energie-cluster.ch

EnWI

Bern, 21. März 2019

Gebäudesanierung – Wirtschaftlichkeit der CO_2-Abgabe

- Analyse von neun Gebäuden mit unterschiedlicher energetischer Eingriffstiefe
- Energetische und wirtschaftliche Massnahmen, Kosten und Auswirkungen
- Win-win-Chancen?

Schlussbericht

Impressum

Auftraggeber:

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Abteilung Klima, Sektion Klimapolitik
Papiermühlestrasse 172, CH-3063 Ittigen, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UREK).

Auftragnehmer:

energie-cluster.ch, Gutenbergstrasse 21, 3011 Bern

Autoren:

Dr. Ruedi Meier, Ehrenpräsident energie-cluster.ch
EnWI (Energetisch Wirtschaftlich Investieren – EnWI), Bolligenstrasse 14b, 3006 Bern

Christian Renken, CR Energie GmbH, Technologievermittler energie-cluster.ch
CR Energie GmbH, Z.I. l'Epine 7, 1868 Collombey

Dr. Frank Kalvelage, Geschäftsleiter energie-cluster.ch
energie-cluster.ch, Gutenbergstrasse 21, 3011 Bern

Begleitung BAFU:

Andrea Burkhardt, Leiterin Abteilung Klima

Dr. Roger Ramer, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Sektion Klimapolitik

Hinweis:

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung 1
2. Ausgangslage 7
2.1. Motivation für das Projekt «Gebäudesanierung - Wirtschaftlichkeit der- CO_2-Abgabe» 7
2.2. Projektbeschrieb 7
2.3. Projektziele: Analyse Sanierungsvarianten/Sensitivitäten CO_2-Abgabe auf fossile Brennstoffe 9
3. EnWI-Tool: «Energetisch Wirtschaftlich Investieren» – Methodik und Kenngrössen 10
3.1. Grundannahmen: Relevante Einflussgrössen für EnWI-Berechnungen 10
3.2. Daten, Parameter, Methodik 10
3.3. Kenngrössen 13
4. Kurzpräsentation der Ergebnisse von neun Gebäuden 14
4.1. Gebäude Nr. 1: Generisches Sechsfamilienhaus 14
4.2. Gebäude Nr.2: Einfamilienhaus 20
4.3. Gebäude Nr. 3: Zwölffamilienhaus 24
4.4. Gebäude Nr. 4: Sechsfamilienhaus 28
4.5. Gebäude Nr. 5: Neunfamilienhaus 32
4.6. Gebäude Nr. 6: Einfamilienhaus 36
4.7. Gebäude Nr. 7: Neunfamilienhaus 40
4.8. Gebäude Nr. 8: Zwei Mehrfamilienhäuser mit 24 Appartements 44
4.9. Gebäude Nr. 9: Einfamilienhaus Neubau 48

1. Zusammenfassung

I. Das Tool «Energetisch Wirtschaftlich Investieren – EnWI» schafft Transparenz für Investoren bzw. Hauseigentümer, Mieter und öffentliche Hand (Umwelteffekte bzw. CO_2-Kosten)

Mit dem Tool «Energetisch Wirtschaftlich Investieren» (EnWI) wird in transparenter Weise die energetische und wirtschaftliche Realität von Sanierungen quantitativ abgebildet. Es können unterschiedliche Gebäudetypen mit verschiedenen Sanierungstiefen berechnet und verglichen werden. Die Energie- und CO_2-Effekte und vor allem aber auch die ökonomischen Auswirkungen werden erfasst und im Hinblick auf ihre Auswirkungen analysiert. Mögliche Win-win-win-Situationen für die Mieterschaft, Investoren und die Umwelt werden transparent aufgezeigt. Anreize, Lenkungseffekte und Auswirkungen der CO_2-Abgabe werden sichtbar.

In der vorliegenden Studie werden 9 Gebäude (Ein- und Mehrfamilienhäuser) mit jeweils 9 Sanierungsvarianten unterschiedlicher Eingriffstiefe berechnet. In der Regel wird von einer «Pinselsanierung» als Referenzvariante mit einem neuen, effizienteren fossilen Heizsystem und Instandstellungsmassnahmen an der Gebäudehülle (Dach, Wand, Fenster) ohne energetische Effekte ausgegangen. Es folgen Varianten als Teilsanierungen mit energetischen Wirkungen bei der Gebäudehülle und in der Regel Umstellungen auf erneuerbare Heizsysteme. Unmittelbar kann von CO_2-freien Heizsystemen gesprochen werden. Je nach Bewertung des Stroms fallen indirekt gleichwohl CO_2-Emissionen an. Je nach Annahme und Systemgrenze liegen diese in einer Bandbreite von 9 bis 169 g CO_2/kWh. Wir sind der Meinung, dass von den tiefsten CO_2/kWh-Werten auszugehen ist, da die Energiewende ohne völlige Umstellung der Stromversorgung auf erneuerbare Energien ein Widerspruch in sich selbst darstellen würde. Es darf nur noch erneuerbarer Strom zugebaut werden, was gleichzeitig einen zentralen Massstab darstellt.

Die untersuchten Teilsanierungen werden auch als Bauteil-Sanierungen bezeichnet, sie erfüllen jedoch nicht in allen Punkten die Anforderungen der MuKEn 2014, die bis 2020 in allen Kantonen eingeführt werden sollte. Dabei weisen die Bauteil-Sanierungen einen hohen Realitätsbezug auf. Sie wurden vielfach zusammen mit Investoren an real existierenden Objekten unter Beachtung effektiv auftretender Hindernisse entwickelt: Keine oder nur beschränkte Wärmedämmung vor allem bei Aussenwänden, beschränkte Möglichkeiten für Wärmepumpen, finanzielle Limiten etc. Die weiteren, praktisch durchgängig berechneten Varianten sind MuKEn, Minergie, Minergie-P und Minergie-A.

Ein zentrales Ergebnis der vorliegenden Studie ist, dass das energetische und wirtschaftliche Optimum von Sanierungen mit gezielten objektbezogenen Bauteil-Sanierungen oder mit Sanierungen nach den Vorschriften der MuKEn erreicht werden kann. Dabei spielt die Umstellung des Heizsystems mit fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energien die absolut zentrale Rolle. Weitere Investitionen führen zwar zu Steigerungen im Komfort und erhöhtem Wertbestand einer Immobilie, jedoch kaum mehr zu zusätzlichen, bedeutenden Effekten beim Energieverbrauch (zusätzliche Energieeinsparungen noch max. 20%). Der wirtschaftliche Aufwand (Investitionskosten) ist – unter Beachtung zusätzlicher, teilweise nicht energiewirksamer Investitionen, die durchaus ihren Wert haben - um einen Faktor 2-3 höher. Es resultiert insgesamt ein sprunghafter Anstieg der Investitionskosten. Dem Anliegen von energetisch und wirtschaftlich optimierten Sanierungen – das in unseren Untersuchungen eine wichtige Rolle spielt - wird durchaus bereits mit «Bauteil-Sanierungen» bzw. «MuKEn-Sanierungen» Rechnung getragen. Auf Grund der vielfältigen Sanierungsmöglichkeiten und der technischen Komplexität empfehlen wir zwingend, dass die vorliegenden Resultate weiter vertieft geprüft und kritisch hinterfragt werden.

II. Das EnWI dient für die Abklärung der strategischen Machbarkeit von Projekten. Detail-Projektplanungen erübrigen sich nicht.

Die Berechnungsgrundlagen für die EnWI-Analysen bilden die Berechnungen der Investitionen und Energieeinsparungen im Inspire-Tool (www.energieschweiz.ch/inspire-tool). Die mit dem Tool bereitgestellten Standardwerte basieren auf vereinfachenden Annahmen. Bei den Kostendaten handelt es sich jeweils um grobe Kennwerte. Darauf abgestützt lassen sich objektbezogene Sanierungsvarianten entwickeln. Es können wichtige Vorentscheide bei geplanten Sanierungen gefällt werden. Zentrale Einflussgrössen bzw. Parameter sind kontrolliert zu variieren. Die Validität von Entscheiden kann mit Sensitivitätsüberlegungen deutlich verbessert werden. Es lohnt sich in jedem Fall, in einer frühen Planungsphase nicht nur energetische, sondern insbesondere auch umfassende wirtschaftliche Analysen vorzunehmen. Immobilieninvestoren, aber auch Hauseigentümer stellen gezwungenermassen wirtschaftliche Überlegungen an. Sanierungsstandards mit vergleichsweise hohen Investitionskosten und

vor allem zusätzlichen Investitionszielen (z.B. zusätzlicher Komfort) schneiden aus rein energetischer Sicht eher schlecht ab. In jedem Fall sind detaillierte Diskussionen über das Niveau von Sanierungen in energetischer, wirtschaftliche und weitere Nutzenaspekte zu führen. Dazu gehört auch die Frage, ab wann überhaupt von einer Sanierung gesprochen wird und inwiefern Bewilligungsverfahren als Massstab einbezogen werden sollen. Das EnWI kann einen wichtigen Beitrag liefern, der für politische Entscheide, aber auch für einzelne Akteure wie Hauseigentümer, Investoren, Banken etc. von Bedeutung ist.

III. Hohe Energieminderungen können bei mit relativ einfachen, eher kostengünstigen Massnahmen erzielt werden. Hohe CO_2 -Minderungen werden primär durch die Umstellungen der fossilen Heizsysteme auf erneuerbare Energien erzielt, was ein zentrales Ergebnis der vorliegenden Studie darstellt.

Mit gezielten Wärmedämmmassnahmen werden die positiven Effekte verstärkt und kostenoptimiert. Die Energierenditen zeigen bei Bauteil-Sanierungen und Sanierungen nach MuKEn 2014 bereits befriedigende Werte. Weitergehende Massnahmen machen dabei je nach (finanzieller) Situation des Investors, der Lage der Liegenschaft etc. durchaus Sinn. Ein Investor verfolgt nicht nur Energieziele. Erst bei einer Gesamtbeurteilung kann ein Investor über den Stellenwert und Zweckmässigkeit einer Investitionsstrategie entscheiden.

IV. Die Energierenditen – als ein Beurteilungskriterium - sind mit Bauteil-Sanierungen oder Sanierungen nach MuKEn am höchsten.

Die Energierendite ist als Verhältniszahl definiert: Zu den eingesparten Energiekosten werden die Erträge der Solarenergie (PV, Solar-Thermie etc.) addiert, deren Unterhaltskosten subtrahiert und durch die gesamten Investitionskosten dividiert. Die Energierenditen stellen ein Mass für die wirtschaftliche Effizienz von Spar- und Produktionsmassnahmen dar. Sie können als ein Instrument für die Optimierung von Investitionen betrachtet werden.

Aufgrund der Berechnungen der neun Objekte ergeben sich folgende Resultate für die Energierenditen:

- In den meisten Fällen weisen die Pinselsanierungen geringe Renditen von unter 1% auf. Die energetischen Effekte entstehen einzig durch den Ersatz von fossilen Heizsystemen. Die weiteren Massnahmen wie Malarbeiten an Wänden, Fenstern etc. bleiben energetisch wirkungslos.
- Weitergehende, optimierte Massnahmen bezüglich Effizienz und Energieproduktion lassen die Energierenditen auf 2.5% bis ca. 3% steigen: Mit gezielten Bauteil-Sanierungen oder Sanierungen nach MuKEn wird das Maximum erreicht. Mit weitergehenden Massnahmen nehmen die Energierenditen wiederum ab oder sie bleiben in etwa stabil. Dabei können mit weitergehenden Investitionen weitere Ziele realisiert werden: Zusätzlicher Komfort, besseres Raumklima, Schutz gegen Innen- und Aussenlärm, bessere Nutzung von beheizten Räumen wie Dachgeschosse bei einer Dachsanierung mit Wärmedämmung statt nur einer Wärmedämmung eines Estrichbodens, Schutz gegen Bauschäden, Werthaltigkeit einer Liegenschaft etc. In der vorliegenden Studie werden realitätsbezogene Varianten mit den Auswirkungen auf diverse Faktoren gerechnet. Naturgemäss haben die Varianten unterschiedliche Qualitäten. Neben den quantitativen Ergebnissen müssen die qualitativen Faktoren in die Betrachtung einbezogen werden.

V. Die Durchschnittskosten für Energie- bzw. CO_2 -Minderungen sind mit Bauteil-Sanierungen oder Sanierungen nach MuKEn am tiefsten. Bei weitergehenden Standards und vor allem zusätzlichen Investitionen, die nicht unbedingt energiebezogen sind, können die Kosten für eine eingesparte KWh oder eine Tonne CO_2 naturgemäss deutlich ansteigen.

Die Durchschnittskosten für Energie- bzw. CO_2-Einsparungen berechnen sich aufgrund der getätigten Investitionen dividiert durch die Energieeinsparmenge bzw. CO_2-Minderung. In der Regel wird von den Durchschnittskosten über die Lebensdauer gesprochen. Die jährlichen Durchschnittskosten für Energie- oder CO_2-Einsparungen ergeben sich durch eine Division durch 30, also der Beachtung der Abschreibungszeit der getätigten Investitionen.

Die Berechnungen ergeben folgende Resultate für die neun Fälle für die Durchschnittskosten:

- Die Pinselsanierungen weisen durchwegs hohe bis sehr hohe Investitionskosten pro eingesparte

kWh oder Tonne CO_2 über die Lebensdauer auf. Auch die jährlichen Kosten für eine eingesparte kWh betragen bei Pinselsanierungen 30 Rp./kWh bis 50 Rp./kWh, teilweise sogar mehr wie CHF 1.- pro kWh.

- Bei weitergehenden Massnahmen ergeben die Berechnungen für die Durchschnittskosten ein recht breites Spektrum: In eher wenigen Fällen können Energieeinsparmassnahmen mit jährlichen Kosten von unter 10 Rp./kWh realisiert werden. Viele Massnahmenpakete haben jährliche Kostenfolgen von gut 10 Rp./kWh.
- Für die jährlich eingesparte Tonne CO_2 liegen die tiefsten Werte bei rund CHF 200.-. Die Werte sind relativ hoch. Es gilt aber zu beachten, dass ohnehin notwendige Sanierungen realisiert werden und diese weitere Zusatznutzen (Komfort, weniger Lärm etc.) nach sich ziehen, die der Bevölkerung direkt zugutekommen. Auf weitere positive Arbeitsmarkt- und Innovationseffekte wird an dieser Stelle nicht eingegangen.
- Tendenziell sind die tiefsten Kosten pro kWh mit Bauteil-Sanierungen oder Sanierungen nach MuKEn festzustellen. Mit weitergehenden Standards steigen die Kosten für eine eingesparte kWh oder eine eingesparte Tonne CO_2 deutlich bis exorbitant an. Es werden gegen CHF 1000.- bis über CHF 3000.- ausgewiesen.

VI. Sanierungsvarianten unterschiedlicher Intensität, Massnahmen und Auswirkungen

Wird vollumfänglich und mit grosser Eingriffstiefe saniert (Minergie, Minergie-P oder Minergie-A), so steigen die Investitionskosten deutlich an (gegenüber Bauteil-Sanierungen um bis zu Faktor 2 bis 3). Dabei sind die zusätzlichen Investitionskosten nur teilweise auf energetische Investitionen zurückzuführen. Die zusätzlichen Energieeinsparungen und vor allem die CO_2 -Minderungen sind vergleichsweise gering. Entsprechend ist kaum noch ein Anstieg der Energierenditen zu verzeichnen. Für eine eingesparte Tonne CO_2 müssen mehrere Hundert Franken bis mehrere Tausend Franken bezahlt werden.

Dabei bleiben die Nettorenditen für die Investoren erhalten oder steigen bei höheren Überwälzungen sogar leicht an. Bei realistischen Annahmen ergeben sich angemessene Renditen von rund 3 Prozent. Dieser Effekt beruht auf der Tatsache, dass sich die Nettorenditen der Investitionen im Wesentlichen aufgrund der möglichen Überwälzungen ergeben. Diese stellen den Ertrag für den Investor dar. Je mehr investiert wird, desto mehr kann im Prinzip überwälzt werden. Bei vollumfänglichen Sanierungen mit hoher Eingriffstiefe kann in der Regel ein höherer Prozentsatz überwälzt werden. Dementsprechend steigt die Rendite an. Der Abzug der Unterhaltskosten hat einen leicht gegenläufigen Effekt: Bei höheren Energiestandards nehmen die Unterhaltskosten tendenziell zu, was sich auf die Rendite leicht schmälernd auswirkt.

VI 1. Wirkungsmechanismen: Die Investitionskosten werden durch Steuerabzüge und Subventionen stark beeinflusst.

Der Einfluss der **Steuerabzüge** bei privaten Investoren hängt von der Höhe des steuerbaren Einkommens ab. Je höhere steuerbare Einkommen vorliegen, desto eher können Steuerabzüge vorgenommen werden. Bei Null-Einkommen sind auch keine Steuerabzüge möglich. Aufgrund der Steuerprogression nehmen die Steuerabzüge bei steigenden Einkommen exponentiell zu. Die unterschiedliche kantonale Ausgestaltung des Steuersystems zieht auch unterschiedliche Steuerabzüge nach sich. In der Regel dürften Steuerabzüge zwischen 10 bis 25%, allenfalls gar 30-35% möglich sein. Bei einer starken Progression können Grenzsteuersätze von 40% – mit entsprechenden Abzügen – eintreten. Dank dem neuen eidgenössischen Energiegesetz können Steuerabzüge ab dem 1. Januar 2020 über drei Jahre - auch wenn die Investitionen in einem Jahr anfallen – abgezogen werden. Es ergeben sich zusätzliche Möglichkeiten, um höhere Grenzsteuersätze auszunutzen.

Die Steuerabzüge kommen den Investoren zugute. Im Prinzip werden seine Investitionskosten verringert. Bei Sanierungsinvestitionen wird sein Vermögen weniger beansprucht. Steuerabzüge sind vor allem für Personen von Interesse mit hohen Einkommen und einer hohen Liquidität. Die Rendite steigt unmittelbar an. Sie kann sich um 1 bis 2% erhöhen. Steuerabzüge können als einer der entscheidenden Impulse für Sanierungen bei Personen mit (hohen) steuerbaren Einkommen bezeichnet werden.

Subventionen für Gebäudesanierungen werden primär aufgrund des Gebäudeprogramms, das heisst über den zweckgebundenen Teil der Einnahmen aus der CO_2 -Abgabe von zurzeit maximal CHF 450 Mio. pro Jahr, gesprochen. Der Vollzug liegt seit 2017 bei den Kantonen. Sie erhalten die Mittel aufgrund eines spezifischen Verteilschlüssels vom Bund und müssen ihrerseits die Mittel aufstocken. Von den Kantonen sind Grundsätze für den Mitteleinsatz ausgearbeitet

worden. Inzwischen haben die Kantone ein recht breites Spektrum von Förderkriterien entwickelt. Im Vordergrund stehen in der Regel Massnahmen, welche über die Anforderungen von MuKEn hinausgehen: Minergie, Minergie-P, Minergie-A sowie die höheren Klassen A, B, C vom GEAK. Die konkreten Förderkriterien sind je nach Kanton recht umfangreich und breit angelegt, was nicht unbedingt zu einer hohen Transparenz beiträgt.

Für konkrete Projekte können immerhin über die Plattformen «Energiefranken» und «Pronovo AG» die spezifischen Förderbeiträge in Erfahrung gebracht werden, was auch in der vorliegenden Arbeit als Basis genutzt wurde.

Die Förderbeiträge betragen in der Regel zwischen ca. 10% bis ca. 25% der Investitionskosten, was diese um den entsprechenden Betrag reduziert. Dabei müssen die Subventionen an die Mieter weitergereicht werden. Die Überwälzungen werden um die kapitalisierten Subventionen reduziert. Damit profitieren die MieterInnen bei einer Sanierung gleichzeitig von einer erhöhten Energieeffizienz und geringeren Ausgaben für die Energie bei der Nebenkostenabrechnung. Weiter sind Komfortverbesserungen zu beachten, beispielsweise weniger Innenlärm (dank zum Beispiel besserer Fenster, Dämmung der Wände, etc.) oder bessere Luftqualität beim Einbau einer Komfortlüftung. Aus Sicht der Investoren verbessern sich die Renditen seiner Investitionen aufgrund von Subventionen nicht. Diese bleiben für alle energetischen Eingriffstiefen – bei ceteris paribus gleichen Überwälzungssätzen - gleich. Indirekt verbessert sich die Position seiner Liegenschaft, indem ein höherer Standard zu einer relativ tieferen Bruttomiete angeboten werden kann im Vergleich zu einem nicht subventionierten Gebäude. Die relative Wettbewerbsposition verbessert sich. Höhere Subventionen führen tendenziell dazu, dass eher in Sanierungen mit einer höheren Eingriffstiefe investiert wird. Die Anreizwirkung fällt je nach Situation des Wohnungsmarktes unterschiedlich aus. Bei einem hohen Wettbewerb auf dem Liegenschaftsmarkt dürften die Effekte eher zum Tragen kommen. Dabei können diese aber durch die notwendige höhere Mittelbeschaffung zunichtegemacht werden. Bei hoher Liquidität des Kapitalmarktes und geringen Zinskosten können die Subventionen eher ihre indirekten Effekte bei den Investoren auslösen.

VI 2. Je nach energetischer Eingriffstiefe steigen die Bruttomieten (höhere Nettomiete, niedrigere Nebenkosten) zwischen 0% bis 15%, teilweise sogar noch höher. Bei optimierten Bau- teil-Sanierungen oder Sanierungen nach MuKEn sind Win-win-Situationen mit tieferen Bruttomieten möglich. Die Subventionen müssen an die Mieterschaft weitergegeben werden und führen zu jeweils maximal 3% geringeren Bruttomieten.

Aufgrund der Auswertung der 9 Sanierungsprojekte lassen sich folgende Tendenzen erkennen:

- Bruttomieten steigen für Pinselsanierungen, aber auch für Bauteil-Sanierungen mit relativ geringer Eingriffstiefe (gezielte Wärmedämmung, Umstellung des Heizsystems auf erneuerbare Energie wie Wärmepumpe, Solar-Thermie, Fernwärme) mit maximal 5% nur relativ geringfügig. In einigen Fällen – Bauteil-Sanierungen oder Sanierungen nach MuKEn – ergibt sich sogar eine Reduktion der Bruttomieten: Die höheren Nettomieten werden durch die tieferen Energiekosten mehr als kompensiert. Die Mieter erfahren eine Win-win-Situation mit tieferen Bruttomieten, mehr Komfort und einem guten Gewissen wegen einer Entlastung der Umwelt. Die Investoren stehen mit ihren positiven Nettorenditen ebenfalls auf der Gewinnerseite.
- Vollumfängliche Sanierungen haben Mietzinsaufschläge von ca. 10% bis 15% zur Folge. Die höheren Nettomieten aufgrund der Überwälzungen werden durch die verminderten Energieausgaben nicht kompensiert. Die Subventionen tragen nur zu relativ geringen Mietzinsverminderungen von rund 3% bei. Die zusätzlichen Energieeinsparungen - gegenüber gezielten Bauteil-Sanierungen - fallen eher gering aus. Es sind vielfach nur rund 10% bis maximal 20% zusätzliche Energieverminderungen zu erzielen. Mit den Minergie-Standards und den teilweise gleichzeitig darüber hinaus gehenden Investitionen werden wichtige Zusatznutzen geschaffen: Mehr Komfort bezüglich Innenraumklima, geringerer Innenlärm, geringere Anfälligkeit von Bauschäden, längere Haltbarkeit der Bausubstanz, bessere Ausnutzung von Dachräumen bei Dachsanierung statt nur des Estrichbodens, ökologische Vorteile je nach Einsatz der Materialien etc. In der vorliegenden Studie werden die verschiedenen Varianten aufgezeigt die letztlich vom Investor mit allen quantitativen und vor allem auch qualitativen Vor- und Nachteilen gewichtet werden müssen.

Die Sprungkosten, die typischerweise zwischen Bauteil-Sanierungen oder MuKEn-Sanierungen und den vollumfänglichen Sanierungen nach Minergie mit teilweise weitergehenden Elementen entstehen, sind hauptsächlich durch folgende zusätzliche Investitionen begründet:

- Komfortlüftung
- Elektrogeräte
- Luftdichtigkeit der Gebäudehülle
- Umfassende Planung
  Höhere Standards bei der Sanierung: zum Beispiel Dachsanierung mit Wärmedämmung, statt nur einfach gedämmter Estrichboden.

VI 3. Sensitivitäten von CO_2 -Abgabesätzen mit Rückverteilung: Je höhere CO_2-Abgabesätze erhoben werden, desto geringer fallen die Bruttomieten aus.

- Bei Gebäuden mit fossilen Energieträgern steigen aufgrund von höheren CO_2 -Abgabesätzen die Bruttomieten an. Die Rückverteilungen kompensieren die höheren Mieten beschränkt bzw. nur teilweise. Dank der CO_2-Abgabe werden auch bei Gebäuden mit fossilen Heizsystemen positive Spar- und Investitionseffekte ausgelöst.
- Bei erneuerbaren Heizsystemen fällt keine CO_2 -Abgabe an. Hingegen wirkt sich die Rückverteilung positiv aus: Bei höherem Abgabesatz steigen die Einnahmen aus der CO_2 -Abgabe und damit auch die Rückverteilungsbeträge. Bei hohen Abgabesätzen kann in einer Bilanz von geringeren Bruttomieten um mindestens 4% bis 8% gesprochen werden. Die Nettomieteinnahmen verändern sich dabei für die Investoren nicht. Bei optimiert sanierten Wohngebäuden werden bereits vorhandene Win-win-Situationen durch höhere Abgabesätze deutlich verstärkt. Wohnungen mit erneuerbaren Heiz- und Wärmesystemen erfahren auf dem Liegenschaftsmarkt deutliche Wettbewerbsvorteile, welche für die Investoren von Interesse sind. Sie können ihre Wohnungen leichter vermieten. Die wesentlich höhere Umweltfreundlichkeit und weitere Zusatznutzen wie geringere Lärmempfindlichkeit der Innenräume, evtl. mehr Komfort durch effizientere Lüftungssysteme etc. tragen zusätzlich zu einer verbesserten Wettbewerbsposition bei. Die ausgewiesenen Renditen können mit höherer Sicherheit realisiert werden. Risiken auf dem Liegenschaftsmarkt nehmen ab.
- Gegenüber von Subventionen ist der Vollzugsaufwand einer CO_2 -Abgabe mit «reiner» Rückverteilung geringer. Sowohl auf der Ebene der Verwaltung wie auch bei den Fachleuten, Planern und Investoren müssen keine Abklärungen über die Bedingungen von Subventionen vorgenommen werden. Wichtig ist vielmehr, dass die Preissignale richtig verstanden und frühzeitig adaptiert werden.
- Eine offensive Informationspolitik zum Thema CO_2-Abgabe und vor allem der Rückverteilung bleibt ein dringendes Anliegen, da bei Mietern und Vermietern der Informationstand zum Thema meistens gering ist.

VI 4. Es ergeben sich in der Regel Nettorenditen von ca. 2.5%, mit steigender Tendenz bei steigenden Überwälzungssätzen (von 10% bis maximal 70%). Aufgrund von Steuerabzügen von 25% steigen sie um rund 1% auf 3.5 bis 5%. Es können ansehnliche Eigenkapitalrenditen (6% bis ca. 10%) – vor allem bei den heute tiefen Zinsen – erwirtschaftet werden.

