Administrativer SCHLUSSBERICHT

Aktionsplan Holz 2017-2020

Projekttitel	Immobilienwirtschaftliche Lösungsansätze zur Ausschöpfung des Potenzials des Holzbaus – Entwicklung von DCF- und LCCA-Modellen sowie Datenbanken für den Holzbau
Vertragsnummer	**16.016.PJ / R294-0984 / 3-18.07**
Vertragsdauer	**15. August 2018 – 31 Dezember 2019**
Datum Bericht	**12. Oktober 2019**
Berichtsautoren/innen	**Edwin Zea** **Isa Cakir** **Martyna Maniak** **Michael Klippel**
Projektleitung	**Edwin Zea**
Organisation	**CCRS @ University of Zurich**
Adresse	**Zähringerstrasse 24** **CH-8001 Zürich**

Inhalt

1 Kurzbeschrieb Ausgangslage, Ziele und Inhalte des Projektes ... 3
2 Projektergebnisse ... 3
2.1 Holzbau und Baukostenkatalog ... 3
2.2 Umweltkosten ... 9
2.2.1 Ermittlung des wirtschaftlichen Wertes des biogenen CO_2 ... 10
2.3 DCF und LCCA Modelle ... 13
2.3.1 Bewertung der Modelle für den Holz- und Massivbau ... 13
2.3.2 Bewertungsmethodik ... 13
2.3.3 DCF Bewertung aus Sicht des Investors ... 14
2.3.4 Ertragswert Bewertung aus Sicht des Investors ... 15
2.3.5 Lebenszykluskostenanalyse ... 15
2.4 Szenarioanalyse ... 16
2.4.1 Szenario DCF-Bewertung: Bauzeitverkürzung, höhere Mietprämie ... 16
2.4.2 Lebenszykluskostenanalyse (LCCA) ... 17
2.4.3 CO_2 Lagerung und CO_2 Bilanz ... 18
3 Konsolidierung und Integration ... 21
3.1 Fallstudie Holzgebäude ... 21
3.2 Vergleichende Fallstudie Beton und Holz ... 22
4 Kommunikation ... 23
4.1 Organization von Workshop (LIGNUM ASPECTS) ... 23
4.2 Beitrag zum Bericht “Financing the low-carbon economy transition” from the Swiss Sustainable Finance Institute ... 24
5 Zusammenfassung ... 27
6 Finanzen ... 28
7 Referenzen ... 28

1 Kurzbeschrieb Ausgangslage, Ziele und Inhalte des Projektes

Dieser Schlussbericht umfasst die durchgeführten Aktivitäten des Projektes „Immobilienwirtschaftliche Lösungsansätze zur Ausschöpfung des Potenzials des Holzbaus“. Die Aktivitäten des Projektes begannen im August 2018 mit einem Kick-off Meeting an der Universität Zürich und einer Telefonkonferenz mit den Experten Christoph Starck (Lignum) und Alfred Kammerhofer (BAFU).

Im Rahmen dieses Projektes wurden für Immobilienmarktakteure Daten und Werkzeuge erarbeitet, die es ihnen ermöglichen, Holzbauoptionen anhand einer üblichen Discounted Cash Flow (DCF) Berechnung sowie einer Lebenszykluskostenanalyse (LCCA) zu bewerten. Zudem werden im vorliegenden Bericht verschiedene Modelle vorgeschlagen, um den ökologischen und technischen Mehrwert des Holzbaus zu bewerten. Diese Ergebnisse wurden in die DCF- und LCCA-Modelle integriert. Die Ergebnisse dieses Projekts ermöglichen ein besseres Verständnis der wirtschaftlichen Dynamik rund um die Holzimmobilien in der Schweiz, um somit zukünftig dazu beizutragen den Anteil von Holzbauten auf dem Schweizer Immobilienmarkt zu erhöhen.

Abbildung 1 gibt einen Überblick der bearbeiteten Arbeitspakete (WPs) dieses Projektes.

Abbildung 1 Überblick Arbeitspakete (WP) des Projektes

2 Projektergebnisse

2.1 Holzbau und Baukostenkatalog

Die Baukostenermittlung ist ein Teil der gesamten Investitionskosten, welche für die Renditerechnung benötigt wird. Die Ermittlung dieser Kosten muss verschiedene Bauten mit unterschiedlicher Materialisierung, Grösse und Ausbau-Standards berücksichtigen, um diese anschliessend zu vergleichen.

Im Rahmen dieses Projektes wurde eine umfassende Datenbank erarbeitet mit Informationen über Anlagekosten, d.h. die Kosten des gesamten Bauwerks inkl. Grundstück und MwSt. (vgl. Tabelle 1), welche die Kategorisierung der Baukosten nach Baukostenplan zeigt. Zusätzlich wurden diverse Investoren, Bauherren, Architekten und Holzbauunternehmungen angefragt, um die Datenbank spezifisch zu erweitern.

Tabelle 1 Kosten Codierung nach Baukostenplan (BKP) [1]

			Kosten nach Hauptgruppen		
			Code		
Anlagekosten			A	Grundstück	
	Erstellungskosten		B	Vorbereitung	
		Bauwerkskosten	C	Konstruktion Gebäude	
			D	Technik Gebäude	
			E	Äussere Wandbekleidung	
			F	Bedachung Gebäude	
			G	Ausbau Gebäude	
			H	Nutzungsspez. Anlage	
			I	Umgebung Gebäude	
			J	Ausstattung Gebäude	
			V	Planungskosten (B-J)	
			W	Nebenkosten zu Erstellung	
			Y	Reserve, Teuerung (B-W)	
			Z	Mehrwertsteuer	

Eine Herausforderung im Rahmen dieses Projektes stellt die verhältnismässig geringe Anzahl an Holzbauten in der bisher zusammengestellten Datenbank dar. Dies liegt aber vor allem am relativ geringen Marktanteil von Holzbauten im Bereich Mehrfamilienhäusern (MFH). Um die Anzahl an Daten speziell für den Holzbau zu erhalten, wurden Holzbauunternehmer angefragt und die erhaltenen Daten bei der Entwicklung des Modells berücksichtigt. Diese können zwar keine Anlagekosten liefern, doch oft die Bauwerkskosten (Kosten für den Bau des Gebäudes ohne Anlagen). Die Bauwerkskosten können anschliessend mit Bauwerkskosten von Massivbauten verglichen werden. Wenn man davon ausgeht, dass die restlichen Kosten (Grundstück, Anlagen, Umgebungsarbeiten, Reserven) unabhängig von der Bauart (Holz- oder Massivbau) sind, reichen die Bauwerkskosten aus, um einen allfälligen Preisunterschied zu ermitteln.

Um die Rendite eines Projektes zu berechnen, müssen die durch die Immobilie generierten Einnahmen ermittelt werden. Dazu wurden die Mietpreise pro m^2 für Wohnungen ermittelt. Büroflächen wurden nicht berücksichtigt. Die Mietpreise wurden mittels Inserate bestimmt und auf die Fläche gemittelt. Hierzu wurde das Portal homegate.ch ausgelesen und ein Datensatz von über 11‘000 Wohnungen erstellt. Die Erhebung der Mieten erfolgte nach Kanton und Region. Aktuell existieren bereits Erfassungen der Mieteinnahmen nach Regionen, wie in Abbildung 2 ersichtlich ist:

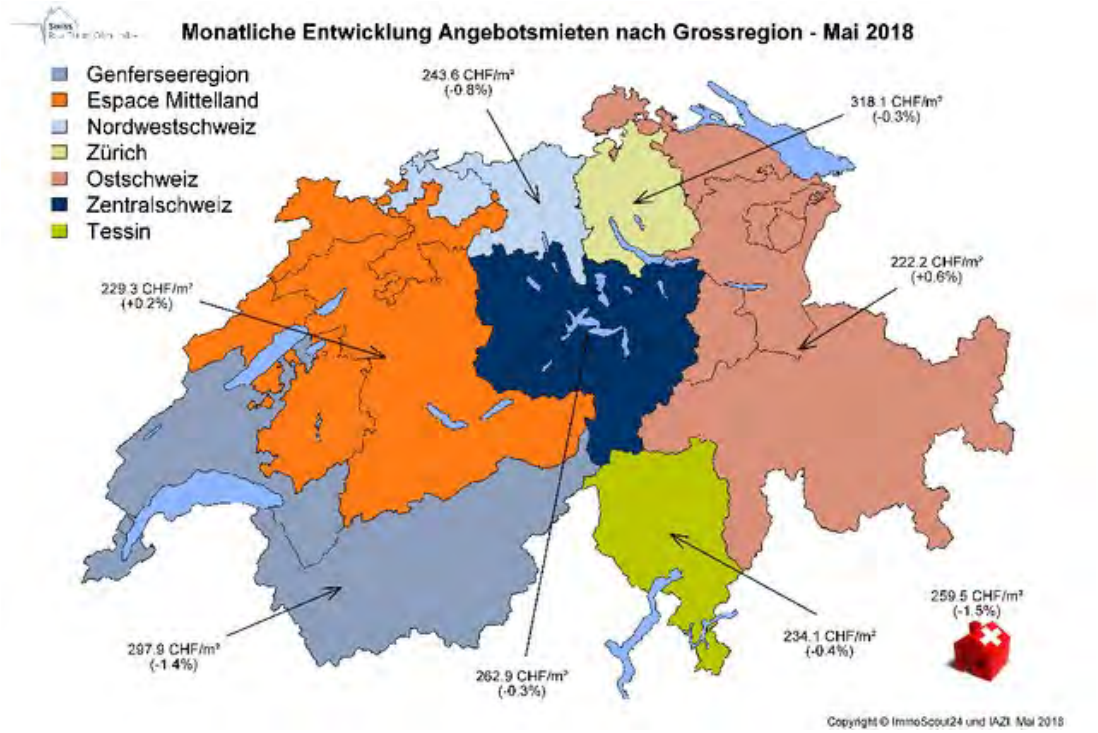

Abbildung 2 Monatliche Entwicklung Angebotsmieten in der Schweiz [2]

Ein grosses Problem dieser Regionalisierung ist, dass teils markante Mietunterschiede nicht berücksichtigt werden. Hierzu möchten wir die folgenden Beispiele nennen:

- Die Genfersee Region umfasst die Region um den See und auch das Wallis. Die Mietpreise im Vallis liegen aber markant tiefer als z.B. in der Stadt Genf.
- Die Zentralschweiz weist ebenfalls grosse Unterschiede bei den Mieteinnahmen auf; trotzdem ist die Region als eine zusammengefasst mit denselben Mieteinnahmen.
- Im Kanton Zürich liegen die Mietpreise in der Stadt und in Seenähe deutlich über dem Durchschnitt des Kantons.

