€ 174,75
Kaufpreis der Wohnung	207300	223729	207300	223729
Kaufnebenkosten (6% von Kaufpreis)	12438	13423,74	12438	13423,74
Eigenkapital	37500	37500	37500	37500
Darlehensbetrag für Wohnbauförderung	65250	86250	-	-
Darlehensbetrag für Bankkredit	116988	113402,74	182238	199652,74
Bankkreditlaufzeit	30	30	30	30
Zinssatz	5%	5%	5%	5%

Förderstufe 2			
Kreditlaufzeit von - bis [Jahre]			Zins
1	-	5	1%
6	-	10	1,5%
11	-	15	2%
16	-	20	3%
21	-	27	4%

Förderstufe 5			
Kreditlaufzeit von - bis [Jahre]			Zins
1	-	10	1%
11	-	20	2%
21	-	30	3%
31	-	35	4%
	-		

Tabelle 23: Angaben für Beispielberechnung Warger¹⁵⁷

¹⁵⁶ Vgl. WARGER, R, 2009, S.1ff.

¹⁵⁷ Vgl. WARGER, R, 2009, S.105ff.

Man kann den Ergebnissen in Abbildung 44 und Tabelle 24 entnehmen, dass sich die Förderung des Landes Vorarlberg positiv auf die Wirtschaftlichkeit der Varianten auswirkt. Jedoch reicht die Förderung nicht aus, um die Passivhausvariante (PH) wirtschaftlicher als das Niedrigenergiehaus darzustellen.

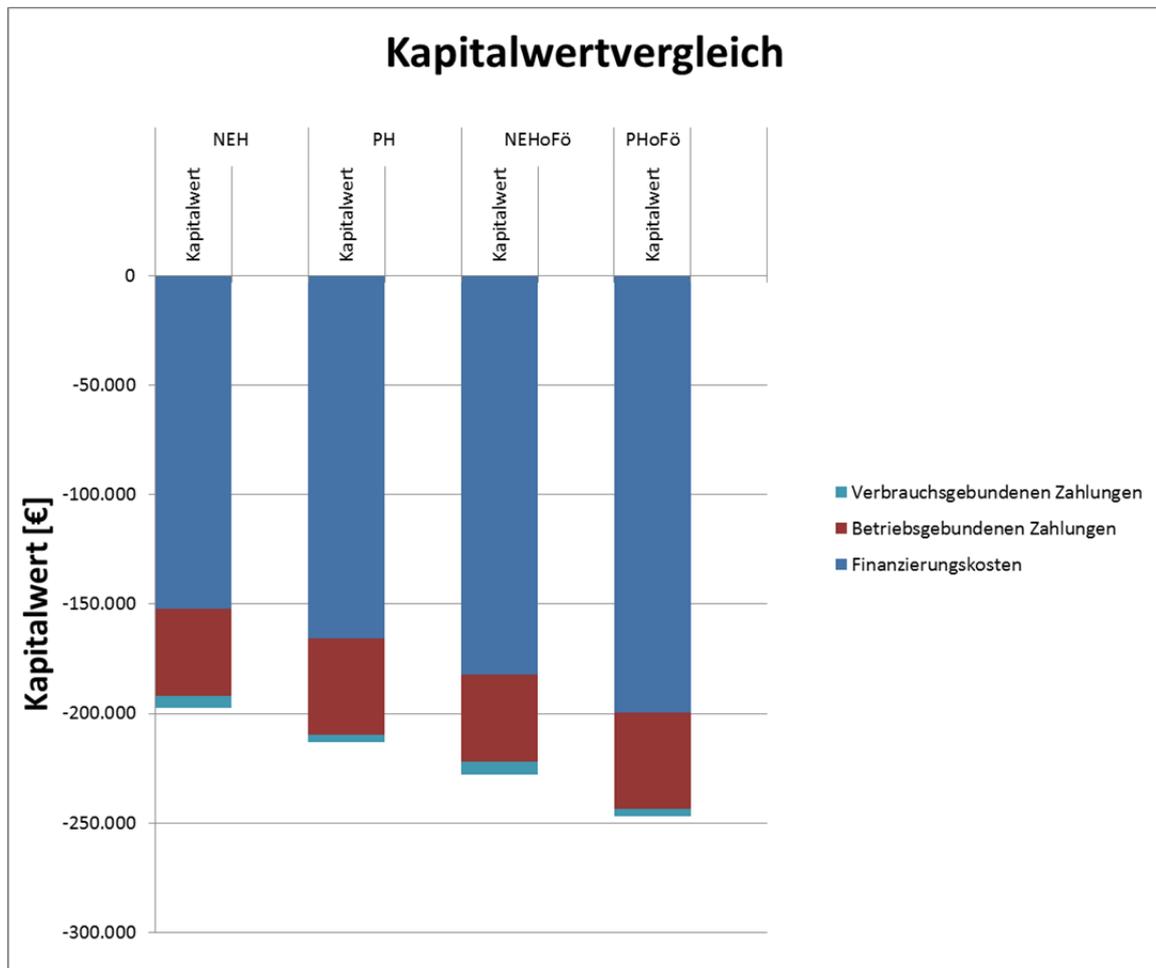


Abbildung 44: Auswertungsdiagramm "Kapitalwertmethode" am Beispiel Warger

		NEH	PH	NEHoFö	PHoFö	Variante 5
Kapitalwerte	Finanzierungskosten	-€ 152.066,89	-€ 165.764,76	-€ 182.238,00	-€ 199.652,74	€ 0,00
	Ersatzinvestition	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Restwerte	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Instandsetzungskosten	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	Betriebsgebundenen Zahlungen	-€ 39.903,53	-€ 43.803,74	-€ 39.903,53	-€ 43.803,74	€ 0,00
	Verbrauchsbundenen Zahlungen	-€ 5.649,58	-€ 3.722,05	-€ 5.649,58	-€ 3.722,05	€ 0,00
Summe		-€ 197.620,00	-€ 213.290,55	-€ 227.791,11	-€ 247.178,53	€ 0,00

Tabelle 24: Ergebnistabelle für „Kapitalwertmethode“ am Beispiel Warger