Die **Nettorendite** wird grundsätzlich als Ertrag minus Aufwand dividiert durch die notwendigen Investitionen definiert. Der Ertrag ergibt sich aufgrund der möglichen Überwälzungen, wie dies durch das Mietrecht und die Mieterpraxis zugelassen wird. Bei relativ geringer Eingriffstiefe können in etwa 50% der jährlichen Kapitalkosten überwälzt werden. Bei umfassenden Sanierungen sind bis zu 70% Überwälzung möglich, was die Nettorenditen erhöht. Als Aufwand definieren wir die laufenden Unterhaltskosten der zusätzlich getätigten Investitionen. Für die effektive Überwälzung sind klar definierte Formeln ausgearbeitet worden, welche Zinsannahmen, Abschreibungsdauer etc. enthalten. Die detaillierte Definition mit der Berechnung des Aufwandes ist in Kapitel 2 «Annahmen» beschrieben.

Die Analysen für die neun Gebäude ergeben im Überblick folgende Resultate:

- Die Nettorenditen liegen zwischen mindestens 2.5% bis gegen 4%. Bei dem aktuellen hypothekarischen Referenzzinssatz kann dies als ansprechend bis relativ hoch bezeichnet werden, wenn vor allem auch in Rechnung gestellt wird, dass mit Sanierungen im Liegenschaftsmarkt eher niederschwellige Risiken eingegangen werden. Bei Pinselsanierungen

werden deutlich tiefere Renditen (unter 1%) erzielt, da hier praktisch nur der Heizungsersatz überwälzt werden kann.

- Bauteil-Sanierungen haben wegen tieferen Überwälzungssätzen ebenfalls tendenziell geringere Renditen zur Folge. Immerhin können bei optimierten Investitionen durchschnittliche Werte von ca. 2.5% erreicht werden.
- Bei vollumfänglichen energetischen Sanierungen (Minergie, Minergie-P, Minergie-A), mit teilweise zusätzlichen, nicht energetischen Investitionen, steigen die Nettorenditen wegen den in der Regel etwas höheren Überwälzungen – wenn auch nicht sehr markant - an. Es werden deutlich höhere Investitionskosten in Kauf genommen, die bei effektiver Überwälzung auch höhere Erträge abwerfen. Diesen Ertragschancen stehen höhere Bruttomieten in werthaltigen Liegenschaften gegenüber. Die Chancen und Risiken müssen von den Investoren aufgrund von diversen Faktoren beurteilt werden: Bei guten Standorten mit geringem Leerwohnungsbestand überwiegen klar die Chancen. Schlechtere Lagen mit der Gefahr eines höheren Leerwohnungsbestandes sprechen eher für «spartanische» Sanierungen mit gezielten Wärmedämmmassnahmen und einem Wechsel des Heizsystems auf erneuerbare Energien.
- Mit den angenommenen Steuerabzügen von 25% erhöhen sich die Nettorenditen um 1%.
- Die Eigenkapitalrenditen bewegen sich zwischen 6% bis ca. 8%. Bei Beachtung der Steuererleichterungen von 25% steigen diese auf ca. 12% bis ca. 14%. Die beachtlichen Werte sind vor allem auf die heute tiefen Zinsen zurück zu führen.

VI 5. Die Solarinvestitionen haben Nettorenditen bei heutigen Bedingungen von 3.5% bis 5% zur Folge, was über den Renditen für die Effizienzinvestitionen liegt.

Die Ergebnisse sind wiederum von den Annahmen und Rahmenbedingungen abhängig. Es wird u.a. mit tiefen Rückliefertarifen gerechnet wie sie von den lokalen Energieversorgern geleistet werden. Dies hat zur Folge, dass kleine Anlagen - mit einem hohen Eigenverbrauch - höhere Renditen erreichen. Das Potential des Ausbaus von Solaranalgen wird dadurch nur suboptimal genutzt.

VI 6. Die erhöhte Kapitalbeschaffung bei höheren Investitionen zur Erfüllung von energetisch anspruchsvollen Energiestandards und weiteren Investitionen kann zu einem entscheidenden Engpass- und vor allem auch Risikofaktor führen:

- Höhere Investitionskosten, sei dies im Rahmen von Minergie oder weiteren Investitionen, führen grundsätzlich bei gleichen - oder sogar steigenden Renditen bei höheren Überwälzungen - zu einem höheren Ertragsvolumen. Für den Investor ist dies grundsätzlich ein Anreiz weitergehende Energieinvestitionen bzw. weitere Investitionen vorzunehmen. Damit besteht eine Tendenz zu Gesamtsanierungen oder gar Luxussanierungen, welche durch die Kündigung der bestehenden Mietverträge mit Neuabschlüssen der Bruttomieten auf einem höheren Niveau verstärkt wird. Gleichzeitig begibt sich ein Investor auch in eine Risikosituation:
    - Die höheren Investitionen müssen auch finanziert werden, was bei hoher Liquidität eines Investors relativ einfach zu bewerkstelligen ist. In der heutigen Niedrigzinssituation kann die Finanzierungshürde vielfach relativ einfach überwunden werden.
    - Die höheren Bruttomieten müssen am Markt realisiert werden: In guten Lagen, einer hohen Wohnungsnachfrage und geringen Leerwohnungsbestand dürfte dies relativ einfach sein. Schlechtere Lagen, geringere Nachfrage und ein hoher Leerwohnungsbestand zwingen zu sehr gezielten Investitionen, mit möglichst geringen Zunahmen der Bruttorenditen

2. Ausgangslage

2.1. Motivation für das Projekt «Gebäudesanierung - Wirtschaftlichkeit der- CO_2-Abgabe»

An der Klimakonferenz in Paris wurde 2015 ein neues Übereinkommen verabschiedet, welches erstmals alle Staaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen verpflichtet. Die Schweiz hat das Übereinkommen 2017 ratifiziert. Dessen Ziele sowie deren Umsetzung sind anspruchsvoll: Sie setzen unter anderem voraus, dass der Gebäudepark saniert wird und dabei langfristig praktisch CO_2-frei wird. Gleichzeitig sollten Neubauten keine CO_2-Emissionen aufweisen. Die CO_2-Abgabe kann einen wichtigen Zielbeitrag leisten.

Mittelfristig will die Schweiz gemäss Entwurf des revidierten CO_2-Gesetzes bis 2030 gegenüber 1990 50% weniger Treibhausgase ausstossen. Mindestens 60% dieser Einsparungen sollen dabei im Inland realisiert werden. Maximal 40% sind durch Projekte im Ausland zu realisieren.

Die bestehende CO_2-Abgabe hat bereits in einem erheblichen Mass zur CO_2-Reduktion beigetragen[1]. Weitere Fortschritte sollen erzielt werden. Das CO_2-Gesetz ist in Revision: Für den Gebäudebereich bzw. die Brennstoffe sollen u.a. neue Ziele und Abgabesätze festgelegt werden.

Die Schweiz weist rund 1.1 Millionen Einfamilienhäuser auf. Es kommen rund 300'000 Mehrfamilienhäuser hinzu. Damit wird der Grossteil des Gebäudeparks mit über 1.6 Millionen Objekten abgedeckt. Rund 70 Prozent der Wohnungen werden im Mietverhältnis bewohnt. Ebenfalls müssen die unterschiedlichen Gebäudekategorien wie für Wohnen, Dienstleistungen, öffentliche Nutzungen etc. beachtet werden. Der SIA spricht von insgesamt 12 Gebäudekategorien.

Folgende Fragen wurden mit der vorliegenden Studie in Bezug auf Wohngebäude behandelt, die im Mieter-Vermieter-Verhältnis genutzt werden:

- Wie wirken sich unterschiedliche CO_2-Abgabesätze bei energetisch sanierten Gebäuden auf Investoren, Mieter, Umwelt aus?
- Welche Effekte entstehen durch unterschiedlich hohe CO_2-Abgabesätze und deren Rückverteilung auf die Bruttomieten von sanierten Gebäuden und die Renditen der Investoren?
- Können «optimale» CO_2-Abgabesätze bestimmt werden?
- Wie hoch sind die Kosten über die Lebensdauer der CO_2-Reduktion bei unterschiedlichen Sanierungsvarianten von der einfachen Pinselsanierung bis hin zur vollumfänglichen Sanierung mit hoher energetischer Eingriffstiefe (Wirtschaftlichkeit)?
- Welche Sanierungsstrategien führen zu kostengünstiger CO_2-Reduktion?
- Wie wirken sich Subventionen und Steuerabzüge auf die MieterInnen bzw. Investoren aus?

Diese Fragen weisen eine recht hohe Komplexität auf. Mit der vorliegenden Studie wurden Wirtschaftlichkeitsanalysen für energetische Sanierungen an 9 unterschiedlichen Gebäuden (Ein- und Mehrfamilienhäuser) durchgeführt. Die Resultate sind nachfolgend zusammengefasst.

2.2. Projektbeschrieb

Der energie-cluster.ch bzw. deren Ehrenpräsident Dr. Ruedi Meier und Geschäftsleiter, Dr. Frank Kalvelage sowie Technologievermittler Christian Renken haben im Rahmen der Studie «Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungsmassnahmen»[2] ein Modell entwickelt, das erlaubt, die aufgeworfenen Fragen zu analysieren und zu dokumentieren. Für Ein- und Mehrfamilienhäuser in Fremdnutzung werden die wichtigsten Parameter und Wirkungszusammenhänge dargestellt, um u.a. die Wirtschaftlichkeit bzw. Renditen von energetischen Sanierungsmassnahmen zu berechnen. Die Berechnungen basieren auf dem Excel-Tool «Energetisch Wirtschaftlich Investieren – EnWI». Im letzten Jahr ist mit dem Tool «Inspire», entwickelt von econcept/TEP, eine Verknüpfung vorgenommen worden: Es werden deren Kosten für einzelne Investitionen bzw. Sanierungselemente übernommen. Die Eigenstromverbrauchsrate von Photovoltaikanlagen wird mit dem PVopti-Tool bestimmt, das von der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW im Auftrag von Minergie entwickelt und vom BFE finanziell unterstützt wurde. Die Resultate aus den beiden Tools werden jeweils ins EnWI-Tool übertragen. Unter Beachtung von Annuitäten, Energiekosten, Subventionen, Steuerabzügen werden u.a. die Bruttomieten nach einer Sanierung, Renditen und Umwelteffekte berechnet.

[1] https://www.bafu.admin.ch/co2-abgabe -> Dokumente (insb. Studie Ecoplan 2017)

[2] https://www.energie-cluster.ch/admin/data/files/file/file/1291/20160429-bfe-wirtschaftlichkeit-energetischer-sanierungsmassnahmen_.pdf?lm=1464330144

Die Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungsmassnahmen hängt zentral von den Annahmen ab. Das Tool «EnWI» legt Wert auf höchste Transparenz und Nachvollziehbarkeit. In einem ersten Schritt gilt es, die wichtigsten Parameter zu definieren, welche auf die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmassnahmen, aber auch die Bruttomieten und Umwelteffekte einen Einfluss haben. Zu nennen sind etwa:

- Geometrie eines Gebäudes mit Flächenangaben für Dach, Fenster, Wände etc.
- Investitionskosten der Sanierung einzelner Elemente wie Dach, Fenster, Wände etc. Dabei können unterschiedliche Qualitäten beachtet werden, welche zu einer unterschiedlichen Energieeffizienz führen.
- Investitionskosten für Heiz- und Warmwassersysteme, Komfortlüftung und Solaranlagen
- Aktuelle regionale Energiepreise, wobei unterschiedliche Energieträger beachtet werden
- Annuitäten, das heisst reale Zinsannahmen und Abschreibungen
- Steuererleichterungen, Fördermittel vom Bund und den Kantonen

Für die relevanten Parameter ist eine Eingabemaske entwickelt worden (für einen Überblick und weitere Details siehe 2.1 Daten, Parameter).

In einem zweiten Schritt werden – ausgehend vom Ursprungszustand der Gebäude – unterschiedliche Investitionsniveaus definiert. Pro Gebäudebeispiel wurden insgesamt 9 Sanierungsvarianten bestimmt, d.h. die Studie umfasst insgesamt 81 verschiedene Varianten. Die Definition der Sanierungsmassnahmen für die verschiedenen Gebäude folgt keiner einheitlichen Systematik mit einer fixen Steigerung der Sanierungsintensität. Damit wir auf die unterschiedlichen Ausgangssituationen der jeweiligen Gebäude sowie den variierenden Umgebungsbedingungen am ehesten Rechnung tragen. Die gewählten Sanierungsvarianten sollen vielmehr einen möglichst hohen Bezug zur Realität aufweisen. Bei 4 Gebäuden (Nr. 2, Nr. 3, Nr. 6 und Nr.8) wurden vorgängig Gespräche mit den Bauherren geführt, die ihre Bedingungen für die Sanierung ihres Gebäudes formuliert haben. Bei 3 Gebäuden (Nr. 4, Nr. 5 und Nr. 6) lagen GEAK-Beraterberichte vor. Diese Informationen bildeten die Grundlage, um die Sanierungsvarianten zu definieren. Als Referenz-Variante wird jeweils von einer Pinselsanierung ausgegangen, welche u.a. eine Erneuerung des fossilen Heizsystems sowie eine visuelle Erneuerung der Gebäude beinhaltet, aber keine eigentlichen Energiesparmassnahmen an Dach, Wänden, Fenster etc. umfasst. Pro Gebäude wurden ca. 3 bis 4 Varianten mit Bauteil-Sanierungen definiert. Die Bauteil-Sanierungen haben einen hohen Praxisbezug: Eigentümer bevorzugen vielfach Sanierungen in Teilschritten. Einzelne sanierungsbedürftige Bauteile werden schrittweise angegangen. Das kann z.B. eine Dacherneuerung mit einer neuen Solaranlage und dem Ersatz des Heizsystems sein. Eine Bauteil-Sanierung führt – insbesondere bei einer Umstellung des Heizsystems auf erneuerbare Energien - zu deutlichen CO_2-Minderungen. Dabei erfüllen diese Teilsanierungen die Gesamtanforderungen nach MuKEn meistens nicht und sie sind auch nicht oder nur teilweise fördermittelberechtigt. Weitergehend wurden vollumfängliche Sanierungen berechnet, welche die Anforderungen nach MuKEn 2014, Minergie, Minergie-P, Minergie-A (2017), aber auch die Anforderungen von GEAK B/A mit Plusenergie gemäss Definition energie-cluster.ch, erfüllen. Die berechneten Gesamtinvestitionskosten, insbesondere jene mit dem Minergie-Label, übersteigen bei einigen Beispielen die zwingend notwendigen Mindestinvestitionen. Es wird dem Umstand Rechnung getragen, dass bei Gesamtsanierungen ein Teil der Investitionen der grundlegenden Verbesserung des Gebäudezustands dient und nicht nur die energetischen Einsparungen im Blickfeld stehen (z.B. Kalkulation einer Dacherneuerung inkl. Dämmung im Vergleich zu der kostengünstigeren Dämmung des Estrichs ohne Erneuerung des Daches). Damit können erhebliche Zusatznutzen erzielt (z.B. intensivere, wintertaugliche Dachnutzung), die über eine rein energetische Betrachtung hinausgehen.

Die EnWI-Berechnungen zeigen, dass Sanierungsvarianten, die weiter gehen als eine Pinselsanierung, aber noch nicht die Mindestanforderungen an MuKEn erreichen, bereits entscheidende Energie- vor allem aber CO_2 -Reduktionen bewirken. Deshalb wurden in deutlicher Erweiterung des ursprünglichen Auftrages «Varianten als Bauteil-Sanierung» zwischen «Pinsel» und «MuKEn» formuliert und berechnet. Diese Bauteil-Sanierungen wurden teilweise, wie erwähnt, mit Investoren zusammen ausgearbeitet. Pragmatik, Budgetrestriktionen der Investoren, effektive bauliche Gegebenheiten, gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis etc. spielen dabei eine zentrale Rolle. Ein hoher Realitätsbezug wird geschaffen. Tendenziell nimmt bei den jeweils neun definierten Varianten die Eingriffstiefe bezüglich Effizienz, aber auch der Energieproduktion zu. Es wird dabei in Kauf genommen, dass die Bauteil-Sanierungen mit ihrer pragmatischen Ausgestaltung nur annäherungsweise mit den weitergehenden Varianten verglichen werden können. Gleichwohl werden aber deutliche Tendenzen – empirisch fundiert – sichtbar.

Für alle - jeweils neun - Varianten pro Beispiel bzw. Gebäude werden die Investitionskosten ausgewiesen, die im Prinzip aber nicht als Entscheidungsgrundlage beigezogen werden sollten. Steigende Investitionskosten sind bei höherer Eingriffstiefe selbstverständlich aber letztlich nicht aussagekräftig. Vielmehr sind die Kosten und Nutzen über den gesamten Lebenszyklus zu betrachten. Gleichzeitig sind die reellen Mieter-Vermieter-Verhältnisse mit ihren spezifischen Mechanismen entscheidend. Die

möglichen Überwälzungen der Investitionen – unter Beachtung von Steuererleichterungen und Subventionen - ergeben die Wirtschaftlichkeit bzw. die Renditen für die Investoren. Die veränderten Bruttomieten als Bilanz von neuen Nettomieten und neuen Nebenkosten sowie allfällige Komfortsteigerungen sind entscheidend für die Mieterschaft. Die Energie- und CO_2-Effektive sind primär für Mieterschaft bezüglich Nebenkosten bzw. Bruttomieten, aber natürlich auch für die Umwelt relevant.

Für das vorliegende Projekt ist entscheidend, dass die Eingabeparameter praktisch beliebig variiert werden können. Mit anderen Worten: Es lassen sich Sensitivitäten berechnen. Konkret können unterschiedliche CO_2-Abgabesätze im Hinblick auf ihre Auswirkungen – bei unterschiedlichen Annahmen bezüglich Zinsen, Steuerabzügen etc. - simuliert werden. Im Tool «EnWI» werden ebenfalls die möglichen Rückverteilungen an die Haushalte erfasst.

Die Wahl der Gebäude wurde nachfolgenden Kriterien festgelegt: Wohngebäude, Mehr- aber auch Einfamilienhäuser, mit Sanierungsbedarf, die in Fremdnutzung stehen, d.h. dass der Eigentümer bzw. ein Investor einen Mietzins erhebt. Standort, Baujahr, Anzahl Wohnungen und Energiebezugsfläche stellte offene Grössen dar. Schlussendlich konnten 8 Objekte (6 Mehrfamilienfamilienhäuser und 2 Einfamilienhäuser) gefunden werden, zusätzlich wurde noch ein Einfamilien-Neubau als Vergleichsobjekt mit in die Studie aufgenommen. Ein weiteres wichtiges Kriterium war, dass ausreichend Informationen über die Gebäudegeometrie und die Nebenkostenrechnung vorlagen.

2.3. Projektziele:
Analyse Sanierungsvarianten/Sensitivitäten CO_2-Abgabe auf fossile Brennstoffe

Ein zentrales Instrument zur Erreichung der gesetzlichen Klimaschutzziele ist die CO_2-Abgabe. Es handelt sich um eine Lenkungsabgabe und sie wird seit 2008 auf fossilen Brennstoffen wie Heizöl oder Erdgas erhoben. Damit verteuert sie die fossilen Brennstoffe und setzt so Anreize zum sparsamen Verbrauch und zum vermehrten Einsatz CO_2-neutraler oder CO_2-armer Energieträger.

Jährlich werden rund zwei Drittel der Abgabeerträge verbrauchsunabhängig an Bevölkerung und Wirtschaft zurückverteilt. Ein Drittel (max. 450 Mio. CHF) fliesst in das Gebäudeprogramm zur Förderung CO_2-wirksamer Massnahmen wie z.B. energetischer Sanierungen oder erneuerbarer Energien. Weitere 25 Mio. CHF kommen dem Technologiefonds zu.

Die CO_2-Abgabe wird auf alle fossilen Brennstoffe (z.B. Heizöl, Erdgas) erhoben. Sie beträgt ab 2018 96 CHF pro Tonne CO_2. Die CO_2-Abgabe ist auf den Rechnungen für Brennstoffkäufe ausgewiesen. Rund zwei Drittel der Erträge aus der CO_2-Abgabe werden an die Bevölkerung und die Wirtschaft zurückverteilt. Im Jahr 2019 ergibt dies einen Betrag von gut 76 CHF pro Kopf. Die Rückverteilung an die Bevölkerung findet dabei über die Krankenkassen statt, da diese über alle Adressen von allen BewohnerInnen der Schweiz verfügen. Die Krankenkassen erhalten dafür eine geringfügige Entschädigung für den administrativen Aufwand. Auf den Rechnungen der Krankenkassen werden die Rückverteilungen separat ausgewiesen. Die Rückverteilung an die Wirtschaft erfolgt über die AHV-Kassen. Für jeden registrierten Beschäftigten wird der gleiche Betrag rückverteilt.

Für die Berechnung der Auswirkungen der Rückverteilung wird davon ausgegangen, dass sich im Prinzip die Einkommen der Haushalte erhöhen. Konkret wird die Rückverteilung mit einer Reduktion der Bruttomieten verrechnet. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass 40 m^2 Energiebezugsfläche von einer Person belegt wird. Mit steigender Energiebezugsfläche nimmt der rückverteilte Betrag zu. Darauf abgestützt werden drei CO_2-Abgabesätze berechnet:

- Szenario 1: Abgabesatz 96 CHF/ t CO_2, Rückverteilung pro Kopf 76 CHF/a
- Szenario 2: Abgabesatz 210 CHF/ t CO_2, Rückverteilung pro Kopf 244 CHF/a
- Szenario 3: Abgabesatz 336 CHF/ t $CO_2$2, Rückverteilung pro Kopf 431 CHF/a

Für alle 3 Szenarien wurde von der gleichen CO_2-Emissionsmenge (12'500'000 t/ CO_2/a) für alle Schweizer Haushalte ausgegangen (siehe nachfolgende Tabelle «Grundannahmen der CO_2-Rückverteilung aus der CO_2-Abgabe»).

	CO2-Abgabe-satz	Einnahmen Bund	Ausgaben Gebäude-programm	Betrag für Rückverteilung	Betrag aus VOC-Abgabe	Betrag aus CO2-Abgabe	Begünstigte	Rückverteilung aus CO2-Abgabe an Begünstigte
	CHF/t CO2	CHF/a	CHF/a	CHF/a	CHF/a	CHF/a	Anzahl	CHF/a
	96	1 200 000 000	-450 000 000	750 000 000	110 000 000	640 000 000	8 450 000	76
	210	2 625 000 000	-450 000 000	2 175 000 000	110 000 000	2 065 000 000	8 450 000	244
	336	4 200 000 000	-450 000 000	3 750 000 000	110 000 000	3 640 000 000	8 450 000	431

Tabelle: Grundannahmen der CO_2-Rückverteilung aus der CO_2-Abgabe

3. EnWI-Tool: «Energetisch Wirtschaftlich Investieren» – Methodik und Kenngrössen

3.1. Grundannahmen: Relevante Einflussgrössen für EnWI-Berechnungen

Die EnWI-Berechnungen dienen als Entscheidungsgrundlage für die Wahl von Energiemassnahmen. Für die Berechnungen der Sanierungsvarianten werden Grundannahmen getroffen. Für die relevanten Parameter ist u.a. zu beachten:

- Die Energiepreise werden über die Amortisationsdauer als konstant angenommen. Es werden für fossile Brennstoffe und Elektrizität die Preise für das Jahr 2018 verwendet.

- Die Amortisationsdauer wird für Teile der Gebäudehülle mit 30 Jahren und die Gebäudetechnik mit 20 Jahren angenommen.

- Der Unterhaltaufwand wird mit einem Pauschalwert berechnet: 10% vom Betrag aufgrund der Verzinsung und der Amortisation des wertvermehrenden Anteils der Gesamtinvestition. Dies entspricht der Rechtsprechung gem. Bundesgerichtsentscheid BGE 118 II 415. Für Photovoltaikanlagen wurde der Aufwand für Unterhalt mit 0.02 CHF pro produzierter kWh berechnet.

- Die Ermittlung der Investitionskosten erfolgte mit Hilfe der Angaben aus dem Inspire-Tool. Bei vollumfänglichen Sanierungen wurden neben den Einzelpositionen zur Sanierung der Bauteile auch zusätzliche Kosten für Gesamtprojektplanung berechnet. Begründet wird dies mit der hohen Eingriffstiefe bei den Umbauarbeiten, die ohne umfassende Planung und einem Projektverantwortlichen kaum zu realisieren sind.

- Bei Photovoltaikanlagen wurde aktuelle typische Kosten von 350.- CHF/m^2 für Aufdachanlagen (ohne Dachsanierung) oder Kosten von 480.- CHF/m^2 für Indachanlagen im Fall einer vorherigen Dachsanierung berechnet. Für PV-Fassaden wurde die Kosten einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade und zusätzlich die Kosten für Aufdachanlagen berechnet.

- Bei vollumfänglichen Sanierungen nach GEAK A/B, Minergie, Minergie-P und Minergie-A wurden Kosten für den Ersatz der elektrischen Haushaltsgeräte, sowie der Beleuchtungen berechnet. Dies ist damit begründet, dass die Kennzahl der gewichteten Endenergie des jeweiligen Labels erreicht werden soll. Zudem werden bei umfassenden Sanierungen in der Regel auch gleich die Haushaltsgeräte erneuert.

- Bei den MuKEn-Sanierungen wurde jeweils eine mögliche Variante aus den 11 Standardlösungen definiert. Dabei wurde der Fokus auf die Sanierung der Gebäudehülle mit dem Ersatz des Heizsystems gelegt und weniger auf den Einsatz von erneuerbaren Energien.

- Der wertvermehrende Investitionsanteil, der auf den Mietzins überwälzt werden kann, beeinflusst massgeblich die Renditen des Investors. Der Prozentsatz des wertvermehrenden Anteils kann im EnWI-Tool für Investition betreffend der Gebäudehülle als auch der Gebäudetechnik definiert werden. Folgenden Annahmen wurden getroffen:

    - Pinselsanierungen mit Heizungsersatz: 10%
    - Bauteilsanierungen je nach Art und Umfang: 30 - 50%
    - Vollumfängliche Sanierungen: 70%

  Gemäss Rückmeldung vom Hauseigentümerverband sind diese Annahmen im Vergleich zu Praxis offenbar eher hoch. Effektiv beträgt die Überwälzung bei Sanierungen max. 60% und in machen Landteilen, wie der Westschweiz sogar nur max. 40%.

3.2. Daten, Parameter, Methodik

Im EnWI-Tool werden Annahmen getroffen (siehe Abbildung 1), deren Werte objekt- und ortsbezogen variiert werden können:

- Fossile Energiekosten sowie CO_2-Abgabesatz
  Die aktuellen Heizölpreise können z.B. bei HEV Schweiz abgerufen werden, Gaspreise beim örtlichen Energieversorger und der CO_2-Abgabesatz beim Bundesamt für Umwelt BAFU.

- Strompreise des Elektrizitätswerkes
  Die aktuellen Konditionen können meist auf der Homepage des Energieversorgers eingesehen werden.
- Annuitäten, Finanzierung
  Zur Bestimmung von Annuitäts- und Kapitalisierungsfaktoren wird vom hypothekarischen Referenzzinssatz, publiziert vom Bundesamt für Wohnungswesen BWO, ausgegangen.
- Kapitalisierungsfaktoren für die Mietzinsüberwälzung
  Die Bestimmung des Kapitalisierungsfaktors basiert auf der Berechnung von wertvermehrenden Investitionen für Sanierungen gemäss Bundesgerichtsentscheid BGE 118 II 415 (siehe auch https://www.mietrecht.ch/fileadmin/files/Investitionen/Dokumente/BGE_118_II_415_Wertvernehrung.pdf).
- Grenzsteuersatz, Steuerabzug
  Der Grenzsteuersatz kann bei der Steuerverwaltung der Gemeinde angefragt oder über einen Steuerrechner im Internet berechnet werden. Der effektive Steuerabzug ergibt sich aufgrund der Einkommen der Investoren. Bei höheren Einkommen steigen die Steuerabzüge an. In der vorliegenden Studie wird vereinfachend von einem Steuerabzug von 25% ausgegangen.
- Subventionen
  Die Förderbeiträge für Sanierungen können bei den kantonalen Energiefachstellen abgerufen werden. Hilfreiche Angaben zu den Fördermitteln sind auch auf «Energiefranken.ch» erhältlich.
- Wertvermehrender Anteil von Investitionen
  Für jede einzelne Sanierungsvariante kann der wertvermehrende Anteil der Investition eingegeben werden. In den folgenden Berechnungen wurde für umfassenden Erneuerungen ein Mehrwertanteil von 50%-70% gemäss Verordnung über die Miete und Pacht von Wohn- und Geschäftsräumen - VMWG, Art. 14 Abs. 1 angewendet. Anderenfalls wurde die Tabelle «Beispiele häufiger Ersatzinvestitionen» abrufbar auf der Homepage www.mietrecht.ch angewandt.