Aus den genannten Gründen wurden die Regionen etwas verfeinert, indem folgende Kriterien berücksichtig wurden:

- Städte mit hohen Mieterträgern (Genf, Zürich, Lausanne, Basel) wurden separat erfasst
- Steuergünstige Kantone wurden ebenfalls separat erfasst (AI, ZG, NW)

Die Daten wurden aus diesem Grund nochmals nach Kantonen erfasst. Es resultieren dadurch folgende Mieten für die Kantone sowie die Stadt Zürich:

Tabelle 2. Durchschnittlicher Mietpreis pro Quadratmeter pro Kanton

Kanton	Monatsmiete CHF/m²	Jahresmiete CHF/m²
Aargau	17	203
Appenzell Ausserrhoden	15	178
Appenzell Innerrhoden	9	112
Basel Land	19	225
Basel Stadt	21	257
Bern	17	198
Fribourg	17	201
Genf	32	387
Glarus	13	159
Graubünden	18	210
Jura	11	134
Luzern	19	232
Neuchatel	14	166
Nidwalden	18	218
Obwalden	17	205
Schaffhausen	15	177
Schwyz	20	241
Solothurn	15	182
St.Gallen	16	191
Stadt Zürich	32	384
Tessin	16	191
Thurgau	16	190
Uri	16	187
Waadt	21	251
Wallis	16	191
Zug	26	313
Zürich	20	242

Die jährlichen Mietpreise in CHF/m² sind in Abbildung 3 grafisch dargestellt.

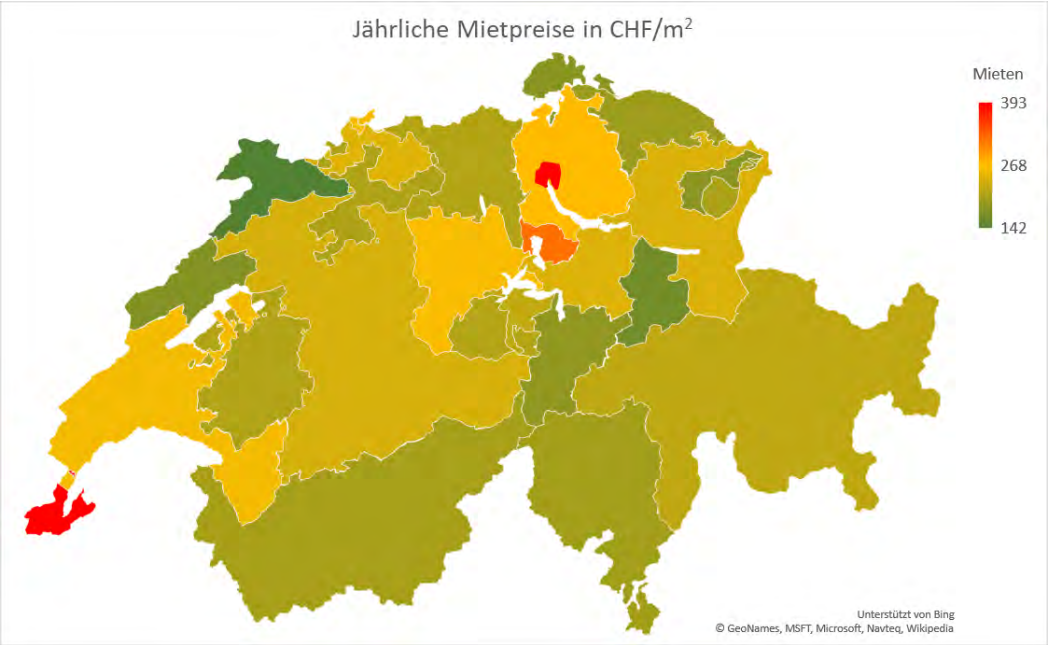

Abbildung 3 Jährliche mittlere Mietpreise für Wohnungen in der Schweiz (Stand Anfang 2019).

Neben den Daten für den Holzbau wurden für weitere 260 Objekte aus der Economic Sustainability Plattform (ESIweb) von CCRS Daten zu Mieteinnahmen, Instandhaltungskosten und Ausgaben erhoben. Im Rahmen des Projektes zeigte sich, dass die Datenermittlung für Holzbauten eine grosse Herausforderung darstellt. Holzbauunternehmen waren sehr interesseiert an diesem Projekt, aber die Bereitstellung von Daten erschien eine grosse Hürde darzustellen. Hinzu kommt, dass für Holzbauten noch eine relativ geringe Anzahl an Daten in der Schweiz zur Verfügung steht.

Im Rahmen dieses Projektes wurden die Mieteinnahmen für Holzbauten und konventionellen Massivbauten aus Beton verglichen. Um zu überprüfen, ob bei Holzbauten höhere Mieteinnahmen erzielt werden können, wurden angebotene Wohnungen eines Holzbaus mit denen im gleichen Ort sowie Quartier verglichen. Als Beispiel wurde hierzu die Wohnüberbauung Sue & Til in Winterthur und deren Umgebung exemplarisch bewertet.
Die Wohnüberbauung „Sue & Til“ ist derzeit die grösste Überbauung in Holzbauweise in der Schweiz. Die Gebäude wurden nach Minergie-Standard gebaut und genügen den Prinzipien der 2000-Watt-Gesellschaft.
Das Gebäude wurde bis und mit Erdgeschoss in Massivbauweise erstellt. Ab dem 1.OG wurde das Gebäude in Holzbauweise erstelle. Die Treppenhäuser und die Liftschächte sind aus Stahlbeton.

Für die Überbauung standen am 21.11.2018 (Tag der Datenerhebung) 76 Wohneinheiten zur Verfügung. Die Wohneinheiten reichen von 2.5 – 5.5 Zimmer, die Mietpreise auf der Projekt-Homepage konnten nur als Bruttomieten (inkl. Nebenkosten) ermittelt werden. Die Kosten pro m^2 Wohnfläche belaufen sich pro Jahr im Schnitt auf 284 CHF, wobei der Variationskoeffizient bei 10% liegt.
Dieser Wert wurde mit Daten auf dem freien Wohnungsmarkt verglichen. Dabei wurden sämtliche Inserate in der Stadt Winterthur, welche am 21.11.2018 auf comparis.ch aufgeschaltet waren, untersucht. Es wurden nur Inserate berücksichtigt, die Wohnungen mit ähnlichem Standard anboten.

Namentlich wurden Altbauten oder Wohnungen, die länger nicht saniert wurden ausgeschlossen. Es wurde darauf geachtet, dass:

- Küchen und Bäder neu oder neuwertig sind
- Bodenheizung vorhanden ist (niedriger Energieverbrauch)
- Gebäude neu oder neuwertig sind oder kürzlich umfangreich saniert wurden

Die ermittelten Mieten belaufen sich im Schnitt auf 287 CHF pro m^2 und Jahr für die gesamte Stadt Winterthur. Betrachtet man nur die Wohnungen, welche im Gebiet mit der gleichen Postleitzahl von Sue & Til liegen, so liegt dieser Wert bei 271 CHF pro m^2 und Jahr.

Tabelle 2 Überblick Mietpreise in Winterthur und Sue & Til

	Sue & Til	**Winterthur**	**8404 Winterthur**
Miete CHF/m^2/a	284	287	271
Standardabweichung	10%	14%	13%
Anzahl Inserate	76	88	17

Aufgrund der hier gezeigten Datenanalyse muss darauf geschlossen werden, dass aktuell für Holzbauten kein höherer Mietzins erzielt werden kann als für konventionelle Bauten in Massivbauweise.

2.2 Umweltkosten

Die Ökobilanzmodelle wurden nach der Methodik ISO 14040 [3] entwickelt. Die Modelle wurden mit der Software OpenLCA [4] und der Datenbank EcoInvent v3.1 [5] entwickelt und berücksichtigen auch mögliche Transportdistanzen von Baustoffen. Die Umweltbelastung (CO_2eq) wurden mit der LCA-Methode IPCC 2013 [6] berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Emissionen aus dem Holzbau um 34% geringer sind als die des untersuchten Gebäudes in konventioneller Massivbauweise (siehe Abbildung 4). Zudem zeigt die Beispielrechnung, dass der Beitrag aus der Holzverarbeitung und dem Transport von Holz niedriger als das im Holz gebundene biogene CO_2 sind. Dies zeigt, dass der Holzbau als CO_2-Speicher betrachtet werden kann. Die vermiedenen Emissionen aus Energiegewinn am Ende der Lebensdauer wurden in den Berechnungen noch nicht berücksichtigt, da diese Emissionen weder die DCF noch die Lebenszykluskosten beeinflussen. Hinzu kommt, dass die gesamte Prozesskette der Holzprodukte-Herstellung mit erneuerbaren Energien realisiert werden kann, wie dies teilweise bei vielen Holzbetrieben bereits der Fall ist. Zudem sollte verwöhnt werden, dass durch Holzbauten, gerade wenn in die Höhe gebaut wird, viel Beton und Stahl für das Fundament eingespart werden kann, was zudem zu einer schnelleren Bauweise führt [8].

In diesem Kontext sollte ebenfalls erwähnt werden, dass Informationen zu einer möglichen CO_2-Steuer und zur Bewertung von biogenem CO_2 für die Schweiz gesammelt wurden. Aktuelle Diskussionen zur Reduktion von CO_2 Emissionen handeln eher von einer „Bestrafung" durch zusätzliche Steuern und gehen weniger darum das Speichern von CO_2 im Gebäude zu belohnen. Es liegt auf der Hand, dass diese beiden Konzepte vermutlich zu unterschiedlichen Effekten in der Wirtschaftlichkeitsanalyse der DCF Analyse resultieren.

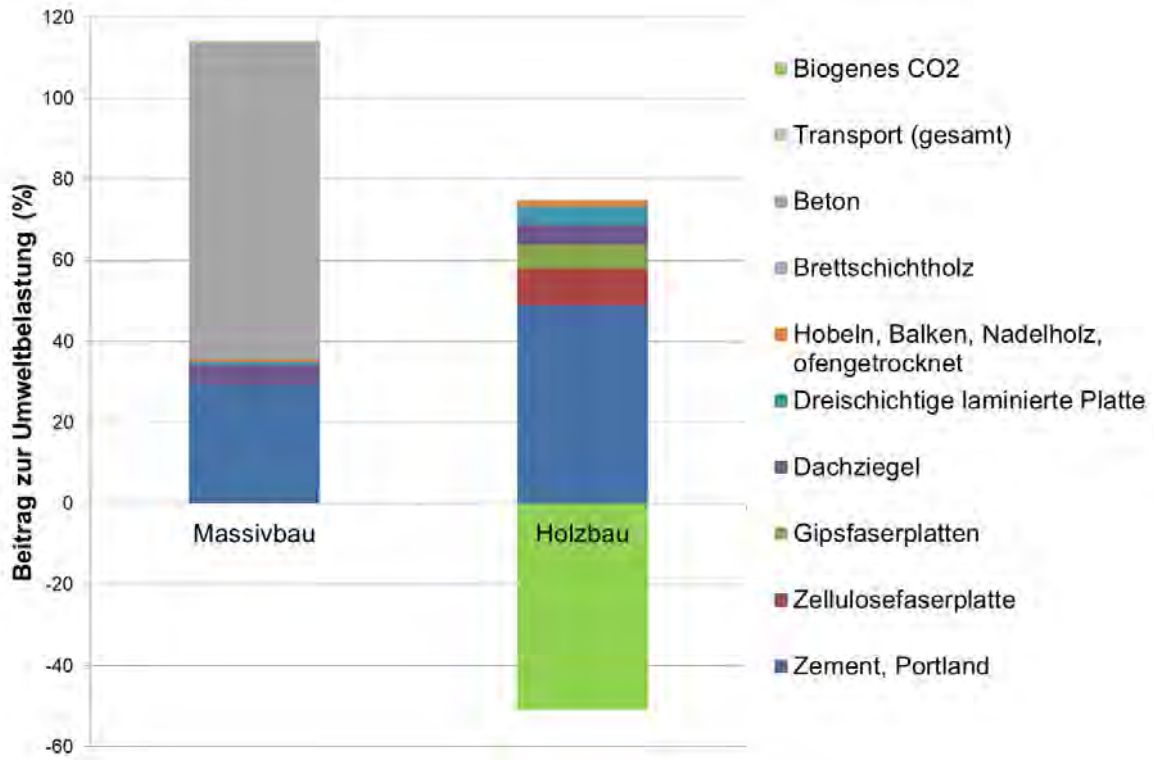

Abbildung 4 Beitrag von Massiv- und Holzbauten zur Umweltbelastung (%)

2.2.1 Ermittlung des wirtschaftlichen Wertes des biogenen CO_2

In diesem Abschnitt untersuchen wir mögliche wirtschaftliche Werte, die für die Speicherung von CO_2 in Holzgebäuden gegeben sein könnten. In einem ersten Schritt haben wir die Richtlinien auf internationaler Ebene überprüft.