Berechnungsmethodik des EnWI-Tools:
Der Ist-Zustand eines Gebäudes wird zunächst im Inspire-Tool beschrieben und alle relevanten Parameter wie Gebäudegeometrie, Nutzungszweck, Zustand Gebäudehülle, Heizsystem, Zustand der Haushaltsgeräte eingegeben. Das Inspire-Tool berechnet aufgrund der hinterlegten Kennwerte den Energiebedarf eines Gebäudes im Ausgangszustand. Die Energiewerte, aufgrund der Annahmen, können mit den effektiven Verbrauchsdaten verglichen und eventuell angepasst werden. Danach können im Inspire-Tool bis zu neun verschiedene Sanierungsvarianten definiert werden. Im Inspire werden alle relevanten Bauteile, sei es für die Gebäudehülle oder für die Gebäudetechnik, einzeln berechnet. Die Energiewerte ergeben sich damit für beschränkte Bauteil-Sanierungen bis hin zu vollumfänglichen Gesamtsanierungen. Gleichzeitig werden die notwendigen Investitionskosten im Detail und gesamthaft ausgewiesen. Mit der Übertragung der Energie- und Kostendaten ins EnWI-Tool können die Veränderung der Bruttomieten, der Renditen und der Umwelteffekte berechnet werden.

Angaben zum ursprünglichen Nettomietzins lagen nicht bei allen Objekten vor. In den Fällen wurden typische Werte vom aktuellen Immobilienmarkt von vergleichbaren Gebäuden zur Berechnung herangezogen. Die Nebenkostenabrechnungen mit Angaben über Heizkosten, Abrechnungen des Allgemeinzählers sowie übrigen Nebenkosten, wie Unterhalt und Versicherungen lagen für die meisten Objekte vor.

Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit beim Einsatz von Photovoltaik wird zusätzlich der Eigenverbrauch mit dem PVopti-Tool für die betroffenen Sanierungsvarianten bestimmt und das Ergebnis ins EnWI-Tool übertragen.

Das EnWI-Tool berechnet automatisch alle relevanten Kenngrössen, die für Investoren eine wertvolle Entscheidungsgrundlage bei der Wahl der Sanierungsmassnahmen bilden: Siehe im Detail «Flussdiagramm Abbildung 2».

Grundannahmen zur Berechnung der Sanierungsvarianten

Energiekosten und CO2-Faktoren			
Heizöl			
Preis	85	CHF pro 100 lt	
Umrechnungsfaktor kWh/Liter	10.5	kWh/lt	
CO2-Emissionsfaktor	2.65	t / 1000lt	
CO2-Abgabesatz	96	CHF / t CO2	
Erdgas			
Preis	-		
Biogas-Anteil	10.5	%	
Umrechnungsfaktor CO2-Ausstoss	3.1	t / 1000lt	
Strom			
Preise			***Wärmepumpe***
Hochtarif (6h-21h)	0.1668	CHF/kWh	0.1118
Niedertarif (22h-5h)	0.1118	CHF/kWh	0.1118
Prozentualler Anteil Hochtarif	70%		
Durchschnittlicher Tages-Netzbezugspreis	0.15	CHF/kWh	
Vergütung Überschuss Photovoltaik-Strom	0.058	CHF/kWh	
Eigenverbrauch oder Verkauf Photovoltaik-Strom	0.1668	CHF/kWh	
Unterhalts- und Betriebskosten Photovoltaik	0.02	CHF/kWh	

Finanzierung		
Annuität	***Gebäudehülle***	***Gebäudetechnik***
Fremdkapitalanteil	70%	70%
Hypothekarzinsen	2.0%	2%
Risiozuschlag auf Fremdkapital	3.0%	3%
Zinssatz Eigenkapital	5.0%	5.0%
Weighted Average Cost of Capital (WACC)	2.9%	2.9%
Mittlere Nutzungdauer	30	20 Jahre
Nominaler Annuitätsfaktor der Investition	5.0%	6.7%
Inflation	0.5%	0.5%
Realer Annuitätsfaktor der Investition	***4.5%***	***6.2%***
Faktor Mietzinsüberwälzung	30	20 Jahre
hypothekarischer Referenzzinssatz	1.5%	1.5%
Risikozuschlag	0.5%	0.5%
Verzinsung 50%	1.0%	1.0%
Amortisation	3.3%	5.0%
Unterhaltspauschale	10.0%	10.0%
Kapitalisierungsfaktor Mietzinsüberwälzung	***4.8%***	***6.6%***
Steuern		
Grenzsteuersatz für Steuerabzug	25.0%	

Abbildung 1: Grundannahmen zur Berechnung der Sanierungsvarianten

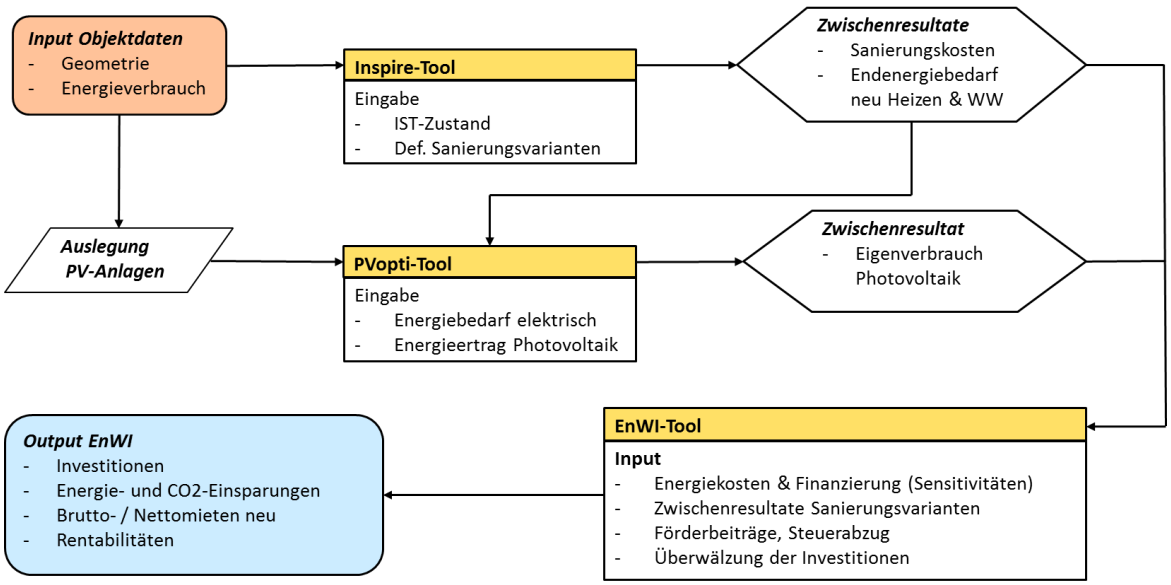


Abbildung 2: Darstellung der Berechnungsmethodik mit dem EnWI-Tool

3.3. Kenngrössen

Mit der EnWI-Analyse werden folgende Kenngrössen und Zwischengrössen berechnet:

Kenngrösse 1: Wertvermehrende Investition zur Überwälzung auf den Mietzins = Mietzinsüberwälzung

$$\mathbf{1})\ \boldsymbol{Mietzinsüberwälzung}\ [\boldsymbol{CHF}] = Investitionskosten\ ohne\ PV * wertvermehrender\ Anteil\ * Kapitalisierungsfaktor$$

Kenngrössen 2 und 3: Bruttomieten nach der Sanierung:

$$\mathbf{2})\ \boldsymbol{Bruttomiete\ neu}\ [\boldsymbol{CHF}] = Bruttomiete\ alt + Mietzinsüberwälzung$$

$$\mathbf{3})\ \boldsymbol{Änderung\ Bruttomiete}\ [\%] = \frac{Bruttomiete\ neu\ nach\ Sanierung}{Bruttomiete\ alt\ vor\ Sanierung}$$

Kenngrössen 4 - 8: Renditen

$$\mathbf{4})\ \boldsymbol{Nettorendite}\ [\%] = \frac{Mietzinsüberwälzung - Unterhaltpauschale\ der\ Investitionen}{Investitionskosten}$$

$$\mathbf{5})\ \boldsymbol{Nettorendite\ abzügl.\ Pinselrenovation}\ [\%] = \frac{Mietzinsüberwälzung - Mietzinsüberwälzung\ Pinselrenovation - Unterhaltspauschale\ der\ Investitionen}{Investitionskosten - Investition\ Pinselrenovation}$$

$$\mathbf{6})\ \boldsymbol{Eigenkapitalrendite}\ [\%] = \frac{Mietzinsüberwälzung + Erlös\ PV - Unterhalt\ PV - Fremdkapitalkosten}{Investitionkosten\ Eigenkaptial}$$

$$\mathbf{7})\ \boldsymbol{Energierendite}\ [\%] = \frac{Eingesparte\ Energiekosten + Erlös\ PV - Unterhalt\ PV}{Spezifische\ Investitionskosten}$$

$$\mathbf{8})\ \boldsymbol{Rendite\ Photovoltaikanlage}\ [\%] = \frac{Kosteneinsparung/Erlös\ Eigenverbrauch + Erlös\ Überschussenergie - Unterhalt}{Investitionskosten\ Photovoltaik}$$

Kenngrössen 9: Grenzkosten

$$\mathbf{9})\ \boldsymbol{Grenzkosten\ Energieeinsparung}\ [\boldsymbol{CHF/kWh}] = \frac{Investition\ Sanierungsvariante\ (SV)\ X - Investition\ SV\ X - 1}{Energieeinsparung\ Sanierungsvariante\ (SV)\ Y - Energieeinsparung\ SV\ Y - 1}$$

Die Grenzkosten von Energieeinsparungen berechnen sich aufgrund der marginalen Veränderungen von Investitionskosten dividiert durch die jeweiligen Energieeinsparungen.

Hinweis: In den nachfolgenden Berechnungsbeispielen wurden grundsätzlich die Grenzkosten von der Pinselsanierung (Ausgangsvariante) zu den anderen Sanierungsvarianten berechnet.

4. Kurzpräsentation der Ergebnisse von neun Gebäuden

4.1. Gebäude Nr. 1: Generisches Sechsfamilienhaus

Ausgangslage:

- EBF: 730 m2
- Anzahl Wohnungen: 6
- Ölheizung
- Flachdach
- Energiebedarf Heizen und **WW: 170'000 kWh/a oder 232 kWh/m^2/a (23 lt. Heizöl/m^2/a)**

Sanierungsvarianten, Investitionskosten und Energieeinsparung:

1. Investition Pinselrenovation CHF 125'000.- ohne nennenswerten energetischen Einspareffekt.
2. Bauteil-Sanierung «Sanieren optimal mit Solarenergie», neu mit Dach U-Wert 0.25, Fenster U-Wert 0.96, Wärmepumpe JAZ 2.5 und Photovoltaik 24 kWp, Investition CHF 320'000.-, jährliche Energieeinsparung: -130’000 kWh + 24'000 kWh PV-Produktion.
3. MuKEn-Sanierung der gesamten Gebäudehülle für ca. CHF 320'000 mit Energieeinspareffekt von -148'000 kWh/a, jedoch keine PV-Produktion.
4. Minergie-Sanierung kostet max. CHF 550'000.-, dabei würde der Endenergiebedarf mit 71 kWh/m2/a auf unter die geforderten 90 kWh/m2/a gesenkt werden. Eine Investitionskostenoptimierung wäre möglich. Bedingt durch die vollumfängliche Sanierung mit dem Einbau einer Komfortlüftung wurden zusätzliche Projektplanungskosten mit einberechnet. Die zusätzliche Energieeinsparung im Vergleich zu MuKEn ist mit ca. -10'000 kWh/a gering. Energieeinsparung: -155'000 kWh/a + 15'000 kWh/a PV-Produktion. Diese und alle folgenden Minergie-Varianten haben gemein, dass sie sich durch höheren Wohnkomfort und eine höhere Beständigkeit der Bausubstanz auszeichnen als einfachen Bauteil-Sanierungsvarianten.
5. Minergie-P-Sanierung, vergleichbar mit Minergie-Sanierung bei leicht höheren Investitionen von CHF 575'000.- und leichter Verbesserung der Energieeinsparung -157'000 kWh/a + 15'000 kWh/a PV-Produktion.
6. Im Weiteren wurden 3 Varianten als Plusenergie-Gebäude gerechnet, diese übertreffen die Anforderungen gemäss MuKEn und den Labels Minergie bei zusätzlichen Investitionskosten. Bei der Variante GEAK B Plus wurde zusätzlich zu den Anforderungen des GEAK B noch so viel Photovoltaik installiert damit ein «Plus» erzielt wird. Die reinen Investitionen für den GEAK B würde leicht unter denen von Minergie liegen, CHF 500'000.- + Photovoltaik CHF 160'000.-. Jährliche Energieeinsparung des GEAK Plus: -154'000 kWh + 40'000 kWh PV-Produktion.
7. Bei der Variante MuKEn Plus sind die Investitionen vergleichbar hoch wie bei der Variante GEAK B Plus CHF 640’000. Die Investitionen in die Sanierung der Gebäudehülle sind geringer, dafür für die Photovoltaik höher. Die jährliche Energieeinsparung beträgt: -148'000 kWh + 48'000.- kWh PV-Produktion.
8. Wird aus der Minergie-Sanierung ein «Plus» gemacht unter Berücksichtigung der maximal anrechenbaren Überschussenergie aus Photovoltaik von 40%, dann sind neben der Investition für Minergie von CHF 550'000.- noch Zusatzinvestitionen von ca. CHF 300'000.- notwendig für die Photovoltaik auf Dach und an der Fassade sowie einem Energiespeicher. Neben den Energieeinsparungen von -155'000 kWh/a würde noch zusätzlich +52'000 kWh/a PV-Energie geliefert werden.
9. Bei der Minergie-A-Variante wurde ein gewichteter Gesamtenergiebedarf von -1 kWh/m^2/a bei einer Investition von CHF 860'000.- berechnet. Die Mindestanforderung an den Gesamtenergiebedarf für Minergie-A beträgt jedoch nur 35 kWh/m^2/a. Bei möglichen Einsparungen an der Solarfassade von ca. CHF 200'000.- würde das Minergie-A-Label mit ca. CHF 660'000.- trotzdem erreicht werden. Die Energieeinsparungen betragen wie bei Minergie-P -157'000 kWh/a und +45'000 kWh/a PV-Produktion, resp. +27'000 kWh/a PV-Produktion um den die Mindestanforderungen Minergie-A zu erfüllen.

Energiebedarfsänderung/Energieproduktion: Der Energiebedarf wird bereits mit der Sanierung «optimal mit Solarenergie» massiv reduziert. Es findet ein Rückgang um rund 130'000 kWh/a statt. Der Energieverbrauch lässt sich mit den «Topvarianten» (Höchste Sanierungstiefen) Minergie-P und -A nur noch um weitere 27‘000 kWh/a auf rund 157'000 kWh/a reduzieren. Dies ist gegenüber der gezielten Bauteilsanierung wie in Variante «Sanierung optimal mit Solarenergie» nur eine Steigerung von 20% bei fast doppelten Investitionskosten, die allerdings nicht nur energetisch bedingt sind und auch zu weiteren Komfortverbesserungen führen.
Mit dem Bau von Solaranlagen kann mit Erträgen von rund 7'000 kWh/a bis über 45'000 kWh/a gerechnet werden.

Mit dem Ersatz des fossilen Heizsystems durch eine Wärmepumpe ab der Variante 2 können mit der Energieverminderung praktisch gleichzeitig massive CO_2-Einsparungen realisiert werden. Es wird davon ausgegangen, dass der eingesetzte Strom praktisch CO_2-frei ist und überhaupt Wärmepumpensysteme bzw. andere Heizsysteme mit erneuerbaren Energien realisiert werden können, also keine technischen Hindernisse bestehen. Beide Annahmen sind kritisch zu prüfen bzw. zu hinterfragen. Sie stellen keine Selbstverständlichkeit dar. Im Folgenden «Exkurs 1: CO_2-freier Strom, erneuerbare Heizsysteme, insbesondere Wärmepumpen» wird kurz darauf eingegangen.

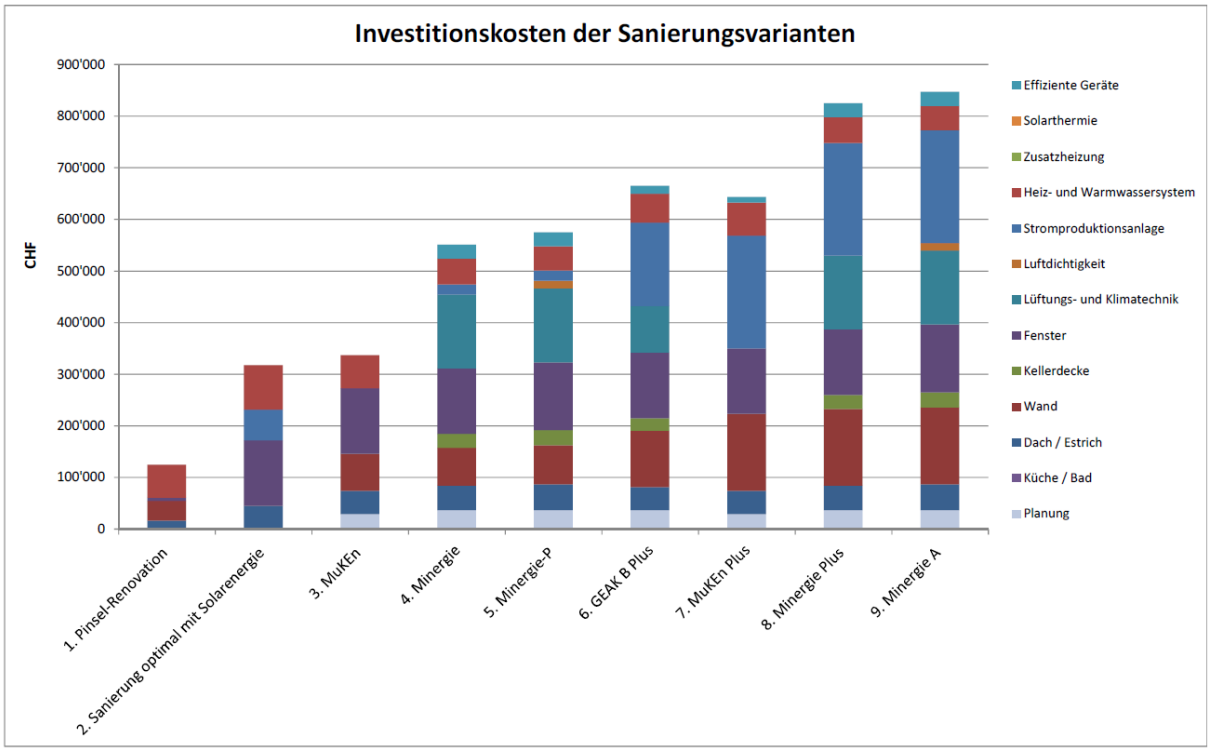


Abbildung 3: Vergleich der Investitionskosten der Sanierungsvarianten

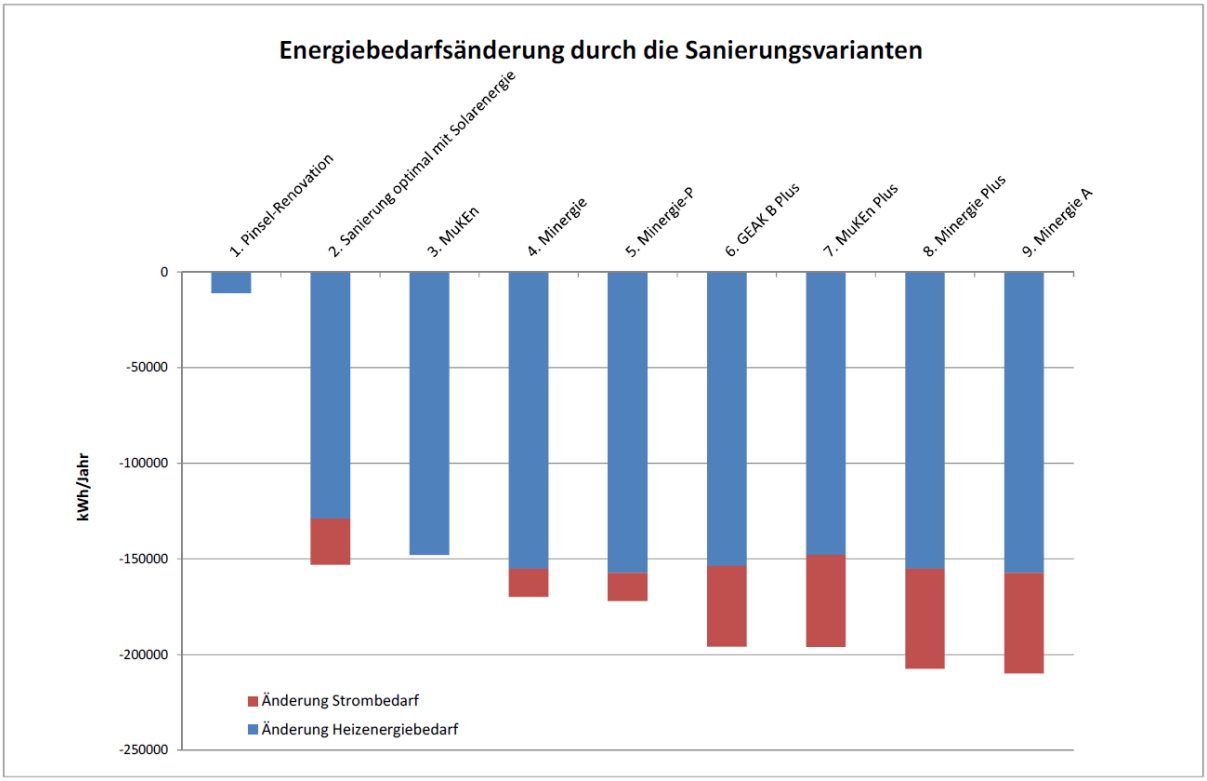


Abbildung 4: Energiebedarfsänderung durch die Sanierungsvarianten

«Exkurs: CO_2-freier Strom, erneuerbare Heizsysteme, insbesondere Wärmepumpen».

Der Betrieb von erneuerbaren Heizsystemen, insbesondere von Wärmepumpen benötigt Strom. Dabei wird seit Jahren diskutiert mit wie hohen CO_2-Emissionen der Stromverbrauch verbunden ist. Das BAFU nimmt für den Strom unterschiedliche Gewichtungen bezüglich dem CO_2-Gehalt vor:
- Produktionsstrommix: 23.6 CO_2/kWh
- Lieferanten-Strommix: 138.5 CO_2/kWh
- Durchschnittlicher erneuerbarer Strommix: 9.0 CO_2/kWh
- Verbrauchter Strommix: 169.0 CO_2/kWh.

Wir sind der Meinung, dass für die Schweiz mit dem durchschnittlichen erneuerbaren Strommix (9.0 CO_2/kWh) sinnvoll gerechnet werden kann, da praktisch nur noch erneuerbarer Strom in der Schweiz zugebaut wird und dies auch den offiziellen Zielsetzungen entspricht. Dieses Vorgehen ist für die Erreichung der Energiewende eine zwingende Voraussetzung. Entsprechend sollten zusätzliche Stromimporte vermieden oder beim fossilen Strom Belastungen erhoben werden. Im Prinzip kann also mit der Realisierung von erneuerbaren Heizsystemen von praktisch CO_2-freiem Strom gesprochen werden. Letztlich ist es eine Frage der Rahmenbedingungen, inwiefern diese Aussage auch der Praxis entspricht.

Der Umstieg auf erneuerbare Heizsysteme entpuppt sich in unseren Untersuchungen als eine Schlüsselgrösse für das Ziel eines CO_2-freien Gebäudeparks. Dabei rückt ein breites Spektrum von Technologien ins Blickfeld: Wärmepumpen in den diversen Spielarten (Luft/Wasser-Wärmepumpe; Wärmepumpe mit Erdsonden, Erdregister, Einbezug von weiteren Wärmequellen wie Abwasser, Solarthermie mit Speicher; Nah- und Fernwärmesysteme mit erneuerbaren Energiequellen; Pellet-Holzfeuerungen; Biogas). Die Funktionstüchtigkeit, Zulässigkeit, Effizienz etc. ist in jedem Fall zu prüfen. Die Möglichkeiten sind gross. Weitere Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen sollten dazu beitragen, bestehende und vermeintliche Hindernisse (Keine Bohrungen, Übernutzung der Wärmequellen, Lärmemissionen etc.) zu beseitigen. Bereits heute spricht praktisch nichts mehr gegen einen Umstieg auf erneuerbare Heizsysteme und die Umsetzung notwendiger, grosser qualitativen Umstellungen. Damit dies aber effektiv passiert, sind noch gewaltige Anstrengungen nötig: Mehr Anreize, Bewusstsein, Informationen, Know-how, frühzeitige Planungen, kreative Überwindung bei einem abrupten Heizungsausfall.

Veränderung Bruttomieten: Die Bruttomiete beträgt vor der Sanierung total ca. CHF 140'000.–. Die Kosten der energetischen Sanierungsvarianten werden mit 70% auf die alte Nettomiete überwälzt. Für die Pinselrenovation werden jeweils 10% überwälzt. Da es sich um Unterhaltsaufwand handelt ist

diese Annahme nur bedingt zulässig und lässt sich allenfalls mit dem Mehrwert aufgrund der Effizienzsteigerung der Heizleistung begründen. Bei der Sanierung «Optimal mit Solarenergie» und MuKEn ergeben sich Bruttomietsteigerungen von 3% bis 4% (höhere Nettomieten, geringere Nebenkosten aufgrund Energieminderverbrauch) gegenüber der Ausgangsmiete. Für die Varianten mit noch grösseren Sanierungstiefen (Minergie und weitere vollumfängliche Sanierungsvarianten) betragen die Bruttomietsteigerungen zwischen 7% bis gut 10%. Dank den Subventionen ab dem Standard MuKEn reduzieren sich diese Bruttomietsteigerungen um je rund 3%.

Nettorenditen, Eigenkapitalrenditen: Die Nettorendite der Investitionen beläuft sich für alle Varianten, ausser der Pinselrenovation, auf etwa 3,5%. Dies ergibt sich aufgrund der Annahme, dass bei allen energetischen Sanierungen die gleiche Überwälzung von 70% angenommen wurde. Höhere Investitionskosten ergeben linear höhere Überwälzungen bzw. höhere Erträge für den Investor. Die Zulässigkeit und Plausibilität der Annahme von 70% Überwälzung wird im Kapitel 4 ausführlich diskutiert (Frage der möglichen höheren Verschuldung, Frage der Tragbarkeit höherer Bruttomieten auf dem «Mietermarkt», Risikobeurteilung etc.).
Bei der Pinselrenovation haben - bis auf den Ersatz der Ölheizung mit höherer Effizienz – alle Massnahmen nur werterhaltenden Charakter (Reparaturen, Instandhaltung mit zum Beispiel neuem Anstrich), die nicht überwälzt werden können und für den Investor somit keinen zusätzlichen Ertrag ergeben.
Dank der Steuerabzüge von 25% erhöht sich die Nettorendite auf die Investitionen um ca. 1% auf etwa 4,5%, was als recht bedeutsam bezeichnet werden kann.
Die Eigenkapitalrenditen betragen für die optimierten Sanierungsvarianten gut 8%. Werden zusätzliche Steuerabzüge von 25% beachtet, so erhöht sich die Eigenkapitalrendite um weitere 4%, was als bedeutsam bezeichnet werden kann.

Energierenditen, Rendite Photovoltaik (Definition siehe Seite 8): Die Energierendite beträgt für die Pinselrenovation gut 0,5%. Dies kann als sehr tief bezeichnet werden. Dies liegt daran, dass in dieser Variante nur die Ölheizung durch einen neuen effizienteren Ölkessel ersetzt wird.

Die höchste Energierendite weist die MuKEn-Sanierung mit 2.5% auf: In dieser Variante wird ein Optimum mit den energetischen Investitionen erreicht. Bei den maximalen Sanierungsvariante «GEAK B Plus», «MuKEn Plus», «Minergie Plus», «Minergie-A» sinkt die Energierendite auf ca. 2%. Es muss mehr investiert werden ohne grossen zusätzlichen energetischen Effekt.
Mit den Photovoltaik-Investitionen können ansehnliche bis sehr gute Energierenditen von 3 bis 5% erzielt werden. Bei den Varianten mit sehr hohen Solarflächen (Nutzung von Dach und Fassade wie bei GEAK B Plus, MuKEn Plus oder Minergie-A) reduziert sich die Rendite auf knapp 1%. Mit Solarfassaden kann der gewünschte Eigenstromverbrauch ohne Zwischenspeicherung erhöht werden, die niedrigeren Energieerträge als bei Dachanlagen und der höhere Aufwand zur Integration der Solarelemente in die Fassade lassen die Renditen sinken. Energetische Zielerreichung und optimaler Eigenstromverbrauch bei zukünftigem Ausbau der Elektromobilität sprechen jedoch bereits heute für den Einsatz der Photovoltaik in Fassaden.

Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 (Durchschnittskosten, Grenzkosten): Die tiefsten Kosten für eine eingesparte kWh werden mit der Variante 2 «Optimale Sanierung mit Solaranlage» erreicht. Die eingesparte kWh kostet über die gesamte Lebensdauer CHF 2.- pro kWh. Die weitergehenden Varianten haben erheblich höhere Kosten pro eingesparte kWh zur Folge. Die Kosten für die Minergie und Minergie-P betragen ca. CHF/ 3.30 pro kWh. Für maximale Sanierungsvarianten, wie z.B. Minergie Plus steigen die Kosten auf über CHF 4.- pro kWh. Bei Minergie-P und Minergie-A werden im Vergleich zur Variante 2 zusätzlich 27‘000 kWh/a eingespart, was mit zusätzlichen Investitionskosten von ca. CHF 300‘000.- verbunden ist. Es ergeben sich für jede zusätzlich eingesparte kWh ca. 11 CHF, was einer Steigerung um einen Faktor 5 gegenüber der Variante 2 entspricht.
Werden bei der Variante Minergie-A die gesamten Energieeinsparungen von 157‘000 kWh/a ins Verhältnis zu den gesamten Investitionskosten gesetzt, so ergeben CHF 4.20 pro kWh. Die Pinselsanierung ist bei diesem Vergleich weit abgeschlagen mit über CHF 11.- pro kWh, da trotz Investition kaum Energieeinspareffekte erzielt werden können. Die jährlichen Einsparkosten betragen minimal 7 Rp./kWh (Variante 2) und verdoppeln sich auf 14 Rp./kWh bei den Varianten mit grösster Eingriffstiefe. Sehr hohe Durchschnittskosten sind bei der Pinselrenovation mit 37 Rp./kWh zu verzeichnen.

«Exkurs: Minergiekosten»

Die – im Prinzip - hohen Kosten der Minergie-Standards sind auf zusätzliche Planungskosten, vor allem aber Kosten für die Komfortlüftung, Luftdichtheit der Gebäudehülle sowie energieeffiziente Haushaltsgeräte zurückzuführen. Wärmepumpe bei hocheffizienten Gebäudehüllen können mit einer kleinen Leistungszahl ausgelegt werden und sind daher vergleichsweise günstig. Viele zusätzliche Aufwendungen sind nicht direkt energie- bzw. CO_2 -relevant. Mit Minergie und Minergie-P werden zusätzliche Komforteffekte erzielt, die nicht unerheblich sind: Bessere Innenluft, weniger Lärm, Gebäude als Speicher, etc. Ebenfalls ist mit weniger Bauschäden zu rechnen. Die angeblich kostengünstigen Teilbau-Sanierungen können wegen den fehlenden, weitergehenden Investitionen im Prinzip nicht mit den Minergie-Varianten verglichen werden. Trotzdem ist es sinnvoll, in einem Zuge das breite Spektrum von Varianten anzugehen, um einen realitätsnahen Bezug zur Baupraxis zu erschliessen.

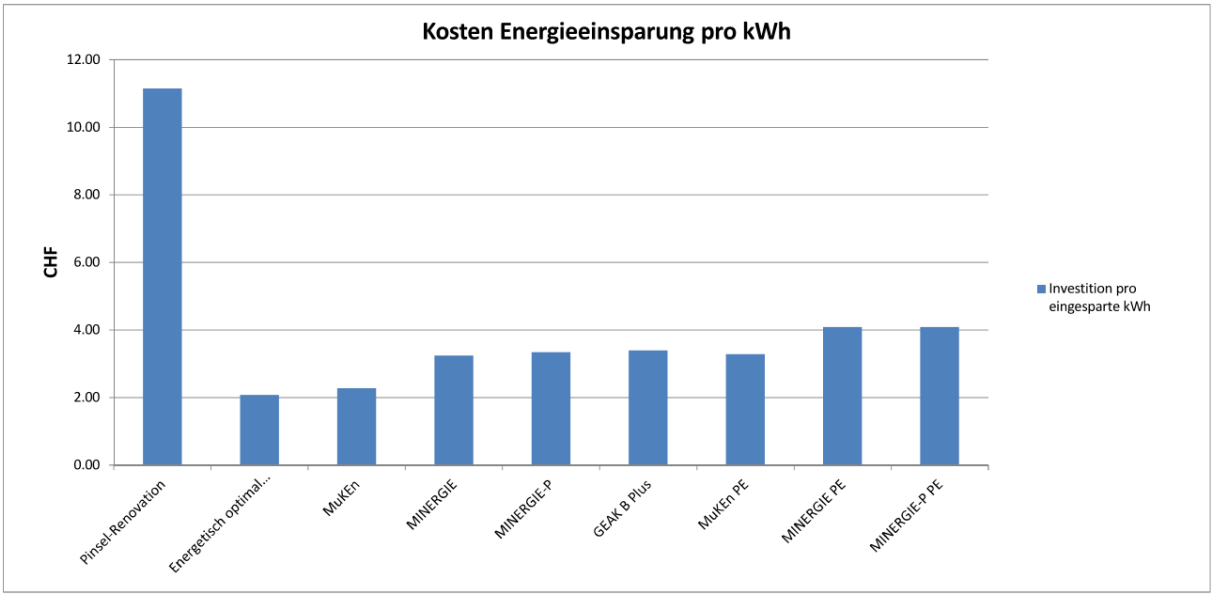


Abbildung 5: Kosten der eingesparten kWh über die gesamte Lebensdauer

Sensitivitäten von CO_2 -Abgabe: Es werden fünf unterschiedlich hohe CO_2 -Abgabesätze (von CHF 96 bis 336 CHF pro t CO_2) simuliert: Ausgangsvariante ist die aktuelle Abgabe von CHF 96 pro t CO_2. Es bestehen die oben erwähnten Investitionskosten, Energie- bzw. CO_2 -Einsparungen, Energierenditen, Durchschnittskosten pro eingesparte kWh etc.

Mit der Erhöhung der CO_2 -Abgabe verändert sich auf der Investorenseite unmittelbar nichts. Die höheren Energiekosten aufgrund der höheren CO-Abgabesätze werden in einem ersten Schritt vollumfänglich der Mieterschaft verrechnet. Im Fall der Variante 1 «Pinselrenovation» erhöhen sich - trotz Beachtung der Rückverteilung an die Mieterschaft aufgrund der CO_2 -Einnahmen - die Bruttomieten von rund 99% auf schrittweise rund 102% beim höchsten Abgabeniveau von CHF 336 /t CO_2. Die Wohnungseigentümer verfügen in der Variante 1 über Wohnungen mit höheren – bei steigender Abgabe - Bruttomieten. Alle weiteren Varianten 2 bis 9 verfügen über Wärmepumpen-Heizsysteme die ohne fossile Brennstoffe betrieben werden. Sie bleiben damit von höheren CO_2 -Abgabe bzw. höheren Energiepreisen verschont. Die Stromkosten bleiben ceteris paribus stabil. Dank der Rückverteilung der Mittel aus dem CO_2 -Topf an die Mieterschaft gehen die Bruttomieten um je ca.1% (bei der höchsten Abgabe um 4%) zurück. Alleine aufgrund der CO_2 -Abgabe entsteht in der «maximalen» Abgabevariante von CHF 336 /t CO_2 bei der Variante MuKEn im Vergleich zur Variante 1 «Pinselrenovation» eine Bruttomietabnahme von fast 7%, eine erhebliche Differenz, die bei der Mieterschaft zum Bezug – bzw. mindestens zur Nachfrage - von (optimal) sanierten Wohnungen führen wird. Bei den Investoren entsteht damit ein Wettbewerbsdruck, ihre Liegenschaften zu sanieren. Es lohnt sich dabei eine optimale Sanierung zu wählen, um möglichst tiefe Bruttomieten anbieten zu können. In allen anderen Varianten 2 bzw. 4-9 stellt sich ebenfalls - im Vergleich zur Pinselsanierung – eine Reduktion der Bruttomieten von ca. 5 bis 1 Prozent ein. Der Wettbewerbsdruck ist gegenüber der Variante MuKEn geringer, da in diesen Fällen die Reduktion unter das 100%-Niveau kleiner oder gar nicht vorhanden ist.

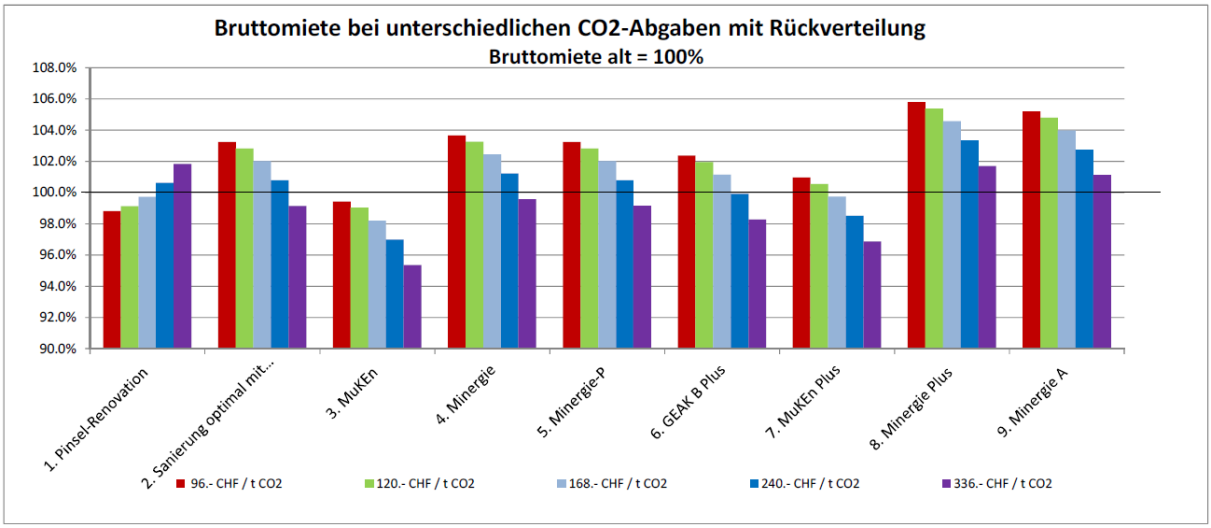


Abbildung 6: Bruttomiete bei unterschiedlicher CO_2-Abgabe mit Rückverteilung

Die Variante 2 «MuKEn» erweist sich im vorliegenden Fallbeispiel 1 als Win-win-win Situation: Die Mieter haben gegenüber dem nicht sanierten Gebäude - und knapp gegenüber der Pinselsanierung - tiefere Bruttomieten von rund 1% zu verzeichnen. Sie kommen zudem zu positiven Komforteffekten (z.B. weniger Aussenlärm). Die Investoren erhalten eine angemessene Rendite bei Investitionskosten mit einer nicht allzu hohen Belastung und einem überschaubaren Risiko. Die Umwelt wird durch deutliche Energie- und vor allem CO_2-Minderungen entlastet. Mit der höheren CO_2-Abgabe wird die Win-win-win-Situation zugunsten der Variante MuKEn deutlich ausgebaut. Es bestehen deutliche Anreize für die Investoren. Für die Mieterschaft wird ihre Einkommenssituation verbessert.

4.2. Gebäude Nr.2: Einfamilienhaus

Ausgangslage:

- Baujahr 1995
- EBF: 150 m2
- 10 cm Isolation in Dach und Fassade
- Fenster doppelverglast, Technologie-Stand 1995
- OG / Dachgeschoss: vorgehängte Holzfassade
- Insoliertes Steildach
- Ölheizung
- Energiebedarf Heizen und WW: 25'000 kWh/a oder 142 kWh/m2/a (16 lt. Heizöl/m2/a)

Sanierungsvarianten, Investitionskosten und Energieeinsparung:

1. Investition Öl-Heizungsersatz CHF 29'000.- ohne nennenswerten energetischem Einspareffekte (-1'600 kWh/a).
2. Bauteil-Sanierungen mit neue Gebäudetechnik mit Öl-Heizungsersatz, zusätzlich solarthermische Anlage zur Heizungsunterstützung, WW-Erzeugung mit Wärmepumpenboiler, zudem eine kleine Photovoltaikanlage mit 4 kWp für den Eigenstrombedarf. Investitionskosten: CHF 52'000: Jährliche Energieeinsparung: -5’600 kWh, + 4'000 kWh PV-Produktion.
3. Bauteil-Sanierungen mit neuer Gebäudetechnik mit Heizungsersatz durch Wärmepumpe und 7 kWp PV-Anlage. Investitionskosten CHF 53'000.-. Jährliche Energieeinsparung: -18’000 kWh, + 7'000 kWh PV-Produktion.
4. Bauteil-Sanierungen mit neuer Gebäudetechnik gleich wie in Fall 3, jedoch mit grösserer Photovoltaikanlage (10kWp) und Ersatz der alten Haushaltsgeräte durch hocheffiziente Geräte. Investitionskosten CHF 74'000.-. Jährliche Energieeinsparung -19'500 kWh, +10'000 kWh PV-Produktion
5. Gebäudehüllen-Sanierung nach MuKEn resp. GEAK B mit Wärmepumpe. Die zusätzliche Sanierung der Gebäudehülle verdoppelt die Investitionskosten auf CHF 150'000.-. Der totale energetische Einsparspareffekt von 21'000 kWh/a ist im Vergleich zu Variante 3 bzw. 4 (18'000 bzw. 19'500 kWh/a) gering, was mit der relativ guten Dämmqualität des Gebäudes erklärt werden kann. Photovoltaik wurde in dieser Variante nicht beachtet.
6. Sanierung nach Minergie: Zusatzinvestitionen in Komfortlüftung und Photovoltaikanlage bewirken einen Investitionsanstieg auf CHF 183'000.-. Jährliche Energieeinsparung -19'900 kWh, + 2'000 kWh PV-Produktion.
7. Sanierung nach Minergie-P: Vergleichbar mit Variante 6: Investitionskosten von CHF 200'000.-, jährliche Energieeinsparung -22'000 kWh, + 2'500 kWh PV-Produktion.
8. Minergie-A: Der geforderte Grenzwert für den gewichteten Gesamtenergiebedarf von 35 kWh/m^2 für Minergie-A wurde bei dieser Berechnung nicht erreicht. Es müssten weitere Investitionen in Photovoltaik oder in einen Energiespeicher erfolgen, wie in nachfolgender Variante 9 berechnet. Investitionskosten von CHF 210'000.-, jährliche Energieeinsparung -19'500 kWh, + 8'500 kWh PV-Produktion.
9. Variante Minergie-A: Investitionskosten von CHF 220'000.-, jährliche Energieeinsparung -19'500 kWh, + 8'500 kWh PV-Produktion. Eigenstromverbrauch von 20% auf 50% mit Hilfe eines Batteriespeichers gesteigert.

Energiebedarfsänderung/Energieproduktion: Bereits mit dem Austausch der Ölheizung durch eine Wärmepumpe wie in Variante 3 und 4 kann der Energieverbrauch um mehr als 18'000 kWh/a reduziert werden. Mit einer PV-Anlage für den Eigenverbrauch werden zusätzlich 7’000 bis 10'000 kWh/a Strom produziert. Die jährlichen Heizkosten liegen bei CHF 1.400.- gegenüber CHF 1'000.- bei Minergie /-A (JAZ 3.37) bzw. CHF 600.- bei Minergie-P (JAZ 4.75). Die Stabilität der Heizkosten mit Wärmepumpen hängt von der Strompreisentwicklung ab: Ist in Zukunft CO_2 -freier Strom im Winter erhältlich? Durch die vollumfänglichen Sanierungen mit Wärmedämmmassnahmen gemäss Varianten 5-9 führen nicht zu signifikanten zusätzlichen Energieeinsparungen (maximal ca. 10%). Wie bereits erwähnt, ist dies durch die bereits recht gute Gebäudehülle im Ausgangszustand bedingt.

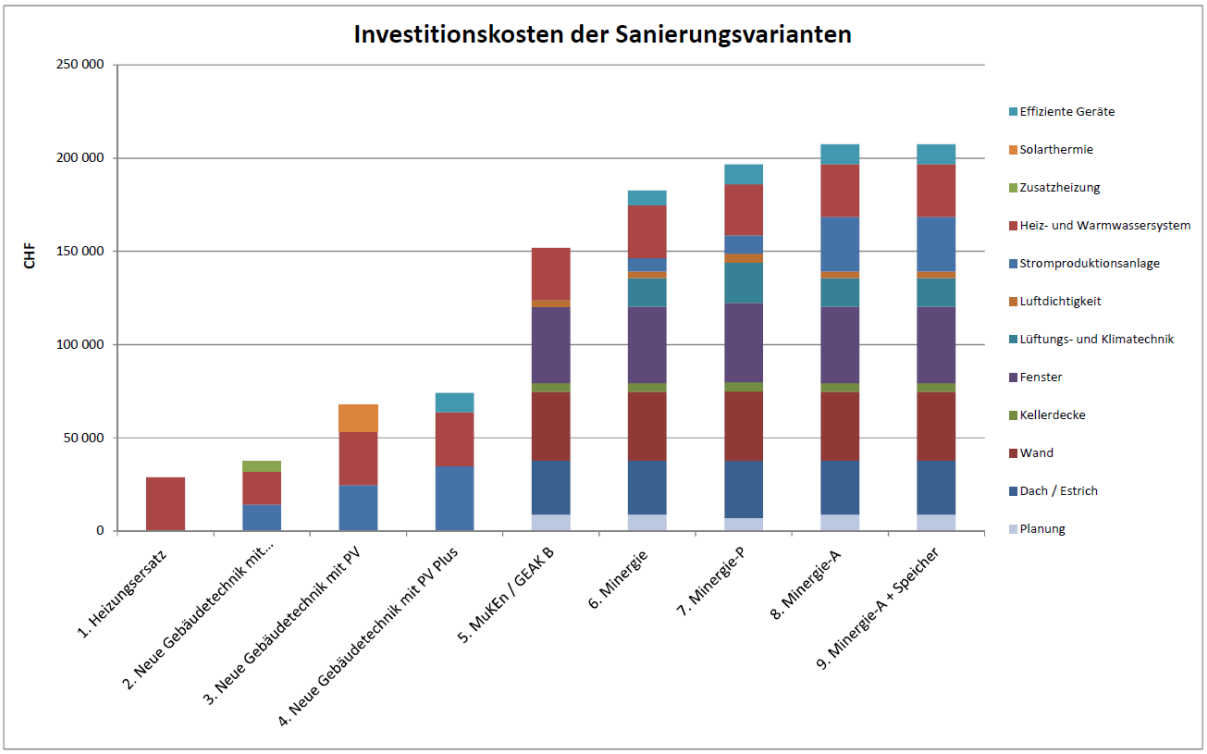


Abbildung 7: **Investitionskosten der Sanierungsvarianten im Beispiel 2**

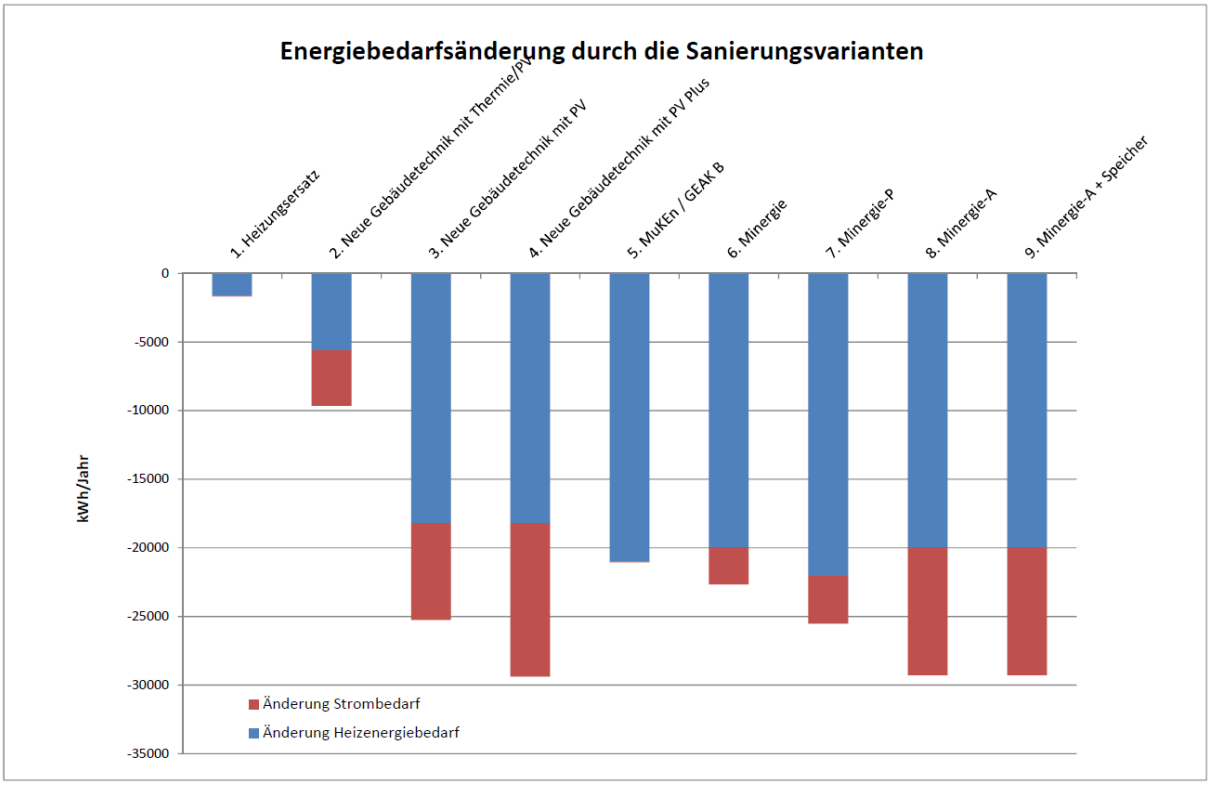


Abbildung 8: **Energiebedarfsänderung durch die Sanierungsvarianten im Beispiel 2**

Bruttomieten (vergleiche Abbildung 11, 1. Säule mit CHF 96 /t CO_2): Für die Bauteil-Sanierungen der Varianten 2 bis 4 (neue Gebäudetechnik mit Photovoltaik bzw. Thermie) bleiben die Bruttomieten - im Vergleich vor der Sanierung – praktisch konstant. Der Überwälzungssatz der wertvermehrenden Investitionen wurde für die Bauteil-Sanierungen mit 30% gewählt. Unter Beachtung von Subventionen, fallen die Bruttomieten sogar um rund 2% unter die 100%-Marke gemäss Ausganglage.

Bei der vollumfänglichen Sanierungsvariante MuKEn 2014, ist eine Zunahme der Bruttomiete auf 112% festzustellen. Für die Varianten Minergie, Minergie-P, Minergie-A, Minergie-A mit Speicher, steigen die Bruttomieten auf gut 116% bis knapp 120%. Die Subventionen reduzieren diesen Anstieg um 3% bis maximal 5%. Der Überwälzungssatz der wertvermehrenden Investitionen wurde für diese vollumfänglichen Sanierungsvarianten mit 70% berechnet.

Nettorenditen: Die Nettorenditen der Investitionskosten betragen für die Bauteil-Sanierungen (Variante 2 bis 4) gegen 2%. Die vollumfänglichen Sanierungen, wie MuKEn, sowie Minergie bis Minergie-A erzielen Nettorenditen von gut 3.5%, was mit dem höheren Überwälzungssatz zu begründen ist.

Eigenkapitalrenditen: Die Eigenkapitalrenditen betragen für die Bauteil-Sanierungen ca. 4%. Für die vollumfänglichen Sanierungsvarianten werden Renditen von gegen 8% erreicht.

Energierenditen: Die Energierendite ist bei den Sanierungsvarianten 3 und 4 mit 2,5% am höchsten. Für die Varianten «MuKEn» sowie Minergie, Minergie-P, Minergie A mit Wärmedämmmassnahmen reduziert sich die Energierendite auf 1% (entspricht den Ergebnissen von Fallbeispiel 1).
Am tiefsten liegt die Energierendite wiederum bei der Pinselsanierung (nur fossiler Heizungsersatz). Wiederum zeigt sich, dass mit Photovoltaik recht hohe Renditen von über 3% erzielt werden können. Dabei ist die Anlagedimensionierung ein ausschlaggebender Faktor: Bei heute gültigen Rückliefertarifen ist die Anlage tendenziell auf einen hohen Eigenverbrauch zu dimensionieren. Bei tiefen Rückliefertarifen werden die Skaleneffekte von PV-Anlagen tendenziell nicht genutzt. Eine Winterstromorientierung der PV-Anlagen dürfte bei heutiger Preispolitik ebenfalls zu kurz kommen.

Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 (Durchschnittskosten, Grenzkosten): Die Kosten der Energieeinsparung über die ganze Lebensdauer beträgt in den Varianten 3 und 4 rund CHF 2.- pro kWh wie beim Fallbeispiel 1. Die jährlichen Einsparkosten belaufen sich auf 7 bis 8 Rp./kWh was tendenziell unter den heutigen Stromkosten ohne Netzkosten liegt.