Finnland, Schweden und Norwegen haben ähnliche Strategien eingeführt, um die Verwendung von Holz in ihrem Bausektor zu fördern. Die Unterschiede zwischen ihren Programmen ergeben sich hauptsächlich aus unterschiedlichen Schwerpunkten zwischen Forschung und Entwicklung und der Förderung der Holznutzung. Es gibt jedoch sichtbare Unstimmigkeiten bei den Auswirkungen der durchgeführten Maßnahmen. Während es Finnland gelungen ist, den Anteil von Holz in einigen Gebäudekategorien zu erhöhen, ist im Falle Norwegens der gegenteilige Trend zu beobachten. Trotz verschiedener Ergebnisse änderten die untersuchten Länder ihre ursprünglichen Ansätze und setzten ergänzend umfassendere Pläne zur Unterstützung der Entwicklung der Bioökonomie um, bei denen die Bauindustrie eine besondere Rolle spielt:

Finnland: Die derzeitige Umweltverordnung in Finnland konzentriert sich nur auf die Betriebsenergie. Der gesamte Lebenszyklusansatz ist nicht in bauaufsichtlichen Vorschriften umgesetzt. Herr Heino, Programmleiter im Ministerium für Umwelt, Abteilung für gebaute Umwelt, prognostiziert den stärkeren regulatorischen Druck ab 2025, wenn eine Begrenzung der CO_2-Emissionen aus Wohngebäuden möglich wäre. Derzeit plant die Regierung jedoch nicht das Steuersystem zu nutzen, um das Verhalten der Marktteilnehmer zu steuern.

Die finnische Regierung hat zwei Programme zur Förderung der Verwendung von Holz als Baumaterial durchgeführt:

(1) Nationales Holzbauprogramm 2011-2015: Ministerium für Arbeit und Wirtschaft:
Dank der Aktion dieses Programms entschied das Oberste Verwaltungsgericht von Finnland im Jahr 2015, dass die Stadt das Recht hat, die Umweltstandards, die die Verwendung bestimmter Materialien vorsehen, in ihre Stadtplanung aufzunehmen. Die Entscheidung des Gerichts gab den Gemeinden das Recht, Zonen für Holzgebäude zu unterteilen, auch wenn dadurch ein Vorteil eines Baustoffs gegenüber dem anderen geschaffen wurde. Derzeit gibt es weitere Gebiete (in Myllypuro, Kuninkaantammi und Honkasuo), in denen bereits in der städtebaulichen Phase Holz als verbindlicher Baustoff eingesetzt wurde. Dies war auch das Ergebnis der Strategie dieser Städte für den Zeitraum 2013-2016, in der die Förderung von Holzwerkstoffen in Wohnprojekten als strategisches Ziel festgelegt wurde.

(2) Holzbauprogramm 2016-2021: Ministerium für Umwelt; Kosten: 2,5 Mio. EUR; 50 Projekte jährlich:
Die nationale Regierung gewährt Zuschüsse für kommunal finanzierte Holzbauprojekte, z.B. Wohnbebauung, Richtlinien für innovative Planungs- und Entwicklungsmodelle, Zusammenarbeit mit Bauträgern und Kundenorganisationen. Die wesentlichen Auswirkungen auf die Entwicklungen in der Branche können darüber hinaus aus der Tatsache resultieren, dass die städtischen Gebiete größtenteils im Besitz der Öffentlichkeit sind. Im Falle der Stadt Helsinki sind es ungefähr 65% des

Verwaltungsgebiets. Dies schafft viel Raum für eine breite Anwendung nachhaltiger Materialien. Städte haben zwei Hauptinstrumente, um den Holzbau zu unterstützen und gleichzeitig die Stadtentwicklung zu steuern: (i) Stadtplanungsprozesse und (ii) Landzuteilungsprozesse.

Schweden: In Schweden wurden zwei Projekte zur Förderung der Verwendung von Holz als Baumaterial durchgeführt:

(1) Zukünftiges biobasiertes Bauen und Wohnen 2015 – 2018; Kosten 56,4 MSEK (5,2 Mio. EUR)

(2) Programm für Kreislauf- und Bioökonomie 2016 – 2020

Ziel dieser Projekte ist es, die Voraussetzungen für eine verstärkte Nutzung von biobasierten Produkten und Dienstleistungen zu schaffen, die vor allem im Bausektor in Schweden und Europa eingesetzt werden, und die Wettbewerbsfähigkeit der schwedischen holzverarbeitenden Industrie zu steigern. Eines der wichtigsten Ziele des Projekts ist es, die Umsetzung der Forschungsergebnisse zu erreichen, die in realen Produkten / Prozessen in der Industrie entstanden sind. Die spezifischen Ziele des Projekts werden wie folgt beschrieben:

(i) Neue Geschäftslösungen für die Tischlerindustrie zur Steigerung des Kundennutzens biobasierter Produkte.
(ii) Optimierung der Beschaffung und Produktion mehrstöckiger Gebäude mit einem Rahmen aus biobasierten Produkten, die neuen Anforderungen an Energieeffizienz und Nachhaltigkeit gerecht werden.
(iii) Entwicklung effizienterer Böden und schlankerer Wände / Klimaschalen für Neubau und Renovierung, die den neuen Energiebedarf ab 2021 erfüllen.
(iv) Verfahren zur Vermessung und Herstellung von biobasierten Produkten zur Sanierung des bestehenden Immobilienportfolios.

Norwegen: In Norwegen existieren bisher zwei Programme zur gezielten Förderung der Verwendung von Holz als Baumaterial:
(1) Holzbasiertes Innovationsprogramm 2006-2016; Ministerium für Landwirtschaft und Ernährung; Kosten: 347 Mio. NOK, 751 Projekte (445 verschiedene Teilnehmer)

(2) Neues Bioökonomie-Programm 2017-2025

Das holzbasierte Innovationsprogramm umfasste Mobilisierungsprojekte in den drei Schwerpunktbereichen:
• Landwirtschaftliche Gebäude aus Holz 2009-2012
• Baum und Transport 2011-2015
• Baum in der Stadt 2013-2016

Landwirtschaftliche Gebäude sind größtenteils als Systemlösungsgebäude aus Stahl konzipiert. Schätzungen zufolge werden bis 2024 etwa 20 Milliarden NOK (ca. CHF 2 Milliarden) in die neuen landwirtschaftlichen Gebäude investiert (ungefähr 100-120 Gebäude pro Jahr). Im Rahmen des Projekts wurden 15 Pilotgebäude aus Holz gebaut und der Fokus der Zulieferer erfolgreich in Richtung Holz verlagert. Einige Zulieferer von Stahlgebäuden begannen Lösungen für Holz anzubieten. Darüber hinaus konnte das Projekt nachweisen, dass die Holzgebäude zu einer besseren Tiergesundheit beitragen und zur Steigerung der Produktivität beitragen.

Holz- und Verkehrsprojekte konzentrierten sich darauf Erfahrungen im Verkehrsinfrastrukturprojekt wie dem Bau von Flughäfen und Brücken zu sammeln.

Im Rahmen des Projekts „Three in the City“ wurde eine Machbarkeitsstudie für Holzhochhäuser durchgeführt. Das Projekt unterstützte auch die Entwicklung und Dokumentation neuer gebäudetechnischer Lösungen sowie die Entwicklung eines Holzversuchsgebäudes für Kindergärten und Studentenhäuser.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse der durchgeführten Analyse zeigen, dass es auch in anderen Ländern Europas keinen Konsens über das zur Speicherung von CO_2 zugeordnete Preisniveau gibt. Hinzu kommt, dass wir aktuell keine Programme identifizieren konnten, die die Speicherung von CO_2 in Holzgebäuden wirtschaftlich oder anderweitig unterstützen. Für unsere Berechnungen haben wir jedoch verschiedene Werte verwendet, die im Rahmen von **CO_2-Abgabeprogrammen auf Brennstoffe** in der Schweiz verwendet wurden. Die Idee hinter dieser Entscheidung ist, dass eine CO_2-Kompensation aus einer Quelle stammen sollte, die mit Zahlungen von CO_2-Emittenten zusammenhängt. Wir können mit diesem Ansatz Werte verwenden, die in der Realität verwendet wurden, und somit den Ergebnissen eine prospektive Gültigkeit verleihen. Aufgrund der Unsicherheit dieser Art von Massnahmen schlagen wir drei Niveaus für den wirtschaftlichen Wert der Speicherung von CO_2 vor: (i) Mindestwert von 12 CHF / tCO2eq.a, (ii) aktueller Wert von 96 CHF / tCO2eq.a und (iii) Maximalwert nach BAFU von 120 CHF / tCO2eq.a [7]. Diese Werte wurden in der Szenarioanalyse verwendet.

2.3 DCF und LCCA Modelle

2.3.1 Bewertung der Modelle für den Holz- und Massivbau

Grundsätzlich wurden im Rahmen dieses Projektes die folgenden drei Bewertungsmethoden berücksichtigt:

(i) Discounted-Cash-Flow Methode (DCF)

(ii) Ertragswert Methode (EW)

(iii) Lebenszykluskostenanalyse (LCCA)

Aus Investorensicht sollten all diese Methoden den „marktnahen“ Wert der gesamten Investition liefern. Da der Holzbaumarkt in der heutigen Form ein relativ junger Markt ist, ist es schwierig aus den üblichen Datenquellen und Publikationen aussagekräftige Informationen zu erhalten, die für eine adäquate Bewertung notwendig wären. Daher wurden die Informationen und Daten aus durchgeführten Umfragen erhalten und eine Parametrisierung hergeleitet.

2.3.2 Bewertungsmethodik

Investoren sind typischerweise am ökonomischen Wert eines Objektes interessiert. Dabei wird grundsätzlich zwischen (1) dem Wert des Objektes aus „individueller“ Sicht und (2) dem Wert des Objektes aus „Marktsicht“ unterschieden. Der Objektwert aus Marktsicht geht von einer Grundgesamtheit der Individuen aus, so dass die individuellen Gegebenheiten des Objektes verhältnismässig vernachlässigt werden können. Hieraus ergibt sich ein Proxy des Nachfrageprofils pro Zeitpunkt, der für jeden angebotenen Preis das Volumen der interessierten Käufer darstellt.