Mit den vollumfänglichen Sanierungsvarianten 5 bis 9 werden nur unwesentlich höhere Energieeinsparungen (ca. 2'000 kWh/a gegenüber Variante 3) erzielt. Die Investitionskosten sind jedoch um ca. Faktor 2 bis 4 höher im Vergleich zu den Bauteil-Sanierungen (zusätzlich CHF 70'000.- bis CHF 150'000.-). Somit ergeben sich für die Varianten 5 bis 9 sehr hohe Grenzkosten von 35.- bis 75.- CHF pro kWh über die gesamte Lebensdauer.

Die Grenzkosten für die Pinselsanierung sind mit ca. CHF 17 pro eingesparte kWh mit Abstand am höchsten.

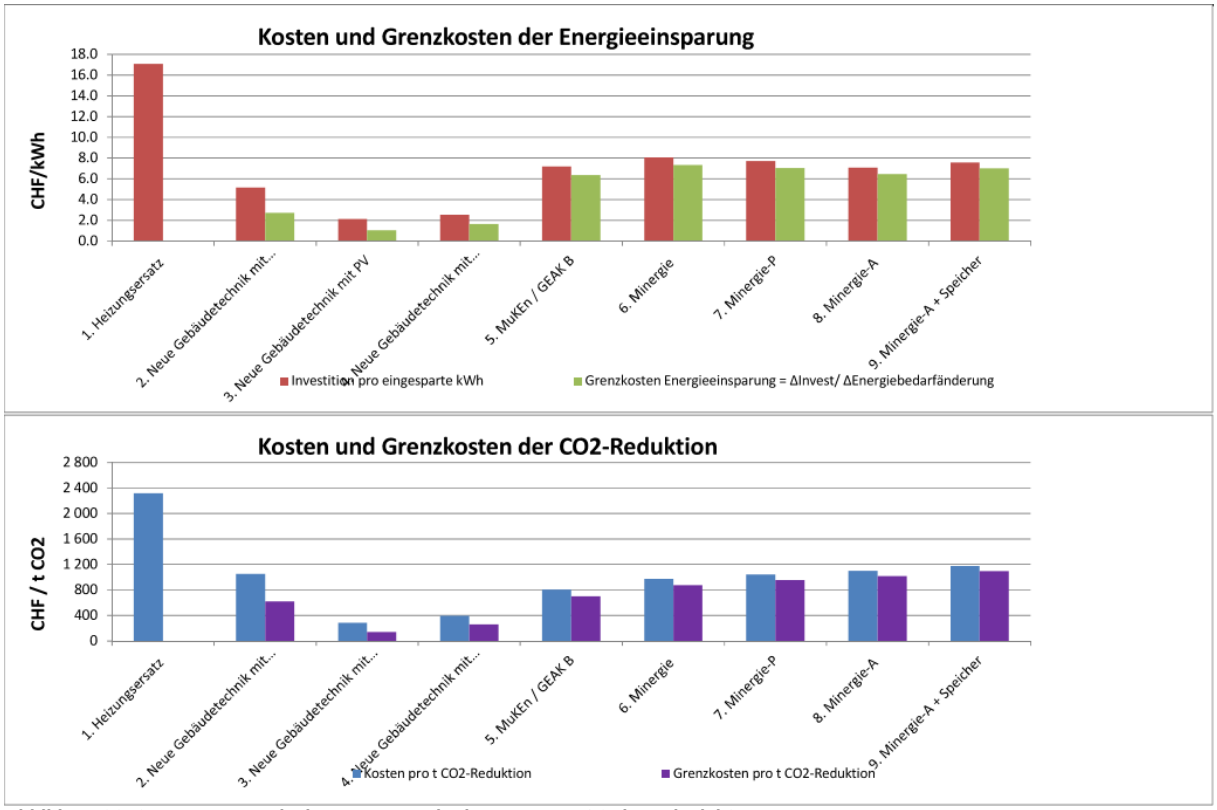


Abbildung 9&10: Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 im Beispiel 2

Sensitivitätsanalysen CO_2-Abgabe (Vergleiche dazu Abbildung 11): In den Varianten 1 und 2 werden ausschliesslich die fossilen Heizungssysteme durch neue fossile Heizungen ersetzt. Diese Systeme werden mit der höheren CO_2-Abgabe von CHF 210.- bzw. CHF 336.- pro t CO_2 belastet. Damit erhöhen sich die Bruttomieten was im Prinzip einen Anreiz zu energiesparendem Verhalten sowie CO_2-freien Investitionen auslöst. Aufgrund der Rückverteilung der CO_2-Einnahmen an die Haushalte erfahren diese einen positiven Einkommenseffekt. Wird die Rückverteilung von der gestiegenen Bruttomiete abgezogen, so zeigt sich, dass diese unter dem Strich praktisch gleich bleibt. Es werden also Energie- und Investitionseffekte ausgelöst ohne in einer Bilanz die Einkommenssituation zu verschlechtern.

Bei allen weiteren Varianten 3 bis 9 nehmen die Bruttomieten bei der höchsten Abgabestufe (CHF 336.-) um ca. 6% ab: Dank den erneuerbaren Heizsystemen müssen keine CO_2-Abgabe bezahlt werden. Die Rückverteilungen führen bilanziert zu den tieferen Bruttomieten.
Die «knappen» Win-win-win-Situationen bei den Varianten 3 und 4 werden deutlich bei zunehmendem CO_2-Abgabesatz verbessert. Angesichts der gleichzeitig, recht deutlichen Energieverminderungen und den zu erwartenden positiven Renditen ist von einer optimalen Investitionssituation zu sprechen. Die Umwelt wird deutlich entlastet. Es werden Anreize in die richtige Richtung geschaffen. Mit Steuererleichterungen und Subventionen werden die Bruttomieten um je rund 3% weiter reduziert.

Bei den vollumgänglichen Sanierungen gemäss Variante 5 bis 9 werden – unter den getroffenen Annahmen – eher beschränkt zusätzliche Energieeinsparungen realisiert. Die Investitionskosten sind deutlich höher. Die Energierenditen sind deutlich geringer als in den Varianten 3 und 4. Dank den erneuerbaren Energiesystemen müssen keine CO_2-Abgabe bezahlt werden. Auf einem relativ hohen Niveau der Bruttomieten kann von der Rückverteilung profitiert werden. Diese verharren aber – ausser bei MuKEn – bei hohen CO_2-Abgaben auf deutlich über 110%. Steuererleichterungen und Subventionen reduzieren die Bruttomieten – im Rahmen der berechneten Annahmen - um je rund 3% auf immer noch über 100%. Es stellt sich die Frage, ob sich eine derartige Förderung für die Umwelt und die Investoren lohnt, die mit deutlich höheren Risiken auf dem Finanzmarkt und dem Liegenschaftsmarkt zu rechnen haben? Kritsch müssen gleichzeitig die Annahmen über vor allem die Strompreise unter die Lupe genommen werden: Müssten diese im Winter wegen Knappheiten und evtl. der CO_2-Belastung nicht höher liegen? Bei höheren Strompreisen würden die Heizkosten in den Varianten 3 und 4 gegenüber den vollumfänglichen Sanierungen relativ stärker ansteigen. Der Spielraum für rentable Wärmedämmmassnahmen würde sich vergrössern. Umgekehrt: Bei einem ubiquitären Angebot von erneuerbarem Strom mit tiefen Preisen vor allem im Winter würde sich die Varianten 3 und 4 verbessern.

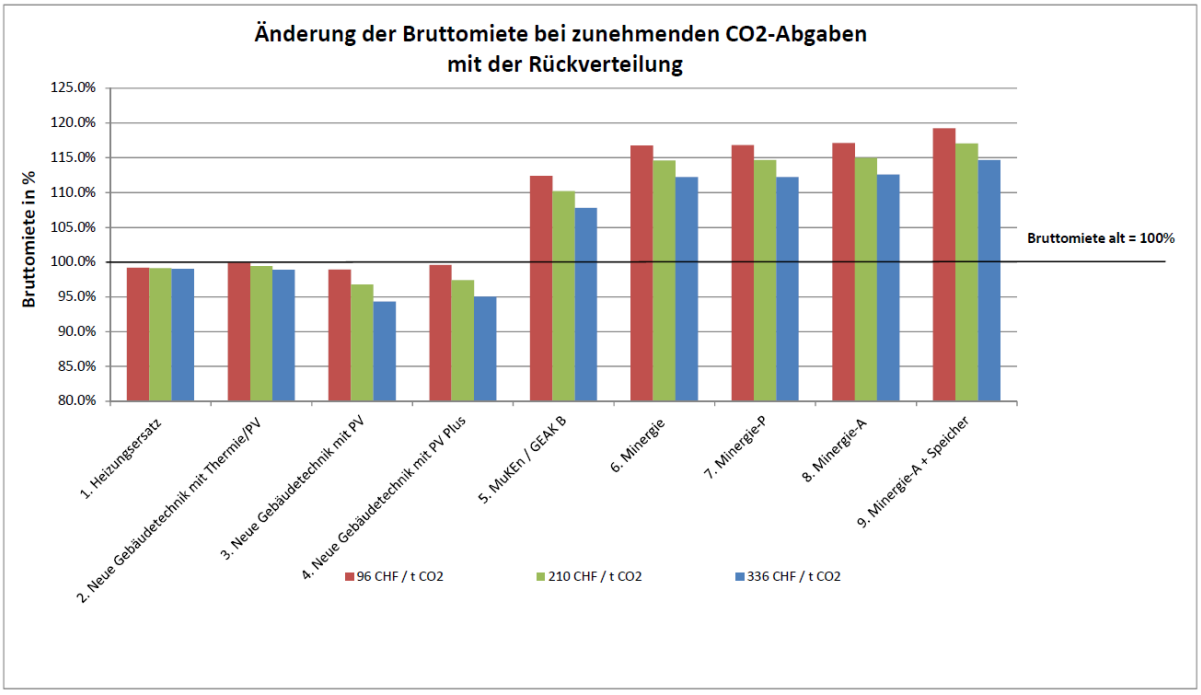


Abbildung 11: Neue Bruttomieten bei unterschiedlicher CO_2-Abgabe mit Rückverteilung Beispiel 2

4.3. Gebäude Nr. 3: Zwölffamilienhaus

Ausgangslage:

- EBF: 800 m2
- Gasheizung
- Steildach
- Energiebedarf Heizen + WW: 155'000 kWh/a oder 196 kWh/m2/a (20 lt. Heizöl/m2/a)
- Warmwasser wird mit Elektroboiler in den Wohnungen erzeugt

Sanierungsvarianten, Investitionskosten und Energieeinsparung:

1. Pinselsanierung mit Fensterersatz: Wände streichen und Ersatz der alten Fenster, Investition CHF 220'000.-, jährliche Energieeinsparung: -7'000 kWh.
2. Pinselsanierung mit Fensterersatz, neues zentrales Warmwassersystem mit Wärmepumpe und Thermiekollektoren: Investition CHF 270'000.-, jährliche Energieeinsparung: -25'000 kWh.
3. Bauteil-Sanierung: Renovation der Fassade mit neuen Fenstern und Dämmung: Investition CHF 360'000.-, jährliche Energieeinsparung: -47'000 kWh.
4. Bauteil-Sanierung: Fenster und isoliertes Dach, 30 kWp Photovoltaik-Indachanlage. Investition CHF 420'000, jährliche Energieeinsparung: -39'000 kWh, +30'000 kWh PV-Produktion.
5. Bauteil-Sanierung: Fenster und isoliertes Dach, + 72kWp Photovoltaik-Indachanlage und neues Heizsystem mit Sole/Wasser-Wärmepumpe (JAZ 3.2). Investition CHF 670'000.-, jährliche Energieeinsparung: -124'000 kWh, + 65'000 kWh PV-Produktion.
6. Vollumfängliche Sanierung nach MuKEn: Sanierung der Gebäudehülle, jedoch nur mit Isolation des Estrichs, ohne Dacherneuerung, mit Sole/Wasser-Wärmepumpe (JAZ 3.6). ohne PV-Anlage, Investition CHF 550'000.-, jährliche Energieeinsparung: -135'000 kWh.
7. Vollumfängliche Sanierung mit Minergie-Label: Sanierung der Gebäudehülle, Sole/Wasser-Wärmepumpe (COP 3.7), Komfortlüftung, neues insoliertes Dach mit kleiner Photovoltaik-Indach-Anlage. Investition CHF 880'000.-, jährliche Energieeinsparung: Heizen -137'000 kWh, energiesparsame Haushaltsgeräte -10'000 kWh, Photovoltaik +8'000 kWh.
   Die Variante 7 stellt in einem gewissen Sinn eine Maximalvariante dar. Im Prinzip sind kann ein Minergie-Label auch mit tieferen Investitionskosten erreicht werden.
   Die höheren Kosten zu Variante 6 sind begründet durch die Komfortlüftung und neue energiesparsame Haushaltsgeräte. Im Vergleich zu Variante 5 bei der nur der Estrichboden isoliert wurde, bewirkt die sinnvolle aber nicht zwingend notwendige Dacherneuerung einen weiteren Kostensprung.
8. Minergie-P-Sanierung: Gleiche Sanierungsvariante wie die Variante Minergie, jedoch mit einer hochwertigeren Komfortlüftung und Insolation (U-Wert 0.15 anstatt 0.20). Investition CHF 1'000'000.-, jährliche Energieeinsparung: Heizen -141'000 kWh, energiesparsame Haushaltsgeräte -10'000 kWh, Photovoltaik +8'000 kWh.
9. Minergie-A-Sanierung: Gleich wie Minergie-P, jedoch mit 52kWp Photovoltaik-Indachanlage zur Erreichung der Minergie-Kennzahl von 35 kWh/m^2. Investitionskosten total CHF 1'100'000.-, jährliche Energieeinsparung: Heizen -141'000 kWh, energiesparsame Haushaltsgeräte -10'000 kWh, Photovoltaik +47'000 kWh.

Energiebedarfsänderung/Energieproduktion: Die Bauteil-Sanierungen (Fenster, Dach bzw. Fassade) der Varianten 1 bis 4 haben auf den Energieverbrauch einen relativ begrenzten Einfluss: Es können nur maximal 50'000 kWh/a von 155'000 kWh/a fossile Energie eingespart werden. Erst mit einem nicht-fossilen, effizienteren Heizsystem werden weitere markante Energieeinsparungen erreicht und zusätzlich die CO_2-Emission deutlich gesenkt werden.
Der Energiebedarf und die CO_2-Emissionen reduzieren sich erheblich mit der Variante 5 (Dachsanierung, Fenster, Wärmepumpe, Photovoltaik) um rund 130'000 kWh/a. Die CO_2-Emissionen tendieren – bei tiefer Bewertung des CO_2-Gehalts des Stroms- gegen Null. Der Energieverbrauch wird durch die vollumfänglichen Sanierungen gemäss den Varianten MuKEn, Minergie, Minergie-P, Minergie-A nur um etwa weitere 5% bis 15% zusätzlich reduziert.
Mit einer optimal dimensionierten Photovoltaikanlage können mindestens 30'000 bis 60'000 kWh Strom produziert werden.

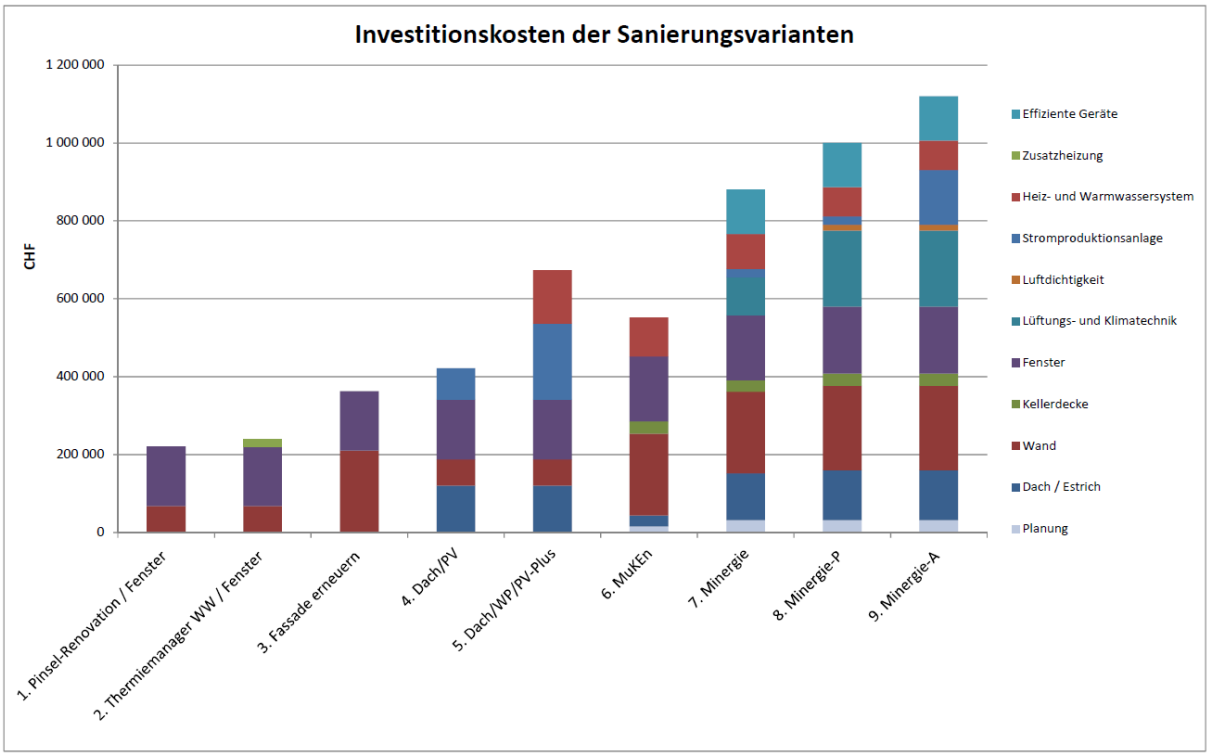


Abbildung 12: Investitionskosten der Sanierungsvarianten im Beispiel 3

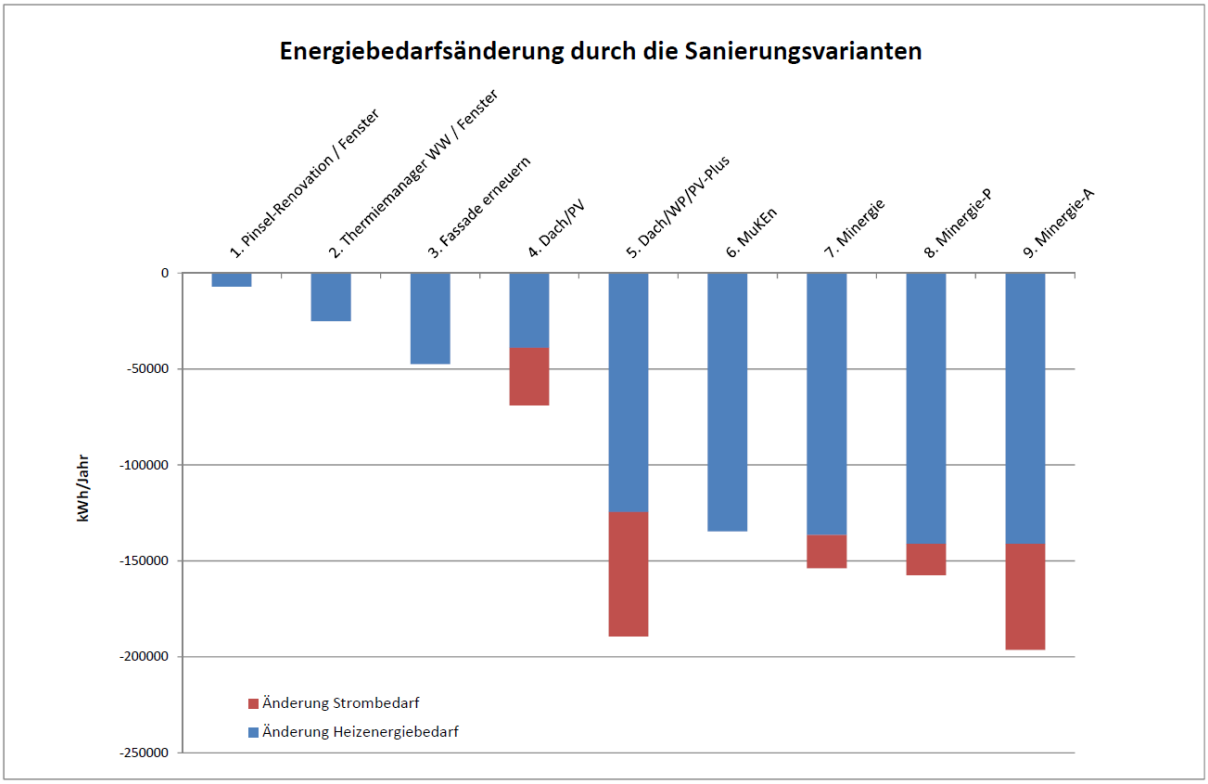


Abbildung 13: Energiebedarfsänderung durch die Sanierungsvarianten im Beispiel 3

Veränderung Bruttomieten (vergleiche Abbildung 15, jeweils 1. Säule): Für die Varianten 3 bis 9 wurden zur Berechnung der neuen Bruttomieten 70% der Investition auf die alte Nettomiete überwälzt. Für die Varianten 1 und 2 wurden 10% Überwälzung berechnet. Die Bruttomieten dieser beiden Varianten bleiben daher – unter gleichzeitiger Beachtung der relativ geringen Energieeinsparungen - praktisch gleich.
Für die Sanierungsvarianten 3 bis 6 (u.a. Erneuerung der Fassade) erhöhen sich die Bruttomieten um

rund 5%. Dank der Subventionen, welche an die Mieter weitergegeben werden müssen, wird die Mietzinserhöhung um ca. 2% reduziert.
Deutlich höhere Bruttomieten zwischen 12% bis 15% entstehen mit Minergie, Minergie-P, Minergie-A. Die Subventionen führen zu einer Reduktion um ca. 3%.
Die Tragfähigkeit von Mietzinserhöhungen hängt von der allgemeinen Verfassung des Liegenschaftenmarktes ab: Bei geringen Leerbeständen und einer hohen Nachfrage sind höhere Überwälzungen bzw. Bruttomieten eher tragbar. Hohe Leerstände und eine geringe Nachfrage nach Wohnungen limitieren die Realisierung von höheren Bruttomieten.

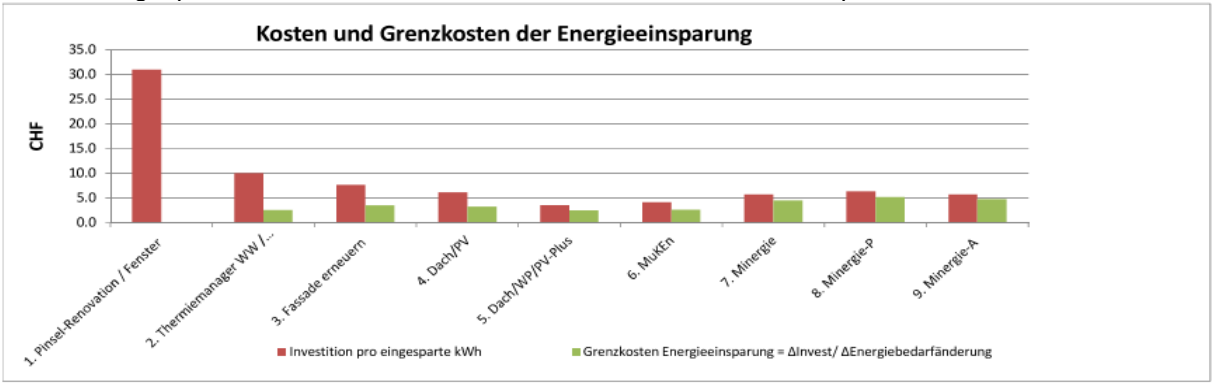
Nettorenditen: Für die ersten beiden Varianten 1 bzw. 2 mit der geringen Überwälzung von 10% können Nettorenditen auf den Investitionen von nur knapp 0,5% erzielt werden. Für alle weiteren Varianten 3 bis 9 belaufen sich die Nettorenditen auf ca. 3%. Bei anteilsmässig steigenden Investitionen in die Gebäudehüllen-Sanierung, steigen aufgrund der längeren Amortisation der Gebäudehülle (30 Jahre) als der Gebäudetechnik (20 Jahre) die Renditen leicht an. Die Steuerabzüge von 25% erhöhen die Renditen linear um ca. 1% auf gut 4%. Die Subventionen haben hingegen keinen Einfluss auf die Renditen.

Die **Eigenkapitalrenditen** werden in den ersten beiden Varianten mit gut 2% negativ ausgewiesen. Für die weiteren Varianten 3 bis 9 betragen sie mindestens 6 % und steigen bis 9%. Die Schwankungen der Renditen werden zudem durch die unterschiedlichen Erlöse der Photovoltaikanlagen ausgelöst. In der Variante 5 (Dach/Wärmepumpe/PV) ist die Eigenkapitalrendite mit 9% am höchsten, was auf die hohen PV-Erlöse (ca. CHF 10'000 CHF/a) zurück zu führen ist. Die hohen PV-Erlöse sind mit den vergleichsweisen hohen Überschusstarifen des Energieversorgers von 15 Rp./kWh begründet.

Energierenditen: Die Energierendite ist mit knapp 2,5% bei der Variante 5 «Dach/Wärmepumpe/PV» eindeutig am höchsten. Für die weiteren vollumfänglichen Sanierungsvarianten werden rund 1,5% oder weniger erreicht. Es bestätigt sich, als Ergebnis der ersten beiden Beispiele, dass der Energierendite-Peak bei einer «optimierten» Sanierung liegt.

Die Renditen der Photovoltaikanlagen mit 4,5% bis 6% zeigt erneut, dass bei Überschusstarifen (im Kt. Solothurn aktuell 15 Rp./kWh) nahe an der Gestehungskosten der Photovoltaik profitabel ist. Es ist angezeigt, dafür zu sorgen, dass die vorhandenen Potentiale gebäudespezifisch voll ausgeschöpft werden können.

Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 (Durchschnittskosten, Grenzkosten): Mit der Variante 5 «Dach/Wärmepumpe/PV Plus» werden mit 12 Rp./kWh die tiefsten jährlichen Kosten für eine eingesparte kWh erzielt. Für Variante 6 «MuKEn» sind es 14 Rp./kWh.



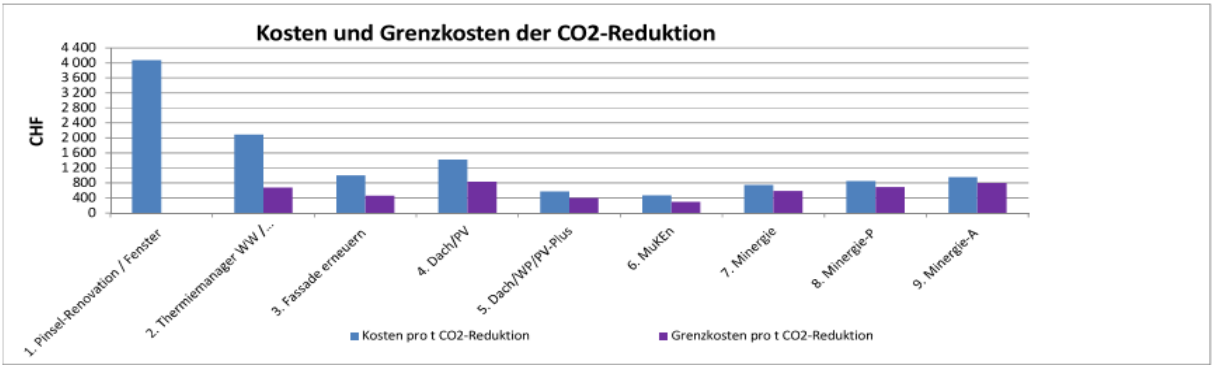


Abbildung 14: Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 im Beispiel 3

Für die weitergehenden Varianten 7-9 betragen die Durchschnittskosten rund 20 Rp./kWh für eine eingesparte kWh/a. Die durchschnittlichen Kosten für eine eingesparte Tonne CO_2 pro Jahr liegen bei Variante 6 «MuKEn» mit CHF 469.- am tiefsten. Für die Variante 5 «Optimiert» ergeben sich CHF 572.-. Alle weitergehenden Varianten mit Minergie liegen über CHF 700.- pro Tonne CO_2. Die ersten drei Varianten weisen Kosten von über CHF 1'000.- bis über CHF 4'000.- auf.

Sensitivitätsanalysen CO_2-Abgabe: Die Sensitivitätsanalysen für die CO_2-Abgabe zeigen für die ersten vier Varianten praktisch konstante Bruttomieten: Die fossilen Heizsysteme bleiben bestehen und es werden Bauteil-Sanierungen zur Wärmedämmung durchgeführt. Es müssen höhere Abgabe bezahlt werden und damit höhere Bruttomieten in Kauf genommen werden. Damit werden Energiespareffekte ausgelöst und im Prinzip Anreize für Investitionen weg vom Heizöl geschaffen. Die Rückverteilungen vermögen den Anstieg der Bruttomieten rein rechnerisch zu dämpfen (Variante 1 und 2) oder gar gänzlich zu «neutralisieren» (Varianten 3 und 4). Einkommensmässig fahren die Wohnungen mit Brennstoffen unter dem Strich im Prinzip nicht schlechter.
In den Varianten 5 bis 9 finden Massnahmen zur Wärmedämmung und eine Umstellung auf Sole/Wasser-Wärmepumpen statt. Die fossilen Energieträger fallen weg. Es müssen keine CO_2-Abgabe bezahlt werden. Die Rückverteilungen reduzieren die Bruttomieten. In den Varianten 5 und 6 reduzieren sich die Bruttomieten bei hoher CO_2-Abgabe fast auf das Ausgangsniveau von 100% vor der Sanierung. Für die Mieterschaft ist es interessant, in derartig sanierte Gebäude zu wechseln. Die Investoren erzielen mit den Varianten 5 und 6 angemessene Renditen ohne übermässige Investitionskosten mit höheren Risiken tragen zu müssen. Gleichzeitig verbessert sich die Wettbewerbsfähigkeit der Wohnungen auf dem Liegenschaftsmarkt. Zudem werden die höchsten Energierenditen erzielt. Aus sozialpolitischer Sicht weisen die Varianten 5 und 6 klare Vorteile auf. Zudem wird die Umwelt in einem hohen Ausmass entlastet.
Die weitergehenden Varianten 7 bis 9 (Minergie bis Minergie-A) bringen nur noch geringe, aber teure, zusätzliche Energieeinsparungen. Es gilt aber der erhöhte Komfort, vor allem aufgrund der Komfortlüftung zu beachten. Die Wohnungen weisen einen höheren Standard auf. Eine grössere Bauschadenfreiheit ist zu erwarten.

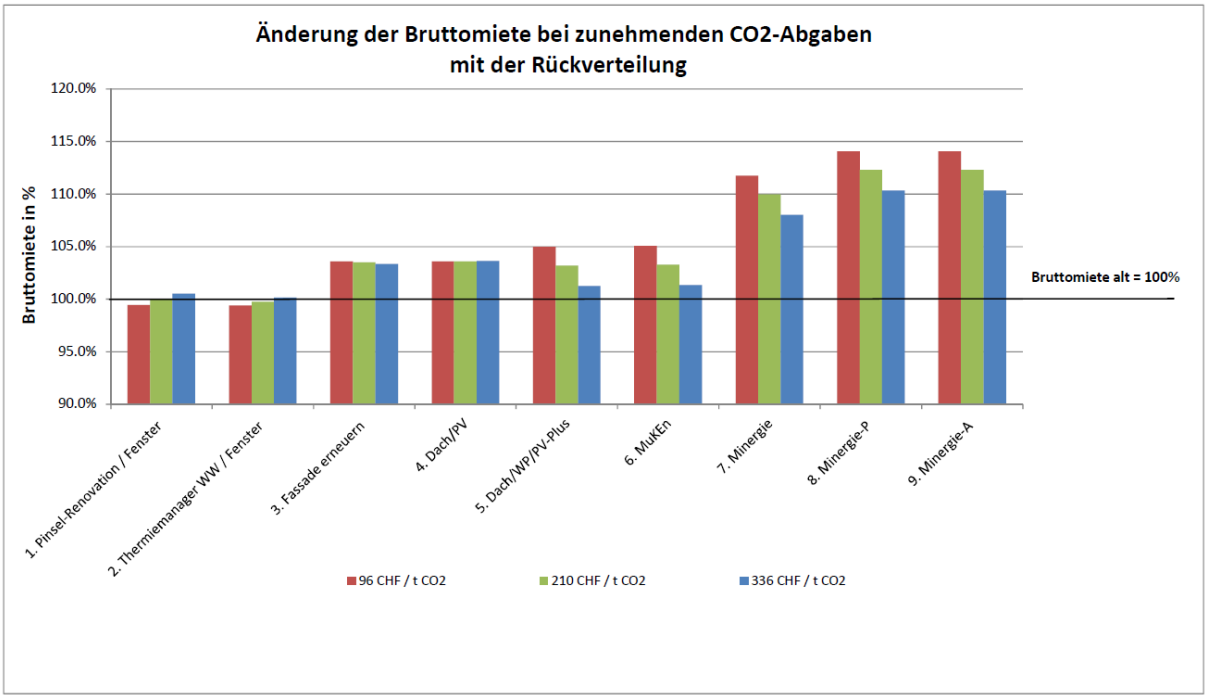


Abbildung 15: Neue Bruttomieten bei unterschiedlichen CO_2-Abgaben mit Rückverteilung Beispiel 3

4.4. Gebäude Nr. 4: Sechsfamilienhaus

Ausgangslage:

- EBF: 490 m2
- Gasheizung
- Steildach mit thermische Sonnenkollektoren 16m2, 4.8kW
- Energiebedarf Heizen und WW: 70'700 kWh/a oder 145 kWh/m2/a (12 lt./m2/a, zzgl. Thermie)

Sanierungsvarianten, Investitionskosten und Energieeinsparung:

Die Sanierungsvarianten 1-3 wurden einem GEAK P Beraterbericht entnommen und mit dem EnWI weiterbrechnet. Bei den Varianten 4-6 handelt es sich um Bauteil-Sanierungen in unterschiedlicher Auslegung. Weiter wurden die Varianten 7-9 mit Minergie, Minergie-P sowie Minergie-A berechnet.

1. Bauteil-Sanierung Gebäudehülle: Dach, Wand, Kellerdecke, Fenster, die nicht den MuKEn-Anforderungen entsprechen. Investition CHF 155'000.-, jährliche Energieeinsparung: -31’000 kWh.
2. Bauteil-Sanierung Gebäudehülle, gleich wie in Variante 1, jedoch ohne Solarthermische Anlage, aber mit einer neuen 12 kWp Photovoltaikanlage. Investition CHF 180'000.-, jährliche Energieeinsparung: -31’000 kWh, +11'000 kWh PV-Produktion.
3. MuKEn-Sanierung, Gebäudehülle gleich wie in Variante 1, Ersatz des fossilen Heizsystems durch eine Luft/Wasser-Wärmepumpe JAZ 2.9, 12 kWp Photovoltaikanlage, und energieeffiziente Haushaltsgeräte. Investition CHF 322'000.-, jährliche Energieeinsparung: Heizen -58’000 kWh, Elektrizität -3'000 kWh, +11'000 kWh PV-Produktion.
4. Variante Bauteilsanierung, Teilsanierung der Gebäudehülle, Luft/Wasser-Wärmepumpe COP 2.9, 12 kWp Photovoltaikanlage: Investitionskosten CHF 220'000.-, jährliche Energieeinsparung: -54’000 kWh, +11'000 kWh PV-Produktion.
5. Gleich wie Variante 4, aber mit einer 30kWp Photovoltaik-Indachanlage: Investition CHF 275'000.-, jährliche Energieeinsparung: -54’000 kWh, +25'000 kWh PV-Produktion.
6. Gleich wie Variante 4 mit zusätzlicher neuer solarthermischer Anlage für WW und Heizungsunterstützung. Anmerkung: In der EnWI-Berechnung wurde die Investition für diese solarthermische Anlage nicht einberechnet, ebenso wenig die Energieänderung. Auf Grund dieses Fehlers wird die Variante 6 nicht weiter in der Auswertung berücksichtigt.
7. Minergie: Sanierung der Gebäudehülle, Komfortlüftung, Luft/Wasser Wärmepumpe, 5 kWp Photovoltaik-Aufdachanlage gemäss den Mindestanforderungen, Einsatz sehr effizienter Haushaltsgeräte: Investition CHF 430'000.-, jährliche Energieeinsparung: Heizen -63’000 kWh, Elektrizität -4'500 kWh, +4'500 kWh PV-Produktion. Die Sprungkosten bei den Investitionen im Vergleich zur Variante 3 MuKEn betragen > CHF 100'000.- und sind vor allem mit der Komfortlüftung und den Elektrogeräten begründet.
8. Minergie-P: Ähnlich wie Minergie, aber mit weiteren Zusatzmassnahmen um die geforderte Minergie-P-Kennzahl von 80 kWh/m^2 zu erreichen. Investitionskosten CHF 500'000.-, jährliche Energieeinsparung: Heizen -65’000 kWh, Elektrizität -4'500 kWh, +4'500 kWh PV-Produktion.
9. Minergie-A gleich wie Minergie-P, aber mit 30kWp Photovoltaik-Indachanlage. Investition CHF 560'000.-, jährliche Energieeinsparung: Heizen -65’000 kWh, Elektrizität -4'500 kWh, +25'500 kWh PV-Produktion.

Energiebedarfsänderung/Energieproduktion: Die Analyse der Energiebedarfsänderungen zeigt, dass bereits mit der Variante 3 (MuKEn) hohe Einsparungen von knapp 60'000 kWh/a erzielt werden können. Um die 50'000 kWh/a betragen die Energieeinsparungen bei den Varianten 4 und 5. Mit der Umstellung auf Wärmepumpen fallen die direkten CO_2-Emissionen weg.
Die zusätzlichen Energieeinsparungen für Minergie, Minergie-P sind um etwa 10% grösser.
Mit Photovoltaik können ansehnliche Energiebeiträge zwischen 11'000 kWh/a bis 25'000 kWh/a erzielt werden.

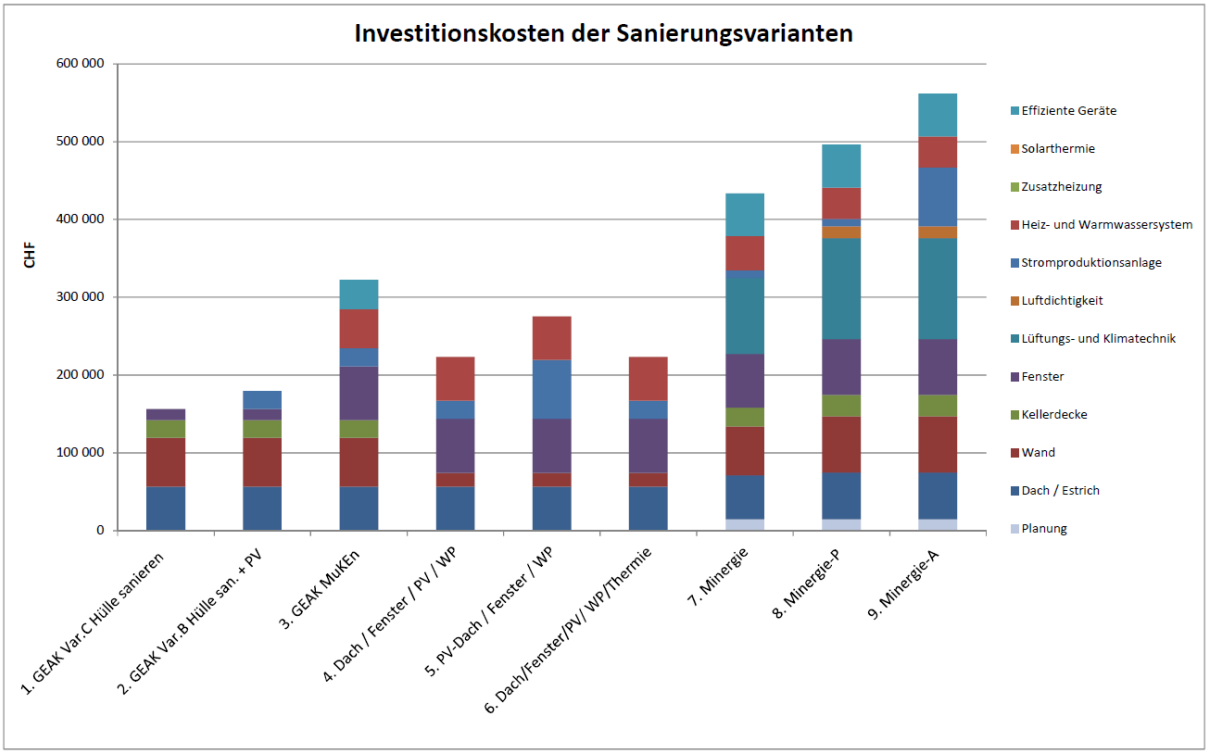


Abbildung 16: Investitionskosten der Sanierungsvarianten im Beispiel 4

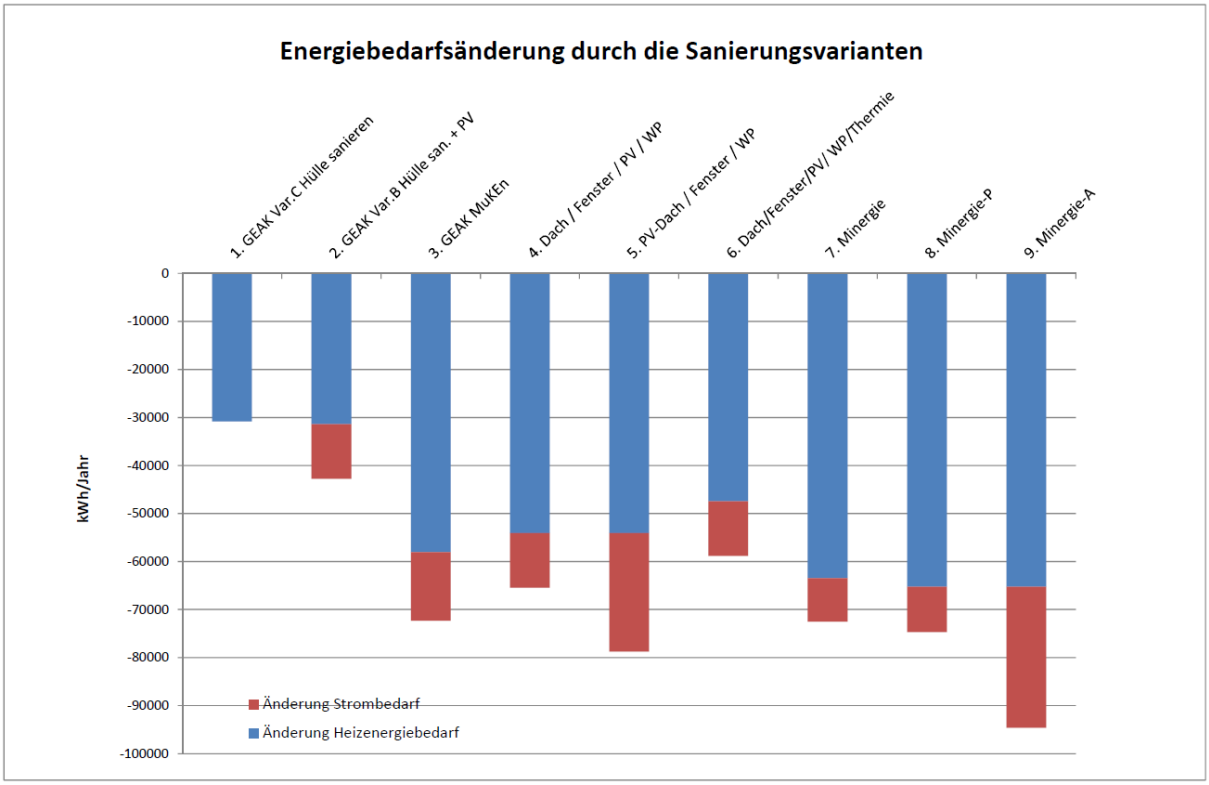


Abbildung 17: Energiebedarfsänderung durch die Sanierungsvarianten im Beispiel 4

Veränderung Bruttomieten: Bei allen 9 Varianten wurde der maximale Überwälzungssatz von 70% für die wertvermehrenden Investitionen gewählt. Für die Varianten 1 und 2 steigen dadurch die Bruttomieten um gut 2%.
Bei den Sanierungsvarianten (Varianten 4 und 5) steigen die Bruttomieten um ca. 5%. Diese Varianten erhalten keine Subventionen, welche zu Mietzinsreduktionen führen würden.
Die Variante 3 (MuKEn) weist Brutto-Mietzinserhöhungen von 7% auf. Die Subventionen reduzieren diese um knapp 2%. Somit ist die resultierende Mietzinserhöhung ebenso 5%.
Mit den Varianten Minergie, Minergie-P, Minergie-A steigen die Bruttomieten um 12% bis gegen 15%. Durch die Subventionen ergibt sich auch hier eine Reduktion um 2%. Somit ergeben sich Mietzinserhöhungen von etwas über 10%.

Nettorenditen, Eigenkapitalrenditen: Für die ersten beiden Varianten werden Nettorenditen von 3% erzielt. Bei allen weiteren Varianten 3 bis 9 können Nettorenditen auf den Investitionen von rund 3.5% erzielt werden. Mit den steigenden Anforderungen an die Gebäudetechnik für Minergie nehmen die Nettorenditen leicht zu, da der Kapitalisierungsfaktor der Geräte höher ist als der für die Komponenten der Gebäudehülle und das am Ende zu höheren Überwälzungen führt. Dabei gilt es zu bedenken, dass der Kapitalbedarf bei Minergie steigt und gleichzeitig die höheren Mietzinsniveaus zu beachten sind. Bei guten Lagen der Liegenschaft und geringem Leerwohnungsbestand dürften die höheren Renditen problemlos erzielt werden. Bei schlechteren Lagen und hohem Leerwohnungsbestand ist die Realisierung der höheren Renditen problematischer und mit höheren Risiken verbunden.
Mit den Steuerabzügen von 25% erhöhen sich Nettorenditen für alle Varianten um rund 1%.
Die Eigenkapitalrenditen liegen bei 8%. Die Steuerabzüge von 25% haben eine Erhöhung um ca. 4% zur Folge.

Energierenditen: Die höchste Energierendite wird mit der Variante 2 erreicht. Durch eine massvolle Gebäudehüllen-Sanierung mit einer kleinen Photovoltaikanlage wird 1.6% Energierendite erreicht, jedoch unter Beibehaltung des fossilen Heizsystems. Mit den Varianten «MuKEn und Bauteil-Sanierungen» 3 bis 5 werden Energierenditen von 1.3% erreicht. Für die Varianten Minergie, Minergie-P, Minergie-A liegen die Energierenditen bei 1.1%.

Die **Photovoltaik-Renditen** belaufen sich auf gut 5% bis 7%. Bei kleinen Anlagegrössen werden die höchsten Renditen durch den hohen Eigenstromverbrauch erreicht. Für den Ausbau der Technologie ist dies jedoch nicht hilfreich, werden doch zukünftige Aspekte, wie der Eigenstromverbrauch auf Quartiersebene oder die Elektromobilität nicht ausreichend berücksichtigt. Durch Steuerabzüge und Subventionen steigen die PV-Renditen auf über 10% bis maximal 18%.

Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 (Durchschnittskosten, Grenzkosten): Die Varianten 1 bis 5 weisen die geringsten Durchschnittskosten mit CHF 3.40 bis ca. CHF 5.- pro eingesparte kWh auf. Abgeschrieben über 30 Jahre ergeben sich jährliche Einsparkosten von minimal 11 Rp./kWh (Variante 4) bis maximal 17 Rp./kWh (Variante 1).
Bei den Minergie-Varianten 7 bis 9 verdoppeln sich die Durchschnittskosten auf rund CHF 6.- pro eingesparte kWh über die gesamte Lebensdauer. Die entsprechenden jährlichen Einsparkosten liegen bei ca. 20 Rp./kWh.

Die Varianten 4 und 5 weisen mit CHF 470.- und CHF 580.- die geringsten Kosten für eine eingesparte Tonne CO_2 pro Jahr. Für die Variante 2 sowie die Minergie-Varianten 7 bis 9 werden die Kosten mehr als verdoppelt. Minergie-A weist mit CHF 1'180.- pro T CO_2 die höchsten Werte auf.

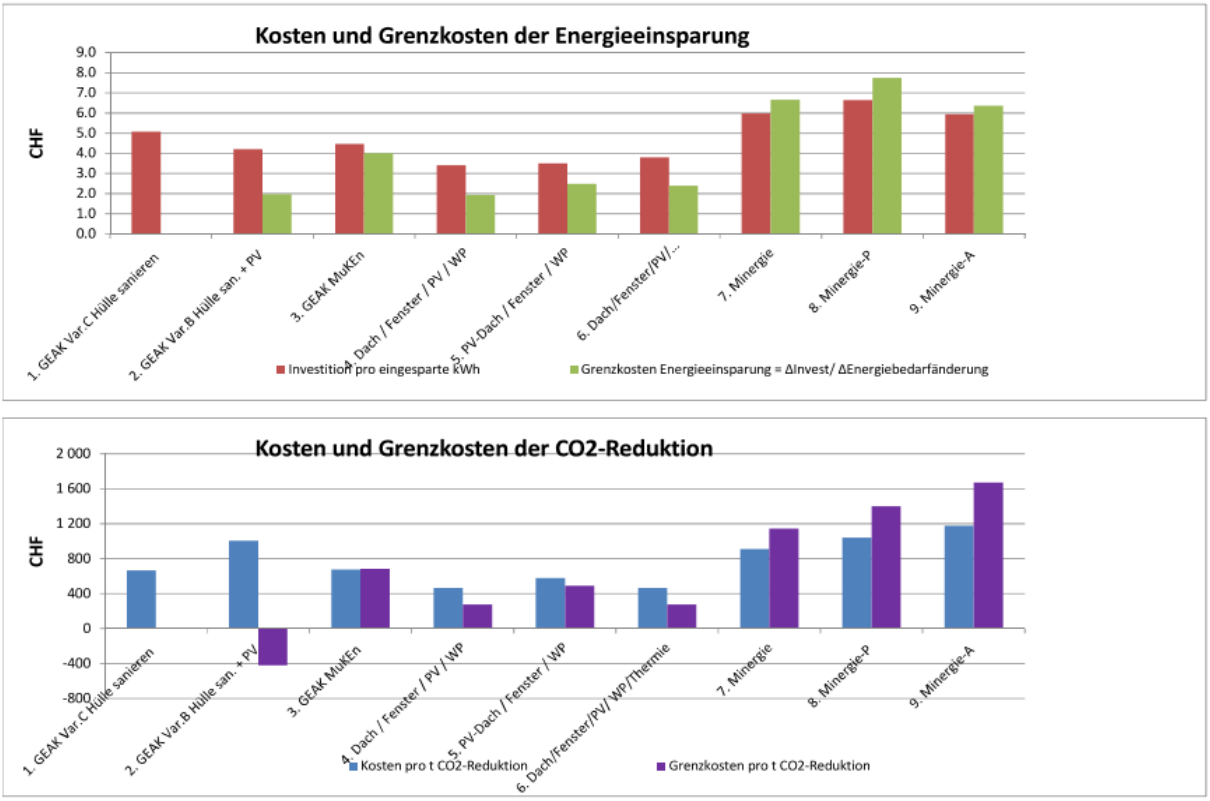


Abbildung 18: Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 im Beispiel 4

Sensitivitätsanalysen CO_2-Abgabe: Die höhere CO_2-Abgabe haben die Mieter zu tragen, falls ein Heizsystem mit fossilen Energieträgern installiert ist. Besteht ein Heizsystem mit erneuerbaren Energien, dann resultieren keine höheren Nebenkosten. Mit der Rückverteilung werden die Bruttomieten unter dem Strich reduziert. Ceteris paribus gilt, dass bei höherer CO_2-Abgabe mehr Mittel für die Rückverteilung vorhanden sind und somit die Bruttomieten zusätzlich sinken. Für die Mieterschaft werden energieeffiziente Wohnungen, sowie vor allem jene ohne fossiles Heizsystem attraktiver.
Im vorliegenden Fall reduzieren sich bereits in den Varianten 1 und 2 mit zusätzlicher Wärmedämmung – aber ohne erneuerbare Heizsysteme – die Bruttomieten bei Erhöhung des CO_2-Abgabesatzes von CHF 96.- auf CH 210.- bzw. CHF 336.- / t CO_2 - um je ca. 1%. Wiederum: Es werden Spareffekte und Investitionsanreize ausgelöst ohne die einkommensmässige Belastung zu erhöhen.
Bei den Varianten 3 bis 9 (gedämmte Gebäudehülle und Wärmepumpe) führt die höhere CO_2-Abgabe zu Reduktionen der Bruttomieten um je ca. 2%. In den Varianten 4 bis 5 fallen die Bruttomieten bei den höchsten Sätzen von CHF 336.- / t CO_2 auf 100% bzw. gar leicht unterhalb des Niveaus der Ausgangsmieten. Diese Wohnungen werden für die Mieterschaft besonders attraktiv. Die Eigentümer können mit entsprechenden Investitionen angemessene Renditen erwirtschaften und die Umwelt wird deutlich entlastet. Mit der CO_2-Abgabe werden die energetisch optimierten Varianten am deutlichsten gefördert. Mit geringem Aufwand werden für die beteiligten Akteure optimale Anreize geschaffen. Es werden Win-win-win-Situationen geschaffen.