Der Wert aus individueller Sicht hängt von den spezifischen Gegebenheiten des Investors ab. Diese sind beispielweise der individuelle Plan, die individuellen Fähigkeiten, Quellen und Zugänge, Synergiemöglichkeiten etc. Hinzu kommt die individuelle Einschätzung des Investors als idiosynkratrischer (Gesamtheit persönlicher Eigenheiten) und systematischer Treiber. Da bei jeder Bewertung von Objekten systematische exogene Treiber eine wichtige Rolle spielen, ist eine reine individuelle Sicht in der Regel nicht realistisch. Es muss darauf hingewiesen werden, dass ein Investor bestimmte Benchmarks oder Parameter je nach Erhältlichkeit mit individuellen Gegebenheiten anpassen kann.

Die Angebotsseite wird durch Bauherren und Besitzer des bestehenden Objektes abgebildet, die aus ähnlichen Überlegungen ihre Wertvorstellungen von dem Objekt haben. Hieraus resultiert ein Angebotsprofil pro Zeitpunkt.

Aus der beschriebenen Nachfrage- und Angebotsseite ergeben sich Grundgesamtheiten, die zu Transaktionspreisen pro Zeitpunkt resultieren. Diese können wiederum je nach Vorzeichen des Mismatches am folgenden Zeitpunkt durch den Marktmechanismus nach oben oder nach unten korrigiert werden. Dieser Mismatch bzw. diese Lücke schliesst sich bei Gütern mit grösseren Grundgesamtheiten der Anbieter und Nachfragenden schneller, da hier ein grösseres Tauschvolumen vorliegt und damit eine grössere Anzahl von Testern sowie eine grössere Trefferquote von Anbietern und Nachfragenden. Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass in liquiden Märkten die Transaktionspreise kleinere Abweichungen vom Gleichgewicht aufweisen.

In Immobilienmärkten hingegen ist die Einigung auf einen Preis weniger effizient, da ein langfristiges Planen und individuelle Gegebenheiten wichtige Rollen spielen. Dies stellt die Repräsentativität einer

reinen hedonischen Methode basierend auf beobachtete Transaktionspreise für eine differenzierte Bewertung in Frage. Dies obwohl sie für Validierungszwecke nützlich sein könnte. Hinzu kommt, dass die Aussagekraft bei einer Änderung der makroökonomischen Faktoren umstritten ist, da bei der klassischen reinen hedonischen Methode die Abhängigkeit der Immobilienpreise von makroökonomischen Faktoren wie Zinsen, Bruttoinlandsprodukt, Arbeitslosigkeit, Inflation etc. nicht explizit berücksichtigt wird. Im vorliegenden Projekt wird aus diesem Grund die Bewertung aus ökonomischer Sicht mit Arbitrage-Überlegungen durchgeführt und individuelle Investmentpläne werden zugelassen. Für diesen Zweck bietet sich die DCF-Methode als ein flexibles Modell-Framework an, welches ausbaufähig ist und die Marktpraxis reflektiert. Daher wird sich im Folgenden auf die DCF-Bewertung beschränkt und die EW-Bewertungsmethode und Transaktionspreise für Validierungszwecke verwendet.

2.3.3 DCF Bewertung aus Sicht des Investors

Die DCF-Bewertung zum Bewertungszeitpunkt (Valuation Date) wird durch folgende Formel durchgeführt:

$$DCF\,Wert_0 = \sum_{k=1}^{n} \frac{x}{(1+i)^k} + \frac{1}{(1+i)^{n+1}} Wert_{n+1} \qquad (1)$$

Wobei:

$DCF\,Wert_0$	Marktnaher Wert des Objektes am Bewertungszeitpunkt gemäss DCF-Bewertung
x	Periodische Nettoeinnahmen (Cashflow). Dieser Wert setzt sich zusammen aus Mieteinnahmen abzüglich der Betriebskosten, Instandhaltungskosten, Instandsetzungskosten, erwarteter Leerstand, etc.
n	Angedachter Liquidierungszeitpunkt des Objektes. Marktüblicher Wert liegt zwischen 10 und 20 Jahre
i	Abdiskontierungszins: Dieser setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen: Risikofreier Zins, Preis des Liquiditätsrisikos, Preis des Leerstandrisikos
$Wert_{n+1}$	Erwarteter „Marktwert“ zur Zeit n+1.

Der Abdiskontierungszins *i* setzt sich wiederum aus folgenden Komponenten zusammen:

$$i = \alpha_1 + \alpha_2 + r$$

- Risikofreier Zins r: Orientiert sich nach Bundesobligationen
- Preis des Illiquiditätsrisikos α_1: Hierzu soll von obigen Denkmodell für die Bestimmung von n ausgegangen werden sowie von einer konservativen Wartezeit w für die Liquidierung des Objektes zu dem gewünschten Preis $Wert_{n+1}$ und Darlehenszins (= Terminzins plus marktüblicher Zuschlag für den Hypothekarzins oder direkt durch Interpolieren des beobachtbaren Hypothekarterminzins für den Kreditbetrag B und die Dauer w). Dieser Zinszuschlag wird so bestimmt, dass dieser äquivalent zu den genannten Kreditzinsenausgaben im obigen Modell ist.

– Der Preis des Leerstandrisikos α_2 wird durch die Multiplikation der Volatilität der Mieteinnahmen mit dem Risikomarktpreis berechnet. Wenn davon ausgegangen werden kann, dass Instandhaltungsprozesse die erwarteten Qualitätsstandards des Objektes sicherstellen, kann der Parameter $Wert_{n+1}$ gleich dem marktnahen Wert zum Zeitpunkt $t = 0$ gesetzt werden. Bei einer höheren bzw. tieferen Wahl des Parameters $Wert_{n+1}$ müsste die Dauer w entsprechend höher bzw. tiefer gesetzt werden.

2.3.4 Ertragswert Bewertung aus Sicht des Investors

Die Bewertung mit dem Ertragswert ist eine spezielle DCF-Bewertung. Wenn Formel (1) der DCF-Bewertung mit $n = \infty$ ausgewertet wird, ergibt sich folgende Formel:

$$EWert_0 = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{x}{(1+i)^k} = \frac{x}{i} \qquad (2)$$

Wobei:

$EWert_0$	Marktnaher Wert des Objektes gemäss Ertragswertbewertung
x	Periodische Nettoeinnahmen (Cashflow). Dieser Wert setzt sich zusammen aus Mieteinnahmen abzüglich der Betriebskosten, Instandhaltungskosten, Instandsetzungskosten, erwarteter Leerstand, etc.
i	Abdiskontierungszins. Dieser setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen: Risikofreier Zins, Preis des Liquiditätsrisikos, Preis des Leerstandrisikos

Der Nachteil dieses Modells ist, dass es keine beobachtbaren Marktinstrumente gibt, die einen gültigen Abdiskontierungsfaktor und einen Nettoertrag für alle Zeiten rechtfertigen könnte. Zur Plausibilisierung und als Benchmark erweist sich die Ertragswert-Bewertung aber als durchaus nützlich.

2.3.5 Lebenszykluskostenanalyse

Die Lebenszykluskostenanalyse (Life-Cycle Cost Assessment, LCCA) ist ein Instrument, um die kosteneffektivste Option unter verschiedenen konkurrierenden Alternativen zu ermitteln, zu kaufen, zu besitzen, zu betreiben, zu warten und schliesslich über ein Objekt oder einen Prozess zu verfügen. Alle Kosten werden normalerweise abgezinst und summieren sich auf einen heutigen Wert, der als Barwert (Net present value, NPV) bezeichnet wird. Der marktnahe Wert des Objektes zum Bewertungszeitpunkt kann gemäss LCCA Bewertung wie folgt berechnet werden:

$$LCCA_n = \sum_{k=1}^{n} Wert_{n0} - (x * n) \qquad (3)$$

Wobei:

$LCCA_n$	Marktnaher Wert des Objektes zum Bewertungszeitpunkt gemäss LCCA Bewertung
x	Periodische Nettoeinnahmen (Cashflow). Dieser Wert setzt sich zusammen aus Mieteinnahmen abzüglich der Betriebskosten, Instandhaltungskosten, Instandsetzungskosten, erwarteter Leerstand, etc.
n	Angedachter Liquidierungszeitpunkt des Objektes. Marktübliche Werte 10, 30 und 60

Jahre

$Wert_{n_0}$ Marktwert zum Zeitpunkt n0 oder Erstinvestition

Im Rahmen dieses Projektes wurden die grundlegenden DCF-Modelle für den konventionellen Massivbau und den Holzbau entwickelt. Diese Modelle berücksichtigen die wichtigsten Faktoren der Anlage (Mieteinnahmen, Instandhaltungskosten, Ausgaben). Diese Modelle wurden dabei zunächst mit den in Arbeitspaket WP1 gesammelten Daten für den Massivbau getestet. Anschliessend wurden spezifische Faktoren des Holzbaus in die Modelle integriert, um z.B. den üblicherweise vorhandenen schnelleren Baufortschritt, die Lagerung von biogenem CO_2, die höheren Bauinvestitionen für den Holzbau und mögliche höhere Mieteinnahmen durch die Verwendung von Holz (WP2) zu berücksichtigen.

2.4 Szenarioanalyse

Um die in diesem Abschnitt vorgestellten Szenarien zu entwickeln, haben wir eine prospektive Szenarioanalyse verwendet. Mit diesem Ansatz können wir Szenarien entwickeln, die von den verfügbaren Daten und Kenntnissen abweichen und mögliche zukünftige Entwicklungen definieren. Für jedes Szenario wurde ein DCF-Modell entwickelt, das von dem in Abschnitt 2.3.3 dargestellten Basismodell abweicht. Für jedes Szenario wurden zusätzliche Cashflows berechnet und in die Berechnung integriert, wie in der folgenden Formel dargestellt:

$$DCF\ Wert_0 = \sum_{k=1}^{n} \frac{x+m}{(1+i)^k} + \frac{1}{(1+i)^{n+1}} Wert_{n+1} \quad (4)$$

Wobei:

$DCF\ Wert_0$	Marktnaher Wert des Objektes zum Bewertungszeitpunkt gemäss DCF-Bewertung
x	Periodische Nettoeinnahmen (Cashflow). Dieser Wert setzt sich zusammen aus Mieteinnahmen abzüglich der Betriebskosten, Instandhaltungskosten, Instandsetzungskosten, erwarteter Leerstand, etc.
m	zusätzlicher Cashflow durch (i) Bauzeitverkürzung, (ii) höhere Mietprämien, oder (iii) CO_2 Lagerung
n	Angedachter Liquidierungszeitpunkt des Objektes. Marktüblicher Wert liegt zwischen 10 und 20 Jahre
i	Abdiskontierungszins. Dieser setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen: Risikofreier Zins, Preis des Liquiditätsrisikos, Preis des Leerstandrisikos
$Wert_{n+1}$	Erwarteter „Marktwert“ zum Zeitpunkt n+1.