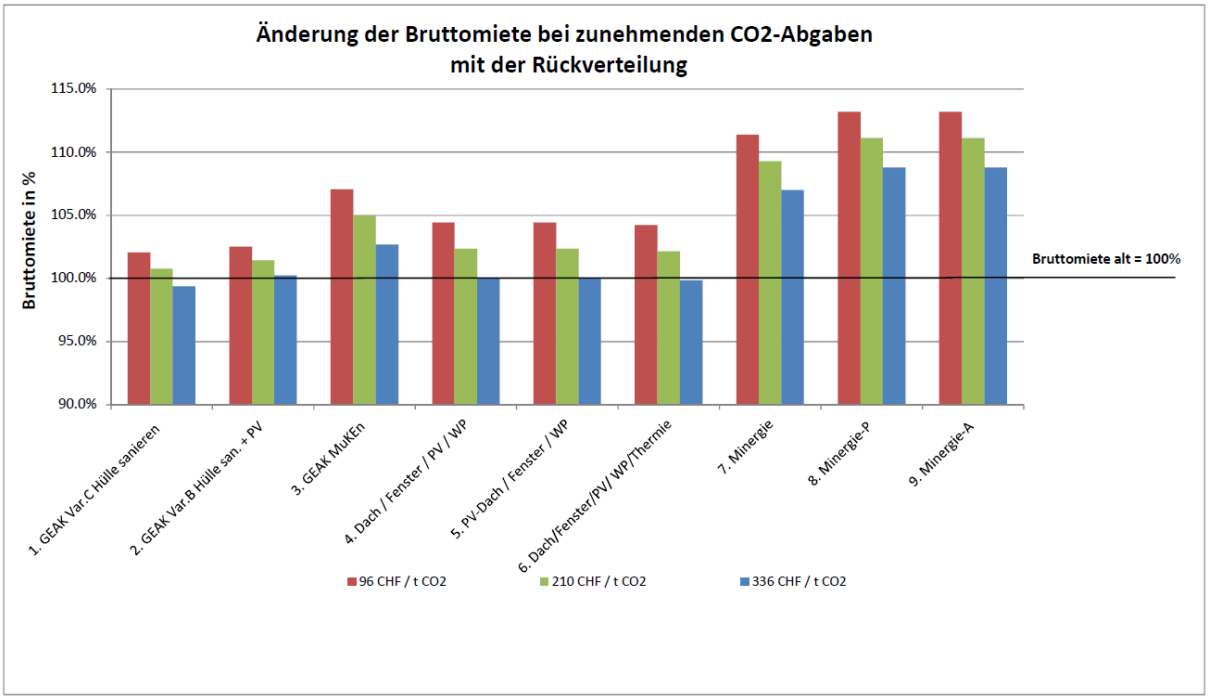


Abbildung 19: Neue Bruttomieten bei unterschiedlichen CO_2-Abgabe mit Rückverteilung Beispiel 4

4.5. Gebäude Nr. 5: Neunfamilienhaus

Ausgangslage:

- EBF: 700 m2
- Ölheizung für Heizen und Elektroboiler für Warmwasser
- Steildach mit Ziegeln
- Energiebedarf Heizen 170'000 kWh/a oder 240 kWh/m2/a (Heizöl 23 lt./m2/a) + WW (elektrisch): 19'000 kWh/a

Sanierungsvarianten, Investitionskosten und Energieeinsparung:

1. Pinselsanierung Wand und Fenster streichen sowie Demontage Ölheizung und Anschluss ans Fernwärmenetz. Investition CHF 200'000.-, geringe jährliche Energieeinsparung: -1'500 kWh.
2. Bauteil-Sanierung: Neue Fenster, Anschluss ans Fernwärmenetz und 38 kWp-Photovoltaik-Aufdachanlage. Investitionskosten CHF 340'000.-, jährliche Energieeinsparung: -10'000 kWh, +36'000 kWh PV-Produktion.
3. Variante 3+4 sind Bauteil-Sanierungen mit dem Einsatz einer Luft/Wasser-Wärmepumpe. Variante 3: Sanierung der Fenster und Isolation des Estrichbodens, Wände nur streichen, Luft/Wasser-Wärmepumpe JAZ 2.4, 38 kWp Photovoltaik- Aufdachanlage: Investition CHF 370'000.-, jährliche Energieeinsparung: -130'000 kWh, +36'000 kWh PV-Produktion.
4. Variante 4 gleich wie Variante 3, jedoch mit solarthermischer Anlage für WW und Heizungsunterstützung und kleinere 25 kWp Photovoltaik-Aufdachanlage: Investitionskosten CHF 360'000.-, jährliche Energieeinsparung: -136'000 kWh, +24'000 kWh PV-Produktion.
5. MuKEn-Sanierung ohne Photovoltaik: vollumfängliche Gebäudehüllen-Sanierung, Fernwärmenetzanschluss. Investitionskosten CHF 380'000.-, jährliche Energieeinsparung: -90'000 kWh.
6. GEAK A: vollumfängliche Gebäudehüllen-Sanierung, Komfortlüftung, Fernwärmenetzanschluss, neue effiziente Haushaltsgeräte, 38 kWp Photovoltaik-Aufdachanlage bewirkt einen Kostensprung im Vergleich zu den Varianten 2-5, insbesondere durch die vollständig insolierte Gebäudehülle, die Komfortlüftung und neue Haushaltsgeräte: Investition CHF 660'000.-, jährliche Energieeinsparung: thermisch -120'000 kWh, elektrisch -2'000 kWh, +36'000 kWh PV-Produktion.
7. Minergie, wie GEAK A, jedoch mit U-Werte-Fassade 0.2 W/m²K anstatt 0.15 W/m²K und 12 kWp Photovoltaik, die den Minergie-Mindestanforderungen entspricht. Investition CHF 600'000.-, jährliche Energieeinsparung: thermisch -115'000 kWh, elektrisch -2'000 kWh, + 11'000 kWh PV-Produktion.
8. Minergie-P gleich wie GEAK A, jedoch effizientere Komfortlüftung und kleinere 15 kWp Photovoltaik-Aufdachanlage. Investition CHF 670'000.-, jährliche Energieeinsparung: thermisch -120'000 kWh, elektrisch -2'000 kWh, +14'000 kWh PV-Produktion.
9. Minergie-A gleich wie Minergie-P jedoch mit grosser 60 kWp Photovoltaik-Aufdachanlage. Der Eigenstromverbrauch ist bei Fernwärmenetzanschluss gering, da nur der Haushaltsstrom ohne Heizen elektrisch versorgt werden müssen. Investition CHF 770'000.-, jährliche Energieeinsparung: thermisch -120'000 kWh, elektrisch -2'000 kWh, +54'000 kWh PV-Produktion.

Energiebedarfsänderung/Energieproduktion: Nur sehr geringe Energieeinsparungen bis 10'000 kWh/a werden in den Varianten 1 und 2 erzielt.
Die höchsten Energiebedarfsänderungen ca. 130'000 kWh/a werden mit Variante 3 und 4 mit dem Einsatz von Wärmepumpen erzielt. Mit dem Fernwärmenetz werden Energiebedarfsänderungen von bis zu 120'000 kWh/a erreicht, wenn die Gebäudehülle umfänglich saniert wurde (Fall 6-9). Es zeigt sich, dass ein Fernwärmenetz weniger effizient gegenüber einer Wärmepumpe sein kann, aber nicht zwingend sein muss. Mit der Photovoltaik können zwischen 10'000 bis 54'000 kWh/a produziert werden.

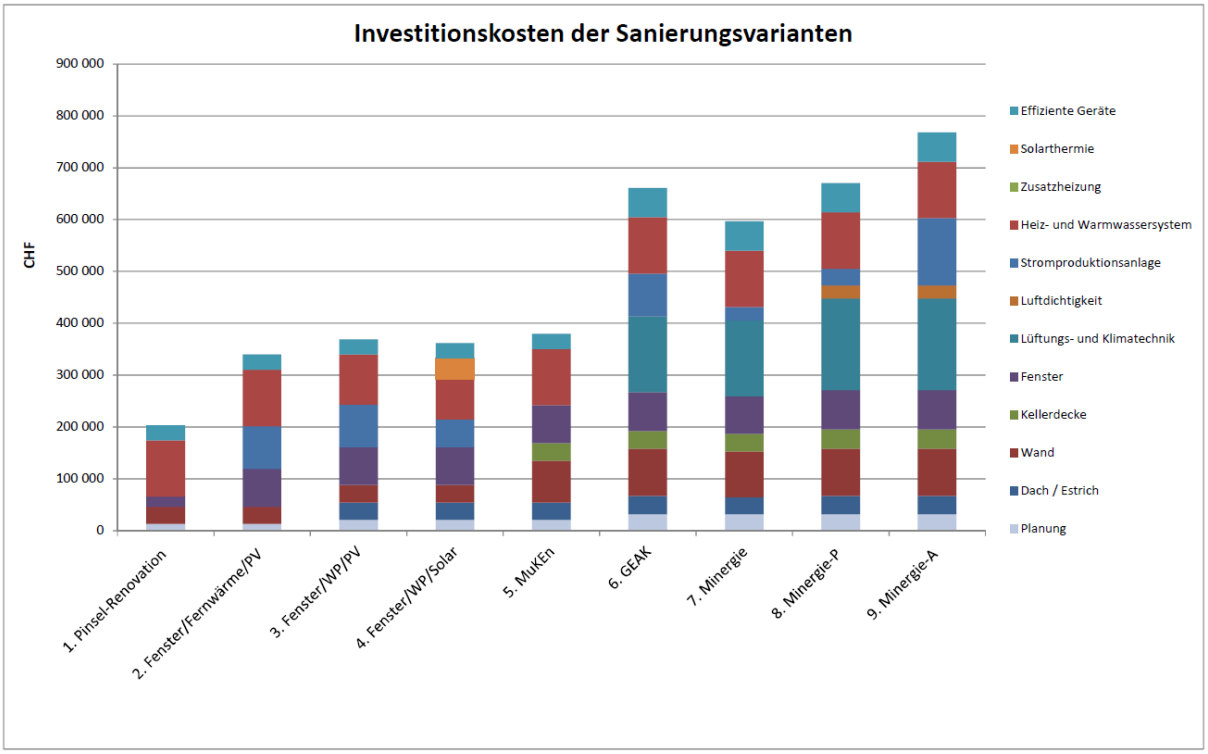


Abbildung 20: Investitionskosten der Sanierungsvarianten im Beispiel 5

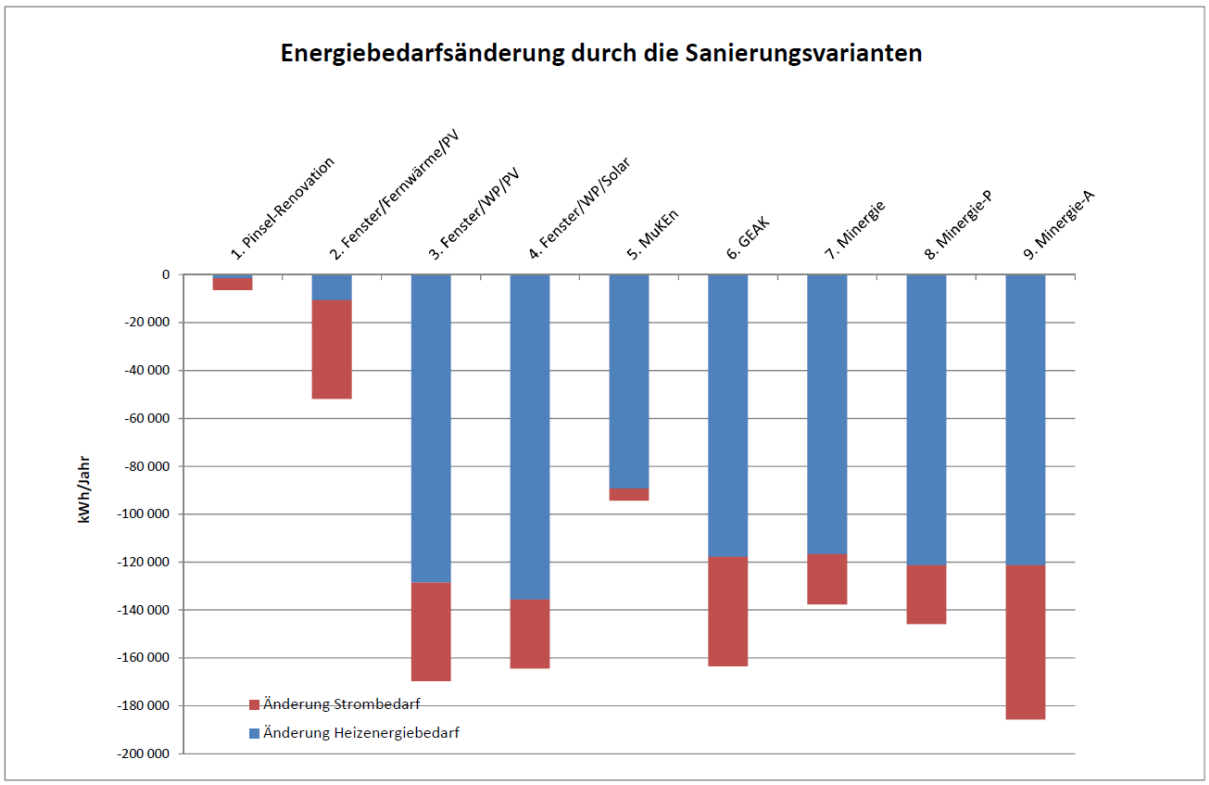


Abbildung 21: Energiebedarfsänderung durch die Sanierungsvarianten im Beispiel 5

Veränderung Bruttomieten: Die Überwälzungen der wertvermehrenden Investitionen auf die Nettomieten wurden wie folgt angenommen: Variante 1 und 2: 10% und Variante 3 bis 9: 70%.
In den beiden ersten Varianten 1 und 2, «Pinselrenovation» und «Fenster/Fernwärme/PV», fallen die Bruttomieten unter 100%, bedingt durch die niedrige Überwälzung. Bei den Bauteil-Sanierungen Variante 3 und 4 sowie bei der MuKEn-Variante steigen sie um 2% bis 5%. Bei MuKEn geht die Bruttomiete dank Subventionen sogar um 2% auf das Ausgangsniveau von 100% wieder zurück.
Bei den weitergehenden Varianten 6 bis 9 «GEAK A, Minergie, Minergie-P, Minergie-A» steigen die Bruttomieten um etwas mehr als 5%, mit steigender Tendenz auf ca. 7% bei Minergie-A. Dank der Subventionen reduziert sich der Bruttomietanstieg um je ca. 2%.

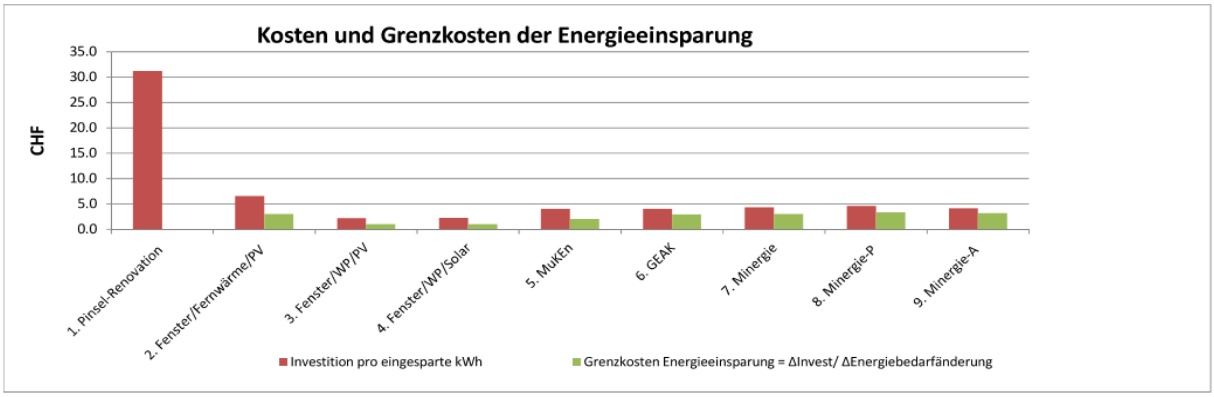
Nettorenditen: Für die Varianten 1 «Pinselrenovation» und 2 «Fenster/Fernwärme/PV» betragen die Nettorenditen rund 0.5%, bedingt durch die niedrige Überwälzung auf die Nettomiete. Für alle weiteren Varianten ergeben sich rund 3.5% Nettorenditen. Die Renditen zeigen, dass sich Sanierungen bis zur höchsten Ausbaustufe für den Investor rechnen: Es werden bei Ausbaustufen praktisch gleichbleibenden Renditen von ca. 3.5% erzielt. Inwiefern die höheren Überwälzungen möglich sind, hängt u.a. von der Lage der Liegenschaften ab. Grundsätzlich sind die höheren finanziellen Belastungen mit höheren Risiken verbunden. Bei Steuerabzügen von 25% erhöhen sich die Nettorenditen auf ca. 4.5%.

Eigenkapitalrenditen: Die Eigenkapitalrenditen betragen bei Bauteil-Sanierungen mit Einsatz Wärmepumpe ca. 10 %. Bei vollumfänglichen Sanierungen ca. 9%. Bei Steuerabzügen von 25% werden die Eigenkapitalrenditen um ca. 4% nach oben korrigiert.

Energierenditen: Die Energierenditen bewegen sich zwischen 2.5% (Variante 3, Fenster/Wärmepumpe/PV) und knapp 4% mit der Variante 1 (Pinsel-Renovation/Fernwärmeanschluss). Es folgen die Varianten 2 (Fenster/Fernwärme/PV) und MuKEn inkl. Fernwärme mit ca. 3.7%. Offensichtlich können bei vorhandenem Fernwärmenetz mit der einfachen Erschliessung gute Renditen erzielt werden. Es ist dabei zu beachten, dass nicht mit den eingesparten Energiemengen, sondern mit den eingesparten Energiekosten gerechnet wird.

Photovoltaikrenditen: Die Photovoltaikrenditen betragen knapp 4% bis 6%. Dank Subventionen und Steuerabzügen steigen sie auf 6% bis knapp 12% an. Vor allem bei einem hohen Eigenverbrauch, z.B. durch Wärmepumpe sowie «optimal» dimensionierter Photovoltaikanlage, werden hohe Renditen erzielt.

Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 (Durchschnittskosten, Grenzkosten): Bei den Varianten 3 und 4 mit Wärmepumpe müssen bei ca. 2.2 CHF/kWh die tiefsten Kosten für eine eingesparte kWh bezahlt werden. Für die weitergehenden Varianten 5 bis 9 «MuKEn» bis «Minergie-A» muss das Doppelte, also ca. 4.0 CHF/kWh bis 4.6 CHF/kWh bezahlt werden. Bei einer Lebensdauer von 30 Jahren müssen diese Werte noch durch 30 geteilt werden um die jährlichen Kosten pro eingesparter kWh zu erhalten.
Für die Variante 1 resultieren hohe Einsparkosten von über CHF 30.- CHF/kWh.
Die CO_2-Kosten liegen für die Varianten 3 und 4 mit knapp CHF 300.- pro t CO_2 über die gesamte Lebensdauer klar am tiefsten. Für die Varianten 5 bis 9 sind sie mindestens doppelt so hoch (Minergie-A: knapp CHF 800.- pro t CO_2).
Für die Variante 1 resultieren mit CHF 530.- pro t CO_2 relativ hohe Kosten.



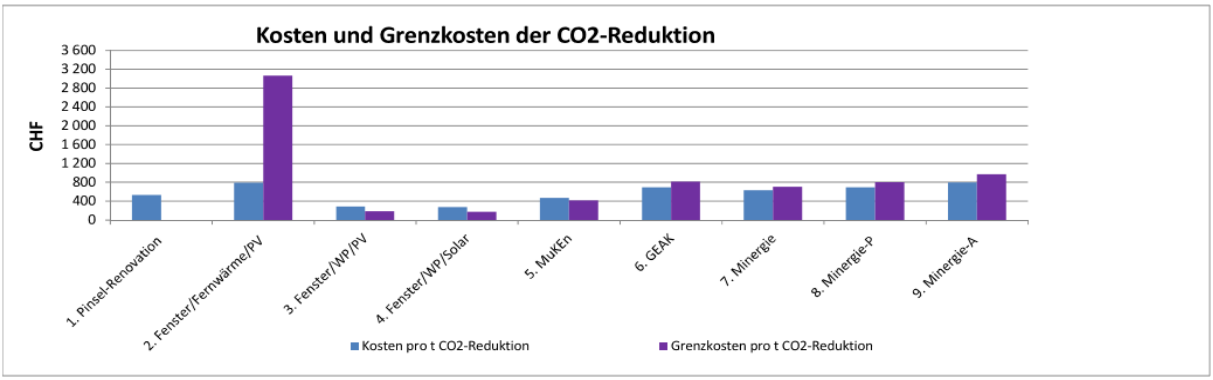


Abbildung 22: Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 im Beispiel 5

Sensitivitätsanalysen CO_2-Abgabe: In allen Varianten wird das fossile Heizsystem – mit einem hohen Verbrauch von 23 lt./m^2/a – mit erneuerbaren Energien ersetzt, das heisst mit Fernwärme oder mit einer Wärmepumpe. Wie bereits erwähnt, steigen die Bruttomieten in den Varianten 3 und 4 sowie 6 bis 9 nur relativ gering auf maximal 105% gegenüber 100% vor der Sanierung. In Variante 1 und 2 fallen sie unter 100%. In Variante 5 bleiben sie praktisch gleich auf 100%.
In den Varianten 3 und 4 mit Wärmepumpe muss keine CO_2-Abgabe bezahlt werden. Bei Nutzung des Fernwärmenetzes fallen nur geringe CO_2-Abgaben an. Dank der Rückverteilung werden alle Bruttomieten mit steigender CO_2-Abgabe – aufgrund vermehrter Einnahmen – um je ca. 2% reduziert.
In den Varianten 1 und 2 fallen die Bruttomieten noch stärker unter die 100%-Marke. In den Varianten 4 und 5 fallen die Bruttomieten dank der Rückverteilung ebenfalls unter die 100% Marke. Es entstehen Anreize für die Mieter, das günstigere Wohnungsangebot zu nutzen und von mehr Komfort nach der Sanierung zu profitieren. Die Eigentümer können bei verbesserter Wettbewerbssituation mit ihrer Liegenschaft angemessene Renditen erzielen. Die Umwelt wird entlastet – es entstehen Win-win-win-Situation für Investor, Mieter und Umwelt.

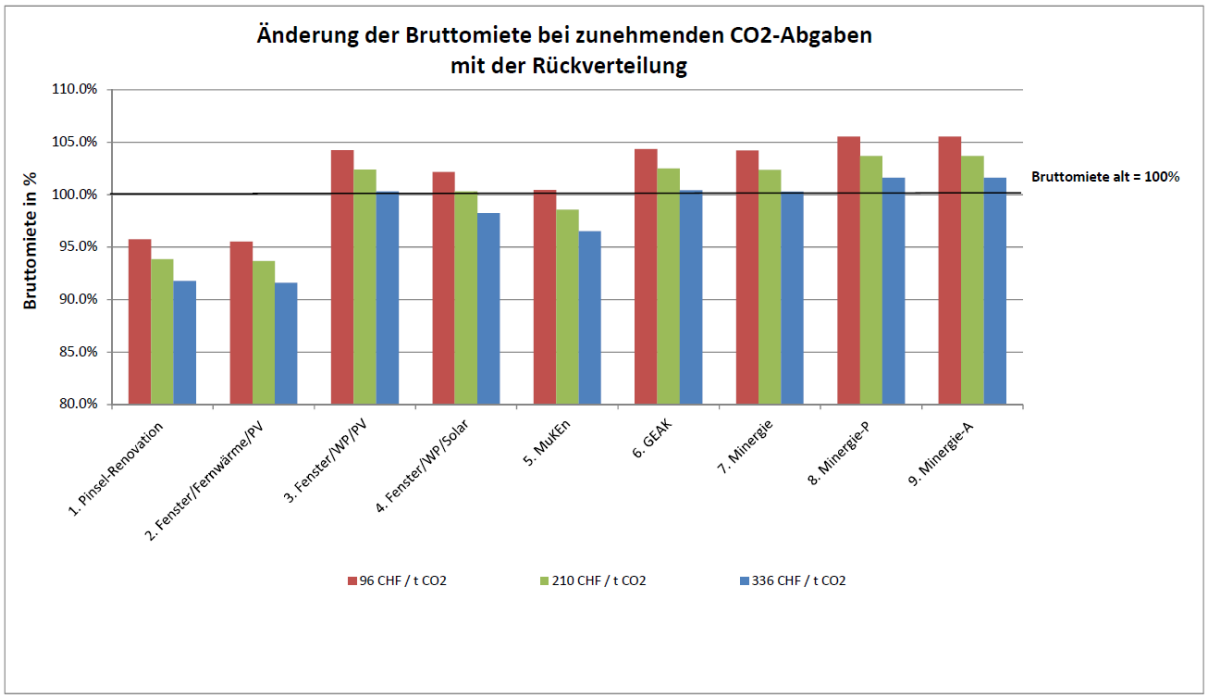


Abbildung 23: Neue Bruttomieten bei unterschiedlichen CO_2-Abgabe mit Rückverteilung Beispiel 5

4.6. Gebäude Nr. 6: Einfamilienhaus

Ausgangslage:

- EBF: 86 m2
- Stückholzheizung, Ölheizung bei zusätzlichem Bedarf, Warmwassererzeugung mit Elektroboiler
- Steildach
- Energiebedarf Heizen 21'000 kWh/a oder 244 kWh/m2/a (Heizöl 23 lt./m2/a), WW (elektrisch): 1'800 kWh

Sanierungsvarianten, Investitionskosten und Energieeinsparung:

1. Bauteil-Sanierung mit 12m^2 solarthermischer Anlage inkl. vollständiger Dachsanierung und einem Hydro-Ofen Stückholz. Investitionskosten: CHF 65'000.-, jährliche Energieeinsparung: -3’100 kWh, zusätzlich werden +5'500 kWh mit solarthermischer Energie gedeckt.
2. Bauteil-Sanierung wie in Variante 1 inkl. einer 5.7 kWp Photovoltaik-Indachanlage. Investition CHF 80'000.-, jährliche Energieeinsparung: -3’100 kWh zusätzlich werden +5'500 kWh mit solarthermischer Energie gedeckt, +5’700 kWh PV-Produktion.
3. Bauteil-Sanierung: mit 12m^2 solarthermischer Anlage inkl. vollständiger Dachsanierung und einem zusätzlichen Energiemanagementsystem mit Wärmepumpe (JAZ 2.9) und einer 5.7 kWp Photovoltaik-Indachanlage. Investition CHF 90'000.-, jährliche Energieeinsparung: -9’100 kWh, +5’700 kWh PV-Produktion.
4. Bauteil-Sanierung: Dachsanierung mit Isolation und 12 kWp Photovoltaik-Indachanlage, Luft/Wasser-Wärmepumpe (JAZ 2.9). Investition CHF 85'000.-, jährliche Energieeinsparung: -16’000 kWh, +11’000 kWh PV-Produktion.
5. MuKEn-Sanierung: Gebäudehüllen Sanierung mit 12m^2 solarthermischer Anlage und einem Hydro-Ofen Stückholz, ohne Photovoltaik. Investition CHF 115'000.-, jährliche Energieeinsparung: -15’000 kWh.
6. GEAK B/A: Hochwertigere Gebäudehüllen Sanierung als in Variante MuKEn (U-Werte 0.2 W/m²K anstatt 0.25 W/m²K), 12m^2 solarthermische Anlage und Hydro-Ofen Stückholz und 5.7 kWh Photovoltaik-Indachanlage. Investition CHF 133'000.-, jährliche Energieeinsparung: -16’000 kWh, +5'700 kWh PV-Produktion.
7. Minergie: Gebäudehüllen Sanierung mit 6m^2 solarthermischer Anlage und Hydro-Ofen Stückholz, Komfortlüftung und 2 kWp Photovoltaik-Indachanlage. Investition CHF 130'000.-, jährliche Energieeinsparung: -17’000 kWh, + 2’000 kWh PV-Produktion.
8. Minergie-P: Gebäudehüllen Sanierung mit 6m^2 solarthermischer Anlage und Hydro-Ofen Stückholz, Komfortlüftung, effiziente Haushaltsgeräte und 2 kWp Photovoltaik-Indachanlage. Investition CHF 157'000.-, jährliche Energieeinsparung: -19’500 kWh, + 2'000 kWh PV-Produktion. *Anmerkung: Die geforderte Minergie-P-Kennzahl wurde bei weitem unterschritten (16 kWh/m^2 anstatt 80 kWh/m^2). Bei Minderausgaben von ca. CHF 16'000, resp. einer Gesamtinvestition von CHF 140'000.- hätte auch zur Zielerreichung geführt.*
9. Minergie-A: Gebäudehüllen Sanierung mit 6m^2 solarthermischer Anlage und Hydro-Ofen Stückholz, Komfortlüftung, effiziente Haushaltsgeräte und 5.7 kWp Photovoltaik-Indachanlage. Investition CHF 154'000.-, jährliche Energieeinsparung: -19’500 kWh, + 5'700 kWh PV-Produktion.