2.4.1 Szenario DCF-Bewertung: Bauzeitverkürzung, höhere Mietprämie

Für diesen Abschnitt wurden acht Szenarien entwickelt, (i) ein Basisszenario, welches den aktuellen DCF schätzt (Referenz), (ii) vier Szenarien unter Berücksichtigung der früheren Lieferung der Gebäude (1, 3, 6 und 9 Monate) und (iii) drei Szenarien unter Berücksichtigung von drei Ebenen der (höherer) Mietprämien (1, 3 und 5%). Für jedes Szenario wurden die zusätzlichen Cashflows berechnet und auf das DCF-Modell addiert. Diese Modelle wurden verwendet, um den DCF von mehr als 11‘000 Objekten aus der Datenbank (Abschnitt 2.1) zu berechnen. Diese Ergebnisse wurden pro Szenario zusammengefasst und sind in Abbildung 5 dargestellt

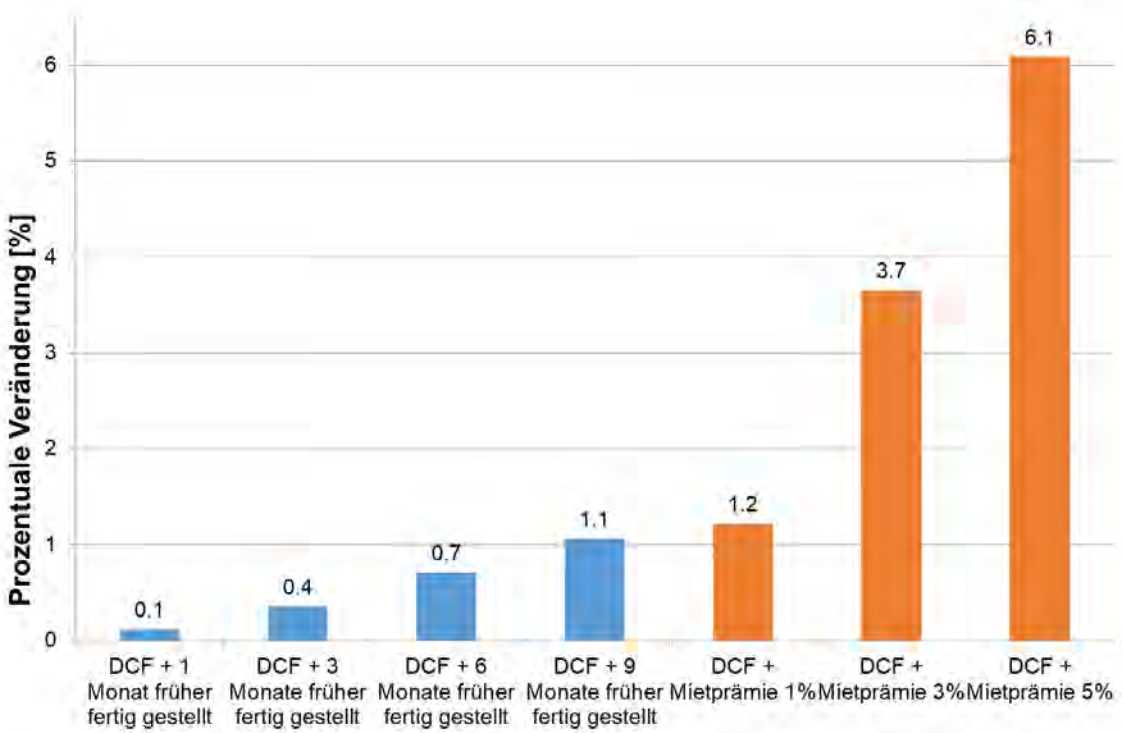

Abbildung 5 Prozentuale Veränderung des DCF in Bezug auf das Referenzszenario (konventionelle Massivbauweise)

In Abbildung 5 ist die prozentuale Veränderung der Änderung in Bezug auf das Basisszenario (Referenz) dargestellt. Es kann festgestellt werden, dass durch die typischerweise zeitlich schnellere Holzbauweise und damit Fertigstellung des Gebäudes ein bis zu 1% besserer DCF erzielt werden kann im Vergleich zum Referenzgebäude in konventioneller Massivbauweise. Der Vorteil einer frühzeitigen Lieferung eines Immobilienobjekts ist zwar positiv für den Immobilieneigentümer, stellt jedoch entsprechendes Know-How und optimiertes Projektmanagement für die Bauunternehmen dar. Es ist wichtig anzumerken, dass dieser Input den Cashflow nur geringfügig beeinflusst. Dies ist am Ende ein „einmaliges“ Ereignis für den Analysezeitraum von 10 Jahren.
Abbildung 5 zeigt erwartungsgemäss das zusätzliche Mietprämien eine positive Wirkung auf den DCF haben. Darüber hinaus fallen die Mietprämien, auch wenn sie gering sind, während der gesamten Studiendauer an. Somit ist am Ende der DCF-Berechnung ihre kumulative Wirkung signifikant. In diesem Fall liegt die Kontrolle über diese Prämien beim Immobilienverwalter, sodass sie abhängig vom Objekt, seinem Standort und Marktwert sowie der Nachfrage der Öffentlichkeit nach nachhaltigen Gebäuden angepasst werden können.

Es ist wichtig zu beachten, dass die DCF-Bewertung die initiale Erstinvestition nicht berücksichtigen. Aufgrund der besonderen Art der Abzinsungsfaktoren ist es nicht empfehlenswert, solche Bewertungsmethoden für Vergleiche zwischen Immobilienobjekten zu verwenden. Die am besten geeignete Methode zum Entwickeln dieser Art von Vergleichen ist die Lebenszykluskostenanalyse.

2.4.2 Lebenszykluskostenanalyse (LCCA)

In diesem Abschnitt werden die vergleichenden LCCAs vorgestellt. Wie bereits erwähnt, ermöglicht LCCA nicht nur die Darstellung der Erstinvestition in den Bewertungsprozess, sondern auch den Vergleich von Optionen. In diesem Abschnitt wurden drei Szenarien betrachtet: (i) Basislinie

(Referenz), (ii) Frühere Fertigstellung des Objektes von 9 Monaten, (iii) Zusätzlicher Mietertrag von 3%. Für diese Szenarien wurden die folgenden Bedingungen modelliert:

a) Basis-LCCA-Szenario unter Berücksichtigung von Erstinvestition, Mieten, Betriebskosten, Mietzinsausfallfond, Renovierungsfond und Ersatzfond.
b) Zwei Prozent höhere Erstinvestition für alle Szenarien für Holzbauten.
c) Die Berechnungen wurden für einen Zeitraum von 60 Jahren durchgeführt.

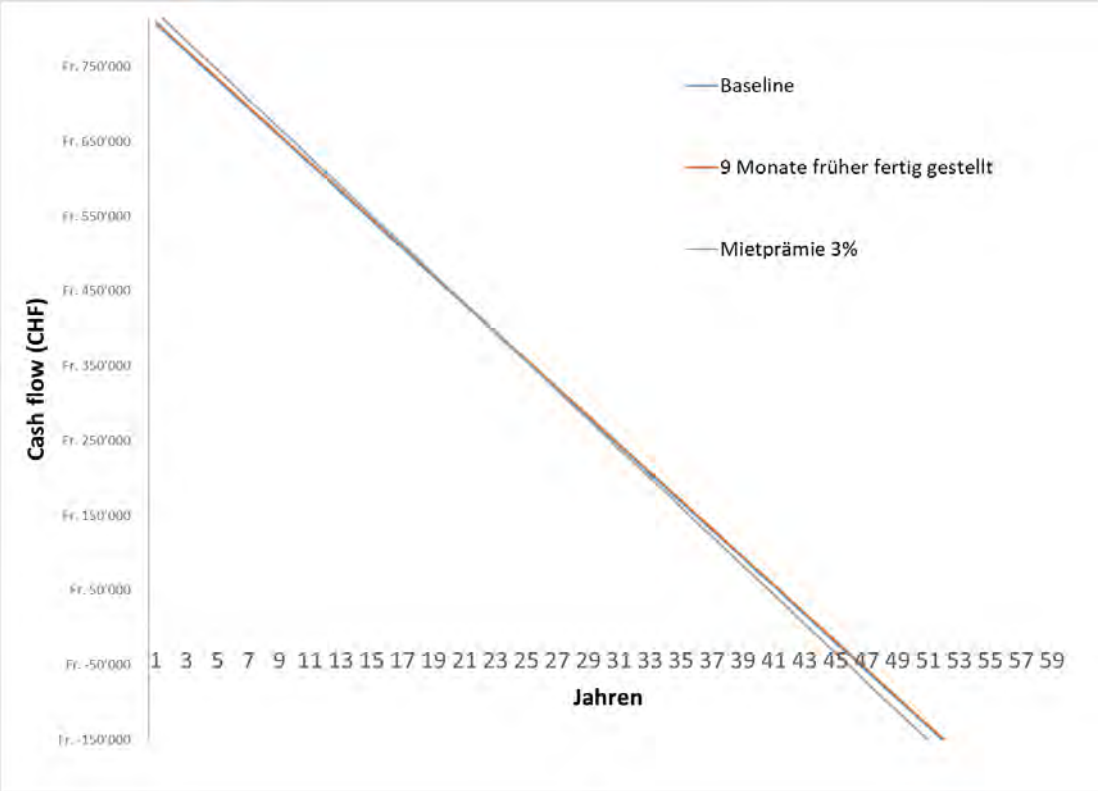

Abbildung 6 Entwicklung des Cash-flows über die Zeit für verschiedene Szenarien.

Abbildung 6 zeigt, dass die LCCA-Ergebnisse sehr ähnlich sind. Dies zeigt, dass beide Ansätze, die vorzeitige Lieferung und die Mietprämien, langfristig die höhere Anfangsinvestition von Holzgebäuden (2%) ausgleichen können. Zudem ist ersichtlich, dass eine vorzeitige Lieferung von bis zu 9 Monaten die anfänglich höhere Investition fast ausgleichen kann. Wenn die Anfangsinvestitionen gleich hoch wären, würde sich dies positiv auf die LCCA eines Holzgebäudes auswirken. Darüber hinaus kann, wie wir an den DCF-Modellen gezeigt haben, eine Prämie auf die Miete von 3% die höhere Anfangsinvestition deutlich ausgleichen.

2.4.3 CO_2 Lagerung und CO_2 Bilanz

Zur Abschätzung der möglichen Auswirkungen eines wirtschaftlichen Werts auf die Speicherung von CO_2 auf Holzbauten haben wir die DCFs und LCCAs für die CO_2-Speicherung und den CO_2-Fussabdruck berechnet. Wie bereits beschrieben, bezieht sich die CO_2-Speicherung des biogenen CO_2 auf die Holzelemente eines Gebäudes. Der CO_2-Fußabdruck bezieht sich auf die Differenz zwischen dem biogenen CO_2 und den Emissionen der Produktion anderer Baumaterialien im Gebäude.

Für die Berechnungen in diesem Abschnitt wurden drei Ansätze berücksichtigt: (i) einmaliger Beitrag, (ii) jährliche Beiträge, (iii) einmaliger Beitrag aus vermiedenen Emissionen. Im ersten Fall würde ein Gebäudeeigentümer / -verwalter zu Beginn der Nutzungsdauer des Gebäudes einen wirtschaftlichen Anreiz für im Gebäude gespeichertes CO_2 oder einen negativen Fußabdruck erhalten. Beim zweiten Ansatz erhält der Baubesitzer einen jährlichen Beitrag für jedes Jahr, in dem die Gebäude in Betrieb sind. Der dritte Ansatz stellt die CO_2-vermiedenen Emissionen aus fossilen Brennstoffen für den Fall dar, dass die Holzprodukte des Gebäudes am Ende der Nutzungsdauer des Gebäudes zur Energiegewinnung verwendet würden. Mit diesen Ansätzen soll aufgezeigt werden, wie zukünftige Programme die Förderung von Holzbauten in der Schweiz effektiver unterstützen können.

In diesem Abschnitt wurde das identische Basisszenario (Referenz) wie im vorherigen Abschnitt verwendet. In den Szenarien wurden Berechnungen mit dem minimalen, aktuellen und maximalen Wert durchgeführt, wie in Abschnitt 2.3.3 beschrieben. Bei diesen Modellen wurde angenommen, dass der zusätzliche Cashflow aus (i) einer einmaligen Zahlung für im Gebäude gespeichertes CO_2, (ii) einer jährlichen Zahlung für im Gebäude gespeichertes CO_2 und (iii) einer einmaligen Zahlung für durch Energie verursachte CO_2-vermiedene Emissionen in einen Gewinn am Ende der Lebensdauer des Gebäudes resultiert.

Wie im vorherigen Abschnitt wurden Modelle entwickelt, um die Auswirkungen jedes Szenarios in Bezug auf den Referenzfall zu untersuchen. Die Modelle wurden verwendet, um den DCF des Gebäudes aus der Datenbank zu berechnen.
Die aggregierten Ergebnisse in Prozent der Veränderung für den Fall der jährlichen Beiträge in Bezug auf das Basisszenario sind in Abbildung 7 dargestellt.

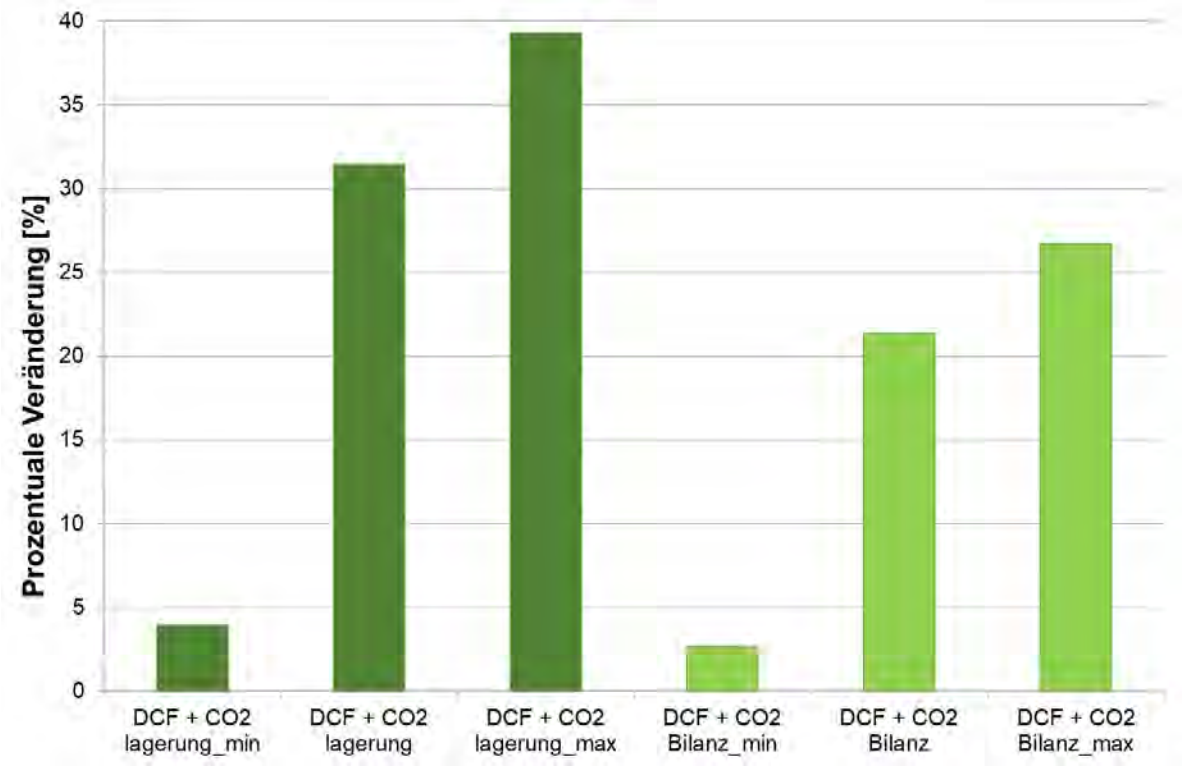

Abbildung 7 Prozentuale Veränderung des DCF in Bezug auf das Referenzgebäude (konventionelle Massivbauweise)

Abbildung 7 zeigt, dass diese Art von Zahlungen einen erheblichen Einfluss auf die Cashflows der Gebäude haben und diese im Fall von 120 CHF pro tCO2eq um bis zu 40% ansteigen lässt. Darüber hinaus würde ein jährliches Beitragsprogramm immer noch zu einer deutlichen Verbesserung der aktuellen Werte führen. Dabei sollte aber auch berücksichtigt werden, dass ein solches Programm die Schaffung komplexer administrativer und wirtschaftlicher Instrumente erfordern, um diese Art von Beiträgen zu erheben und zu verteilen. Dieser Ansatz könnte sich positiv auf die Zunahme von Holzgebäuden in der Schweiz auswirken, da sie für private und institutionelle Investoren attraktiver werden. Es sollte erwähnt werden, dass ein solcher Ansatz nicht nur auf politischer, sondern insbesondere in der öffentlichen Wahrnehmung vor vielen Herausforderungen stehen würde. Wir halten dies für eine wichtige und gute Option, die allerdings eine Menge Arbeit erfordert, um richtig formuliert und kommuniziert zu werden.

Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen bei denen einmalige Beiträge zur CO_2-Speicherung und zum CO_2-Fußabdruck berücksichtigt wurden. Zudem sind in dieser Abbildung die Ergebnisse der Analyse gezeigt, bei der durch die Verwendung von Holz vermiedene Emissionen berücksichtigt wurden.

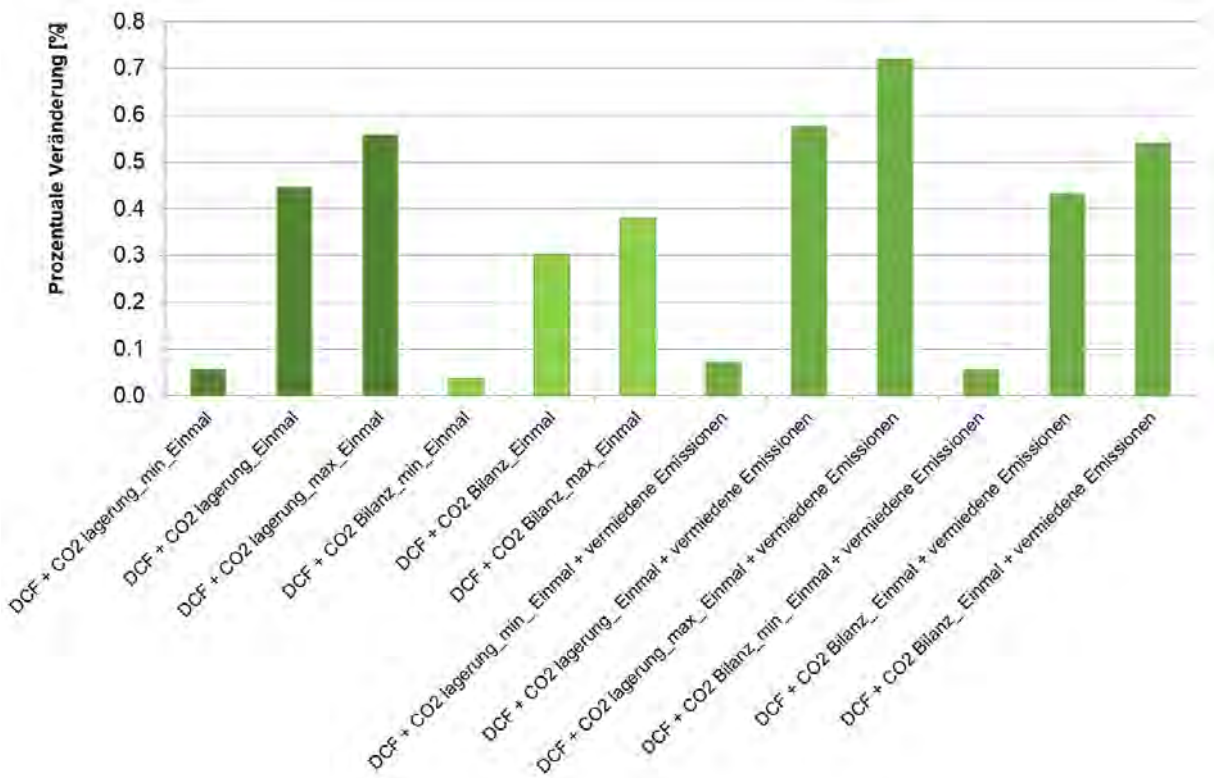

Abbildung 8 Prozentuale Veränderung des DCF in Bezug auf das Referenzgebäude (konventionelle Massivbauweise)

Abbildung 8 zeigt, dass Einmalzahlungen keine wesentlichen Auswirkungen auf die DCFs der Gebäude haben. Zudem liegen alle Ergebnisse unter 1% PoC, auch wenn der ökonomische Wert von CO_2 mit maximal 120 CHF pro tCO2eq angesetzt wird. Dies zeigt uns, dass die Verwendung des aktuellen Höchstwerts für die CO_2-Emissionen möglicherweise nicht ausreicht, um höhere Investitionen in Holzgebäude zu kompensieren. In Bezug auf End-of-Life-Szenarien wird deutlich, dass ein möglicher wirtschaftlicher Nutzen, der sich aus der Bewertung der vermiedenen Emissionen aufgrund des Energiegewinns ergibt, auf Gebäudeebene minimal ist. Sollten diese Leistungen jedoch

auf sektoraler Ebene berechnet werden, können sie erheblich sein. Mit anderen Worten, um den potenziellen Nutzen möglicher Einnahmen aus vermiedenen Emissionen zu maximieren, müssen Geschäftsmodelle entwickelt werden, die sich an Unternehmen richten, die am Ende des Lebenszyklus arbeiten. Als Konsequenz hieraus kann geschlussfolgert werden, dass es nicht nur notwendig ist einen ökonomischen Wert für die Speicherung von CO_2 in Holzgebäuden zu erreichen, sondern auch ein Geschäftsmodell zu entwickeln, das es allen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette von Holz ermöglicht davon zu profitieren.

Wenn alle möglichen wirtschaftlichen Vorteile des Bauens mit Holz, wie frühzeitige Lieferung, CO_2-Speicherung und Vermeidung von Emissionen, hinzugefügt werden, erhalten wir einen positiven Anstieg der DCF von rund 2%. Aus diesen Ergebnissen können wir ersehen, dass es schwierig sein wird, ein System zu entwickeln, das sowohl die wirtschaftlichen Beiträge von CO_2-Emittenten sammelt als auch diese dann an CO_2-Speicher verteilt, in unserem Fall an Holzgebäude.
Die Implementierung eines jeden Systems, welches die Speicherung von CO_2 als Umweltleistung bewertet und einen wirtschaftlichen Ausgleich bietet, kann jedoch der Treiber für den Wandel zu einer grünen und biobasierten Wirtschaft in der Schweiz sein.

3 Konsolidierung und Integration

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse von zwei Fallstudien vorgestellt. (i) Holzbau in der Schweiz und (ii) Vergleich von Holz- und Betonbau in der Schweiz. Bei diesen Fallstudien verwendeten wir die in Abschnitt 3 dieses Berichts vorgestellten Methoden. Darüber hinaus konzentrieren wir uns in diesen Fallstudien auf die DCF-Ergebnisse und die potenzielle CO2-Speicherung für jeden Gebäudetyp. Die Fallstudie basiert auf realen Gebäuden in der Schweiz.

3.1 Fallstudie Holzgebäude

Im Folgenden werden Angaben zu einem exemplarischen und in der Schweiz realisierten Mehrfamilienhaus in Holzbauweise aufgeführt:

Tabelle 3 Fallstudie Daten

Kaufwert	CHF 833’333
Mietertrag	CHF 20’000
Nebenkosten	CHF 2’050
Mietzinsausfälle	CHF 142
Betriebskosten	CHF 496
Instandhaltungskosten	CHF 917
Geschossfläche Gebäude	Total 99 m^2
Nutzungsart	Wohnen

Mit diesen Daten haben wir die DCF, LCCA für die häufigsten Szenarien für Holzbauten in der Schweiz berechnet: (i) 3 Monate vorzeitige Lieferung und (ii) Mietprämie 3%. Darüber hinaus haben wir die potenzielle Speicherung von biogenem CO_2 und den CO_2-Fußabdruck des Gebäudes berechnet. Die Ergebnisse dieser Fallstudie sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4 Ergebnisse der Fallstudie

Holz	Base Line		Miete Premie 3%		Frühere Fertigstellung		Miete und Frühere	
DCF	CHF	971’224	CHF	974’793	CHF	1’005’233	CHF	1’008’928
LCCA10	CHF	294’714	CHF	291’145	CHF	289’714	CHF	286’020
LCCA30	CHF	9’141	CHF	5’571	CHF	-5’859	CHF	-9’554
LCCA60	CHF	-419’220	CHF	-422’789	CHF	-449’220	CHF	-452’914
Gesamte Rendite		3.25%						
CO2 Lagerung		-64.68						
CO2 Bilanz		-43.89						

Aus diesen Ergebnissen können wir schließen, dass eine vorzeitige Lieferung von drei Monaten den DCF des Gebäudes nach 10 Jahren nur geringfügig (0,37%) erhöht. Darüber hinaus ist der Effekt der Mietprämien signifikant und führt zu einem Anstieg des DCF der Gebäude um insgesamt 3,5%.
Wenn man bedenkt, dass die Durchschnittsmiete für ähnliche Gebäude im selben Kanton höher ist, kann man argumentieren, dass für diese Art von Gebäuden eine Mietprämie von 3% möglich ist. Diese Fallstudie weist einen relativ niedrigen Marktwert, aber einen sehr positiven Cashflow auf und erzielt Renditen von mehr als 3%.

Dies zeigt sich auch an der LCCA, wo der Return on Investment mindestens 10 Jahre früher erreicht wird als bei einem durchschnittlichen Gebäude mit ähnlichen Bedingungen. Dies zeigt uns, dass unterschiedliche Bewertungsmethoden sehr unterschiedliche Ergebnisse liefern können. Daher ist es von großer Bedeutung, die Bewertungsmethode auszuwählen, die für die jeweilige Entscheidung geeignet ist. Die Ergebnisse zeigten auch, dass im Betrieb pro Jahr bis zu 1,5 MtCO2eq im Gebäude gespeichert werden können.

3.2 Vergleichende Fallstudie Beton und Holz

Für diese vergleichende Analyse haben wir die Informationen aus der Fallstudie Holz verwendet. Darüber hinaus haben wir ein Gebäude aus unserer Datenbank ausgewählt, das folgende Merkmale aufweist: Kanton, Baujahr und Fläche. Mit diesen Informationen haben wir die LCCAs alle zehn Jahre berechnet. Die Berechnungen wurden für Basisszenarien und eine vorzeitige Lieferung von 3 Monaten und eine Mietprämie von 3% für das Holzgebäude durchgeführt. Die für diese Berechnungen verwendeten Daten sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 5 Vergleichende Fallstudiendaten

	Holz		Beton	
Fläche		99.3		98
Kaufwert	CHF	833’333	CHF	895’000
Mietertrag	CHF	20’000	CHF	21’480
NebenKosten	CHF	2’050	CHF	2’400
Mietzinsausfälle	CHF	142	CHF	183
Betriebskosten	CHF	496	CHF	245
Instandhaltungskosten	CHF	917	CHF	1’128
Cash Flow	**CHF**	**16’396**	**CHF**	**17’524.72**

Die Ergebnisse für den LCCA und jedes Szenario sind in Abbildung 9 dargestellt. Aus diesen Ergebnissen können wir ersehen, dass der Hauptunterschied bei den Ergebnissen von der ersten Investition herrührt. In diesem Fall hat die Holzoption zu Beginn der Berechnung einen niedrigeren Marktwert. Beide Gebäude weisen einen ähnlichen Cashflow auf, da der des Betongebäudes etwas höher ist. Infolgedessen kann der Return on Investment für das Holzgebäude möglicherweise nahe der 45-Jahres-Marke erreicht werden. Darüber hinaus können die Auswirkungen von vorzeitiger Lieferung und Mietprämien diese Ergebnisse verbessern.

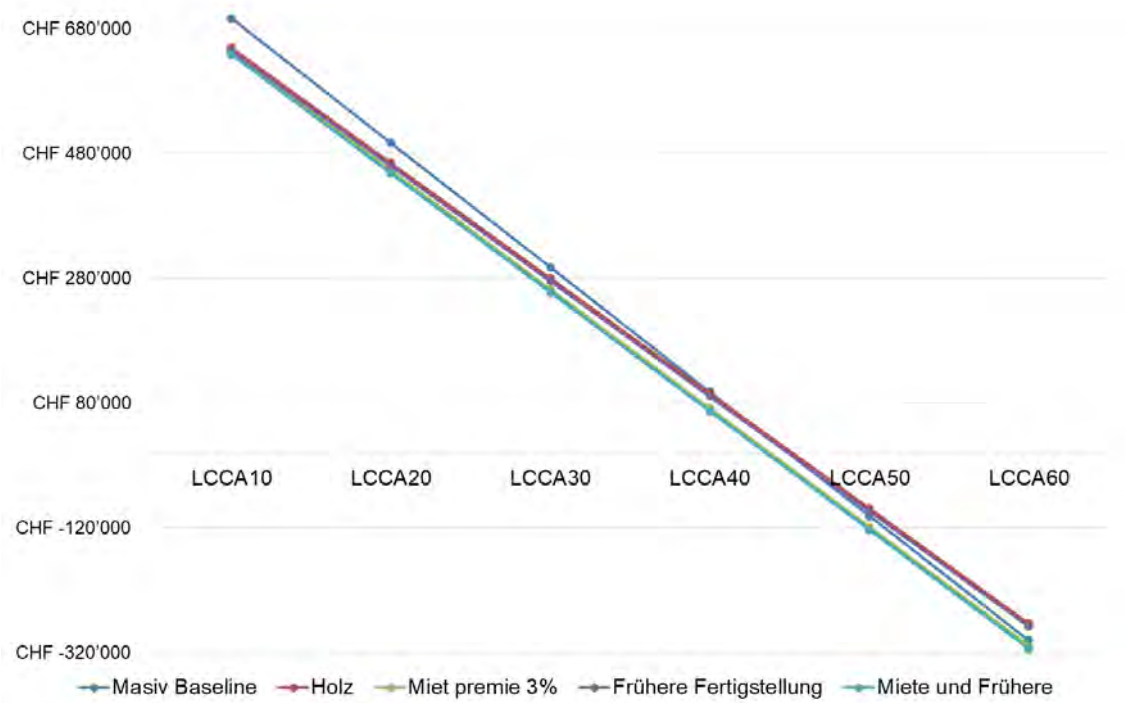

Abbildung 9 Ergebnisse der vergleichenden LCCA

4 Kommunikation

4.1 Organization von Workshop (LIGNUM ASPECTS)

Am 10.9.2019 wurde im Rahmen des Lignum Aspects Anlasses an der Empa im NEST ein Workshop mit Investoren und Stakeholdern aus der Baubranche durchgeführt. Dabei wurden die im Rahmen dieses Projektes entwickelten Modelle mit den Anwesenden des Workshops diskutiert.

Abbildung 9 Workshop an der Empa am 10.9.2019.

4.2 Beitrag zum Bericht "Financing the low-carbon economy transition" from the Swiss Sustainable Finance Institute

Challenges and opportunities for Timber buildings in the Swiss real estate market. A Prospective Economic and Environmental Analysis of CO_2 Credits in Switzerland

Edwin Zea Escamilla*(a), Michael Klippel(b), Isa Cakir(a), Martyna Maniak(a)
*Corresponding Author
(a) Centre for Corporate Responsibility and Sustainability at The University of Zürich
(b) Chair of Timber Structures ETHZ & Swiss Timber Solutions

In this case study, we present economic an environmental prospective analyses for the use of timber buildings in Switzerland focusing on the benefits from CO_2 credits for stored CO_2. We first calculated the environmental impact and CO_2 storage for timber buildings using Life Cycle Assessment (LCA). LCA is a well-established methodology and proposes an input-output relationship between human activities and the environment [1]. We used the software OpenLCA [2], the database EcoInvent v3.5 [3] and the evaluation method IPCC2013 [4]. For the economic assessment, we developed discounted cash flow (DCF) models considering factors like: rents, operational cost, renovation and refurbishing funds. We collected a sample of over eleven thousand real estate objects in Switzerland. These attributes were used to develop the prospective models.

Prospective Environmental Analysis

We developed LCA models for typical residential buildings in Switzerland in order to estimate the amount of CO_2 that could be potentially stored in timber buildings. Moreover, we calculated the CO_2 emission associated to transport and production of construction materials required to construct a timber building. With this information, we calculated the CO_2 balance (CO_2 footprint) for each real estate object in our sample. A positive balance means that that the CO_2 emissions from the production and transport of construction materials are lower than the CO_2 stored in the timber parts of the buildings [5]. If this condition was met, we then assigned a CO_2 credit for each ton of CO_2 stored each year. In our case the CO_2 credit has a value of CHF 120 [6] based on the CO_2 taxes levels proposed by the Swiss Federal Office for the Environment. The results from these calculations were then transferred to the discounted cash flow models as an additional cash flow.

Prospective Economic Analysis

For this analysis, we calculated the Discounted Cash Flows (DCF) for each building on the sample. DCF analysis is a method of valuing a project using the concepts of the time value of money. Using DCF analysis to compute the net present value NPV takes as input cash flows and a discount rate and gives as output a present value. DCF analysis is widely used in investment finance and real estate management [7]. For these calculations, we used real data for each of the eleven thousand real estate objects in our sample. To understand the effect of a CO_2 credit for the storage of CO_2 in timber buildings we developped two prospective scenarios: (i) considering a onetime CO_2 credit payment for the CO_2 storage and (ii) considering a yearly CO_2 credit payment for the CO_2 storage. To do so we added the CO_2 credit value calculated on the previous analysis to the cash flows of each building.

Results and Discussion

The results from the environmental prospective analysis showed that in average 0.19 tCO2eq are emitted for the production of materials while 0.56 tCO2eq are stored in timber elements per square meter constructed. This means that in the proposed scenarios the real estate objects had a positive CO_2 balance. This also means that each square meter of timber buildings in Switzerland stores 0.4 t CO2eq. Moreover, on the prospective economic scenarios this represents an additional cash flow of 44 CHF/m^2. To better understand these dynamics, we calculated the percentage of change of the DCFs for the scenarios of onetime and yearly CO_2 credits payments as presented in Figure 1.

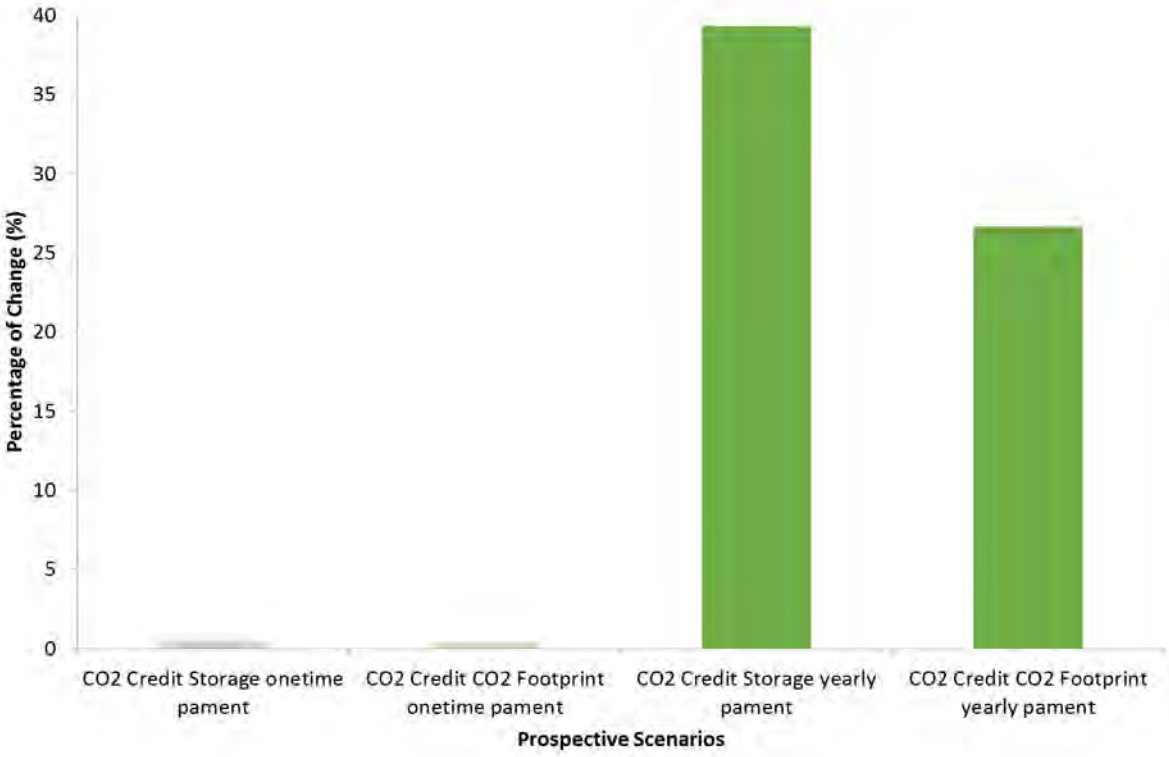

Figure 1 Prospective Scenarios: (i) onetime CO_2 credit payment and (ii) yearly CO_2 credit payment.

From Figure 1, it is clear that the scenario with yearly CO_2 credits payment has the highest Percentage of Change (PoC) with a potential increase up to 39% greater than the DCF without the CO_2 credits. Furthermore, the scenario with a onetime CO_2 credit payment do not reaches the 1% PoC. If we consider that timber buildings have higher initial investment, around 2%, in comparison to concrete buildings it becomes clear that a CO_2 credit scheme for storage of CO_2 requires either a yearly payment or a higher valuation of the CO_2 credits or a combination of these factors. This is a very challenging situation, currently only emitters are charged and there is not a scheme to compensate for the storage of CO_2, even if it is a relevant commitment from the Paris Agreement [8].

Our results show that in order to transition to a low carbon economy a consequent economic policy is required not only to support the development of the timber industry but also to compensate for the additional environmental services, CO_2 storage, provided by timber buildings. Moreover, a clear financial infrastructure is required to handle CO_2 credits for emitters and CO_2 stores. We can conclude that in the case of timber buildings, CO_2 credits can provide a sustainable way to finance the transition towards a low-carbon economy in Switzerland.

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge the Action Plan Wood (AP HOLZ), from FOEN (BAFU) for financing the research activities around this topic.

References

1. Hellweg, S. and L.M.i. Canals, Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment. Science, 2014. 344: p. 1109-1113.
2. GD. OpenLCA The open source life cycle and sustainability assessment Software. 2017; Available from: http://www.openlca.org/.
3. SCLCI. EcoInvent Database. Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2017; Swiss Centre for Life Cycle Inventories . Available from: http://www.ecoinvent.org.
4. Edenhofer, O., et al., IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014: Cambridge, United Kingdom & New York, NY, USA.
5. Zea Escamilla, E., G. Habert, and E. Wohlmuth, When CO2 counts: Sustainability assessment of industrialized bamboo as an alternative for social housing programs in the Philippines. Building and Environment, 2016. 103: p. 44-53.
6. BAFU, Faktenblatt Wirkungsabschätzung und Evaluation der CO2-Abgabe auf Brennstoffe. 2018, Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Klima: Bern, Switzerland.
7. Fernandez, P., Valuing companies by cash flow discounting: ten methods and nine theories. Managerial Finance, 2007. 33(11): p. 853-876.
8. UNFCCC. United Nations - PARIS AGREEMENT. 2018 [cited 2017 12.12.2017]; Available from: http://unfccc.int/2860.php.

5 Zusammenfassung

Durch die in diesem Projekt erarbeiteten Modelle und Analysen zur korrekten Bewertung von Immobilien in Holzbauweise können die folgenden Aussagen zusammengefasst werden:

- Die dargestellten Analysen und Ergebnisse ermöglichen ein besseres Verständnis der wirtschaftlichen Dynamik von Immobilien in Holzbauweise in der Schweiz.
- Die durchgeführte Analyse zeigt, dass es auch in anderen Ländern Europas keinen Konsens über das zur Speicherung von CO_2 zugeordnete Preisniveau gibt. In einer Szenarioanalyse konnte gezeigt werden, dass die Speicherung von CO_2 in Holzgebäuden einen wirtschaftlichen Wert hat und das eine Berücksichtigung eines solchen ein wichtiger Treiber darstellen kann, um den Anteil von Holzbauten auf dem Schweizer Immobilienmarkt zu erhöhen.
- In Bezug auf End-of-Life-Szenarien konnte gezeigt werden, dass sich ein wirtschaftlicher Nutzen einer Speicherung des CO_2 und aus der Bewertung der vermiedenen Emissionen aufgrund des Energiegewinns ergibt. Dieser wirtschaftliche Nutzen ist auf Gebäudeebene noch gering, hat aber enormes Potential auf sektoraler Ebene. Grundvoraussetzung hierfür ist die Entwicklung von geeigneten Geschäftsmodellen, die sich an Unternehmen richten, die entlang und insbesondere am Ende der Wertschöpfungskette bzw. Lebenszyklus von Holz agieren.
- Aus den Ergebnissen der Fallstudie können wir schliessen, dass Holzgebäude eine ähnliche wirtschaftliche Leistung wie Gebäude in Massivbauweise aufweisen können. Diese Leistung kann vor allem durch höhere Mietpreise verbessert werden. Hierzu ist es wichtig, Strategien zu entwickeln, um die immateriellen Werte des Holzbaus zu kommunizieren. Es ist aktuell klar ersichtlich, dass Holzbauten derzeit eine wettbewerbsfähige Option für Bauträger und Investoren in der Schweiz sind. Dennoch kann die Wettbewerbsfähigkeit durch die Bewertung der von Holzgebäuden erbrachten Umweltleistungen wie CO_2-Speicherung und Vermeidung von Emissionen gesteigert werden.

Abschliessend möchten wir festhalten, dass die Implementierung eines jeden Systems, welches die Speicherung von CO_2 als Umweltleistung bewertet und einen wirtschaftlichen Ausgleich bietet, ein enormer Treiber für den Wandel zu einer grünen und biobasierten Wirtschaft in der Schweiz sein kann und damit auch klare Anreize zur Erhöhung des Marktanteils von Gebäuden in Holzbauweise darstellt. Es ist wichtig eines möglichen Systems mit nationalen Richtlinien wie der Energiestrategie 2050 und dem CO_2-Gesetz zu verknüpfen. Die Holzwertschöpfungskette in der Schweiz und insbesondere die Holzbauten spielen eine wichtige Rolle bei der Erreichung der ehrgeizigen Ziele, die in diesen Vorschriften formuliert sind.

6 Finanzen

– in einem separaten Excel-File

7 Referenzen

1. SIA, *SIA SN 506 511, Baukostenplan Hochbau*. 2012, , SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Zürich.
2. ImmoScout24. *Wo die Mieten gesunken sind*. 2018; Available from: https://www.tagesanzeiger.ch/wirtschaft/konjunktur/Wo-die-Mieten-gesunken-sind/story/25646898.
3. ISO14040, *Environmental Management- Life Cycle Assessment- Principles and Framework*, ISO, Editor. 2007, ISO.
4. GD. *OpenLCA The open source life cycle and sustainability assessment Software*. 2017; Available from: http://www.openlca.org/.
5. SCLCI. *EcoInvent Database*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2017; Swiss Centre for Life Cycle Inventories]. Available from: http://www.ecoinvent.org.
6. Edenhofer, O., et al., *IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2014: Cambridge, United Kingdom & New York, NY, USA.
7. BAFU, *Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland. Ein Modul der Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde zur CO2-Verordnung. 4. aktualisierte Ausgabe, Januar 2018; Erstausgabe 2013*. 2018.
8. Cattarinussi, Laurent, et al. "Life cycle assessment of a post-tensioned timber frame in comparison to a reinforced concrete frame for tall buildings." *Expanding Boundaries: Systems Thinking in the Built Environment* (2016): 656-661.