Energiebedarfsänderung/Energieproduktion: Bereits mit der Variante 3 (Wärmepumpe kombiniert mit Solarthermie und Photovoltaik) können deutliche Energieeinsparungen von über 9'000 kWh/a erreicht werden. Die vollumfänglichen Sanierungsvarianten MuKEn bis Minergie-A erreichen zusätzliche Einsparungen zwischen 6'000 kWh/a und 10’000 kWh/a.

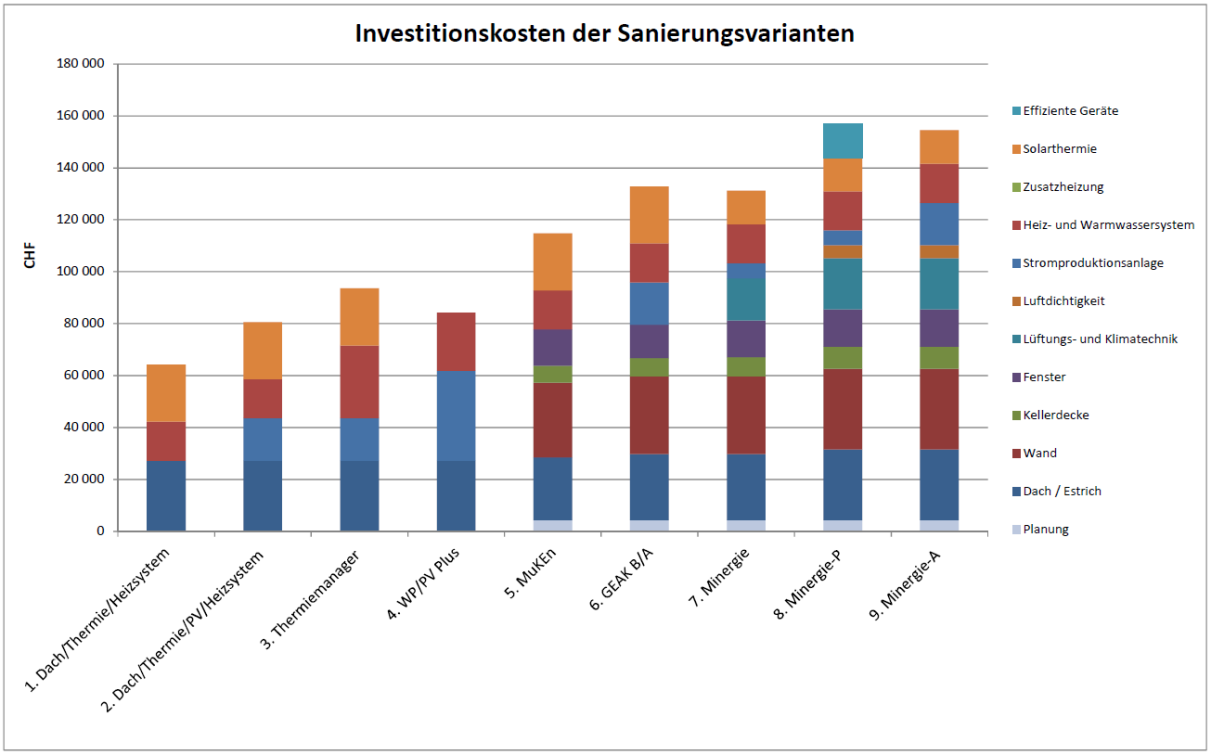


Abbildung 24: Investitionskosten der Sanierungsvarianten im Beispiel 6

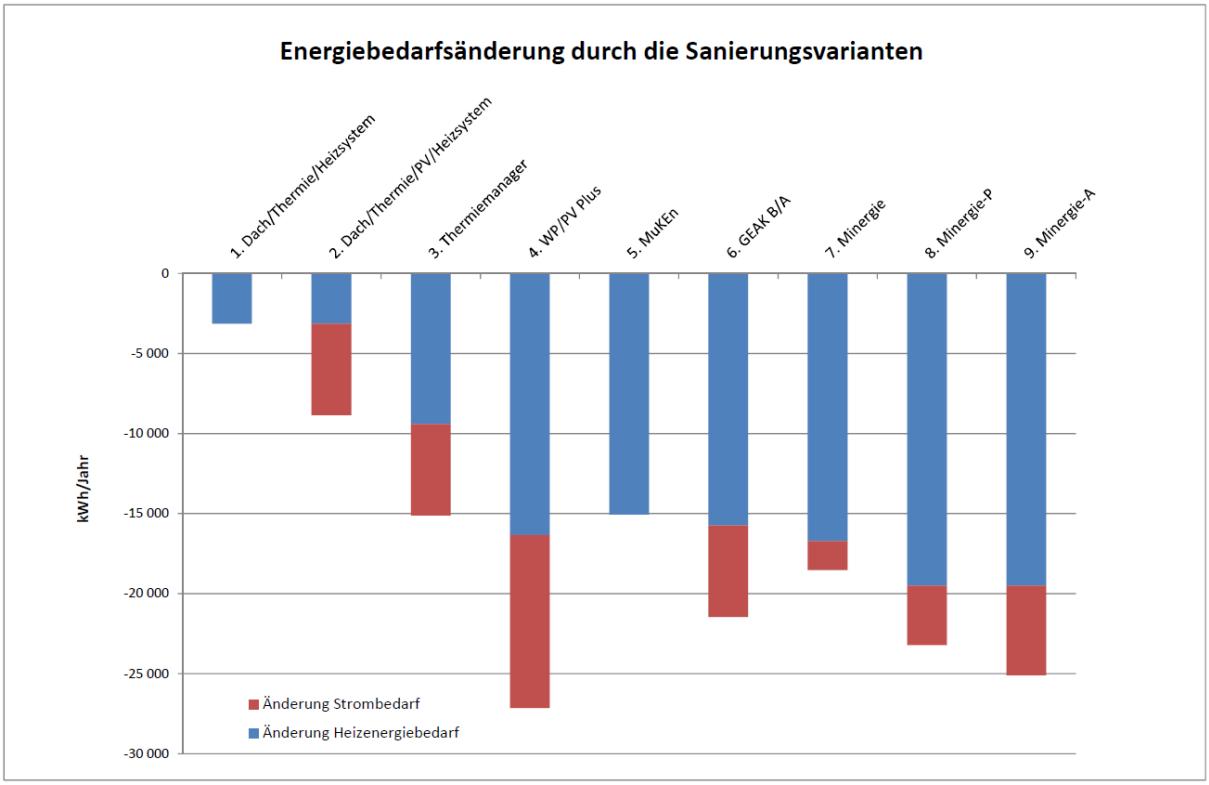


Abbildung 25: Energiebedarfsänderung durch die Sanierungsvarianten im Beispiel 6

Veränderung Bruttomieten: Die Bruttomieten nehmen in der Variante 3 um ca. 6% zu. Bei den vollumfänglichen Sanierungsvarianten MuKEn bis Minergie-A steigen diese um 10% bis 14%. Die Subventionen reduzieren diesen Anstieg um je ca. 3%. Bei allen Varianten wurde mit einer maximal möglichen Überwälzung der wertvermehrenden Investitionen von 70% ausgegangen.

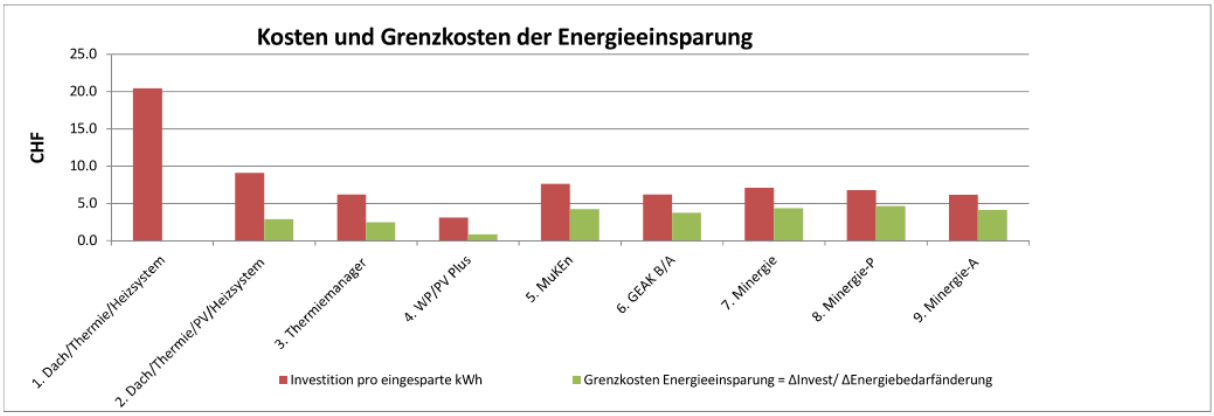
Nettorenditen, Eigenkapitalrenditen: Die Nettorenditen belaufen sich auf gut 3,5%, bei vollumfänglichen Gebäudehüllen-Sanierungen nehmen diese leicht ab, aufgrund der höheren Amortisationsdauer der Fassadenbauteile im Vergleich zur Gebäudetechnik und der damit verbunden geringeren jährlichen Überwälzung auf die Nettomiete.

Die Eigenkapitalrenditen betragen rund 7% bis knapp über 8%. Die Steuerabzüge von 25% führen zu einer zusätzlichen Steigerung von ca. 4%.

Energierenditen, Rendite Photovoltaik: Die Varianten 3 mit einem kombinierten erneuerbaren Heizsystem aus Wärmepumpe, solarthermischer Anlage und Photovoltaik weist mit rund 2.5% die höchste Energierendite auf. «MuKEn» und «GEAK B/A» liegen bei knapp 2%. Die Minergie-Sanierungsvarianten mit noch grösserer Eingriffstiefe erreichen noch etwas niedrigere Energierenditen.

Die Photovoltaikrenditen betragen rund 2%. Unter Beachtung der Steuerabzüge und der Subventionen können sie bis auf ca. 10% ansteigen.

Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 (Durchschnittskosten, Grenzkosten): Die Einsparkosten pro kWh liegen Varianten 3 bis 9 (davon ausgenommen Variante 4) bei 6.2 CHF/kWh bis 7.6 CHF/kWh. Für die jährlichen Kosten müssen diese Werte durch 30 (angenommene Lebensdauer der Komponenten) geteilt werden
Die im EnWI-Report, Beispiel 6 ausgewiesenen Kosten pro eingesparter t CO_2 (CHF 1'670 – CHF 3'200) beziehen sich auf den Jahresbedarf an Öl (606 lt./a) der kleinen Zusatzheizung. Werden die Kosten einer eingesparten Tonne CO_2 auf das benötigte Öl-Äquivalent für die Immobilie (23lt./m^2/a) bezogen, dann betragen die rechnerischen Kosten CHF 510.- für die Variante 2 und CHF 980.- für Minergie-A über die gesamte Lebensdauer.



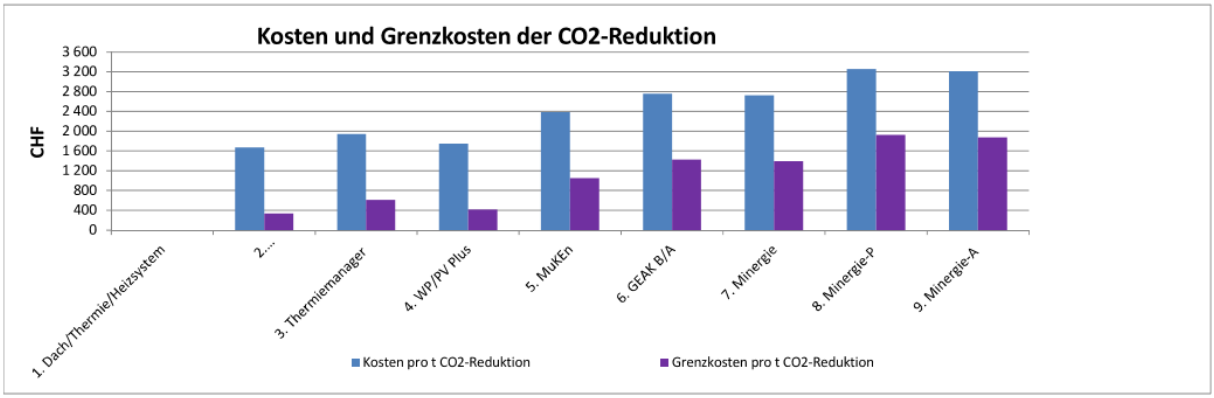


Abbildung 26: Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 im Beispiel 6

Sensitivitätsanalysen CO_2-Abgabe: Alle Varianten kommen ohne fossile Heizsysteme aus. Es müssen keine CO_2-Abgabe mehr bezahlt werden. Die Bruttomiete wird dank der Rückverteilung mit steigender Abgabehöhe um je ca. 2% reduziert. Aufgrund der Investitionskosten und der Investitionsrenditen dürften eher die Varianten 1 bis 4 gewählt werden. Auch bei sehr hohen Subventionen und Steuerabzügen dürften die Anreize kaum ausreichen, damit vollumfängliche Sanierungen gemäss Variante 5 bis 9 gewählt werden. Es wird vermutlich unter den Varianten 1 bis 3 gewählt. Es erfolgt eine Umstellung auf erneuerbare Energie mit zumindest CO_2-neutraler Heizung und ggf. noch vereinzelter Bauteil-Sanierung ohne jedoch maximal an Heizenergiebedarf einzusparen.

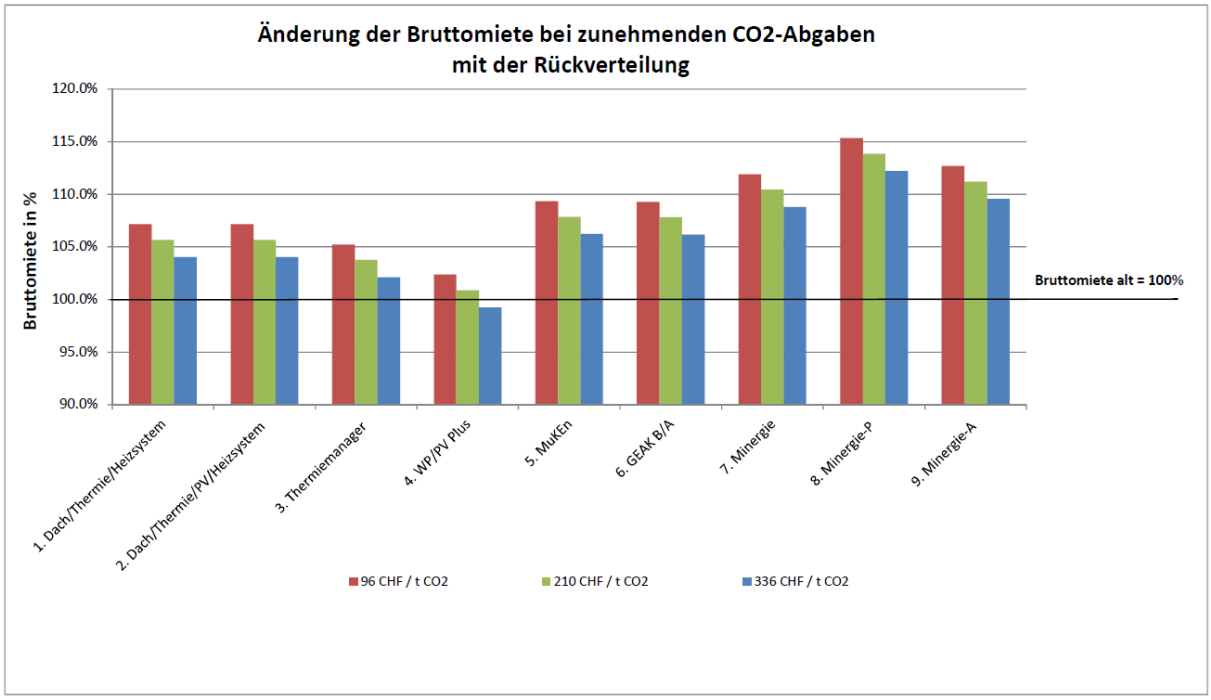


Abbildung 27: Neue Bruttomieten bei unterschiedlichen CO_2 -Abgabe mit Rückverteilung Beispiel 6

4.7. Gebäude Nr. 7: Neunfamilienhaus

Ausgangslage:

- EBF: 430 m2
- Ölheizung für Heizen und Warmwasser
- Flachdach
- Energiebedarf Heizen 125'000 kWh/a oder 290 kWh/m2/a (Heizöl 27 lt./m2/a)

Sanierungsvarianten, Investitionskosten und Energieeinsparung:

1. Pinselsanierung Wand und Fenster sowie Ersatz der alten durch eine neue Ölheizung. Investition CHF 120'000.-, geringe jährliche Energieeinsparung von -8’000 kWh.
2. Pinselsanierung und Bauteil-Sanierung: Einsatz Wärmepumpe und eine 18 kWp-Photovoltaik-Flachdachanlage. Investition CHF 180'000.-, jährliche Energieeinsparung: -76’000 kWh, + 18'000 kWh PV-Produktion.
3. Bauteil-Sanierung wie in Variante 2, Isolation Dach und Kellerdecke: Investition CHF 240'000.-, jährliche Energieeinsparung: -85’000 kWh, +18'000 kWh PV-Produktion.
4. Bauteil-Sanierung Fassade, Wand isolieren, neue Fenster, Wärmepumpe + 33 kWp vorgehängter hinterlüfteter Photovoltaik-Fassade. Investition CHF 350'000.-, jährliche Energieeinsparung: -96’000 kWh, +18'000 kWh PV-Produktion.
5. MuKEn-Sanierung ohne Photovoltaik: vollumfängliche Gebäudehüllen-Sanierung, Wärmepumpe unterstützt durch eine Solarthermische Anlage. Investition CHF 310'000.-, jährliche Energieeinsparung: -104’000 kWh. *Anmerkung: Der Beitrag der Solarthermieanlage wurde fehlerhaft in der ENWI-Analyse kalkuliert. Insbesondere der Wert der Energieeinsparung sowie die Heizkosten wurden zu tief berechnet. Auf die Bewertung der Resultate hat dies jedoch keinen grundsätzlichen Einfluss.*
6. MuKEn/Wärmepumpe gleich wie Variante 5, aber ohne Solarthermieanlage. Investition CHF 300'000.-, jährliche Energieeinsparung: -104’000 kWh.
7. Minergie, die keine Minimalvariante darstellt. Investitionen wurden berechnet für Gebäudehüllen-Sanierung, Komfortlüftung, Wärmepumpe, 13.7 kWp Photovoltaik-Dachanlage sowie neue Energieeffizientere Haushaltsgeräte. Sprungkosten werden hauptsächlich durch den Einbau der Komfortlüftung verursacht. Investition CHF 550'000.-, jährliche Energieeinsparung: thermisch -110’000 kWh, elektrisch -4'000 kWh, +14'000 kWh PV-Produktion.
8. Minergie-P gleich wie Minergie, aber nochmals verbesserte Gebäudehüllen-Isolation und effizientere Komfortlüftung. Investition CHF 610'000.-, jährliche Energieeinsparung: thermisch -115’000 kWh, elektrisch -4'000 kWh, +14'000 kWh PV-Produktion.
9. Minergie-A gleich wie Minergie-P jedoch mit grosser 38 kWp Photovoltaik-Flachdachanlage. Investition CHF 700'000.-, jährliche Energieeinsparung: thermisch -115’000 kWh, elektrisch -4'000 kWh, +31'000 kWh PV-Produktion.

Energiebedarfsänderung/Energieproduktion: Mit der Umstellung auf eine Wärmepumpe (ab Variante 2) können bei allen Varianten hohe Energieeinsparungen von 70'000 kWh/a bis 115'000 kWh/a erzielt werden. Die direkten CO_2-Emissionen und damit auch die CO_2-Abgabe fallen weg. In den Varianten 3 bis 6 mit Massnahmen bei der Wärmedämmung erfolgt eine weitere Reduktion um 15'000 bis 35'000 kWh/a. Alle Minergie-Varianten reduzieren den Energiebedarf nochmals um ca. 10%, entspricht ca. 10'000 kWh/a. Mit Photovoltaik werden zwischen 13'700 und 31'420 kWh/a produziert.

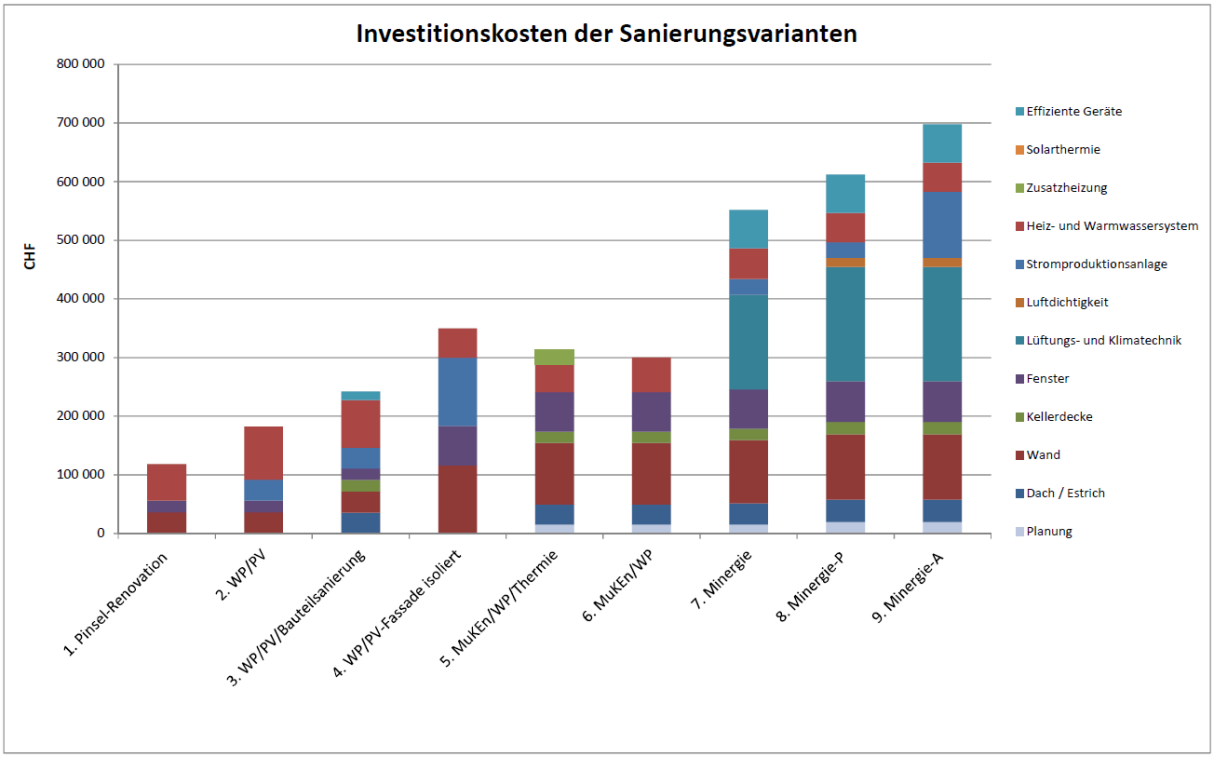


Abbildung 28: Investitionskosten der Sanierungsvarianten im Beispiel 7

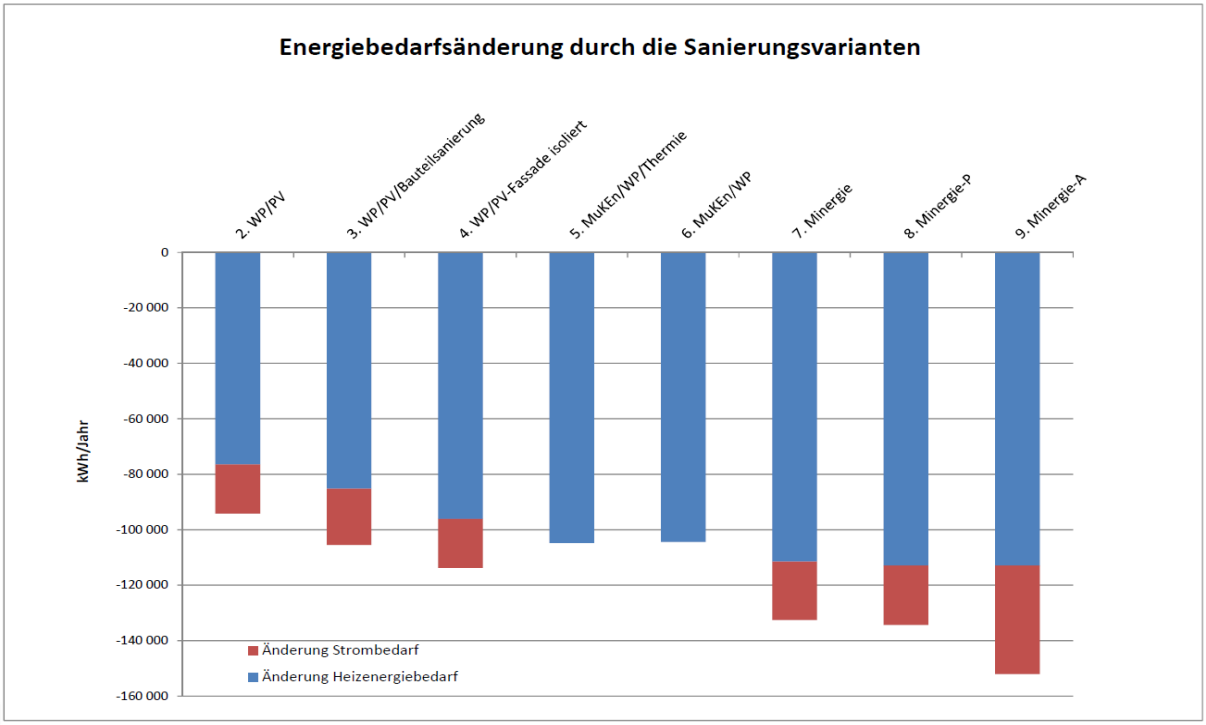


Abbildung 29: Energiebedarfsänderung durch die Sanierungsvarianten im Beispiel 7

Veränderung Bruttomieten: Die Überwälzungen der wertvermehrenden Investitionen auf die Nettomieten wurden wie folgt bestimmt: Variante 1: 10%, Variante 2 und 3: 50% und Variante 4 bis 9: 70%. Die Bruttomieten steigen im Sanierungsfall 5 «MuKEn/Wärmepumpe/Thermie» nur um rund 3.5% (mit korrigierten Heizkosten!) an. Im Sanierungsfall 4 «Wärmepumpe, PV-Fassade isoliert» und 6 «MuKEn/Wärmepumpe/» nimmt die Bruttomiete auch auf ca. 4% zu. Die Minergie-Varianten 7 bis 9 weisen Bruttomietsteigerungen von über 12% auf. Durch die Subventionen wird die Mietzinssteigerung auf 10% begrenzt. Es findet eine Reduktion – auch bei den subventionierten Varianten 5 und 6 – um ca. 2% statt.

Nettorenditen, Eigenkapitalrenditen: Die unterschiedlichen Überwälzungen 10%-70% führen zu unterschiedlichen Nettorenditen. In Variante 1 werden nur 10% überwälzt und es resultiert eine Nettorendite von ca. 0.5%. Für die weiteren Varianten ergeben sich folgende Nettorenditen: Variante 2 und 3: 2.7% (Überwälzungssatz 50%), Variante 4 bis 6: 3.2% (Überwälzungssatz 70%) und Variante 7 bis 9: 3.7% (Überwälzungssatz 70%). Die Steuererleichterungen von 25% führen zu einer Renditesteigerung um je 1%. Die Eigenkapitalrendite beträgt mindestens 6% und steigt bis auf 8% an.

Energierenditen, Rendite Photovoltaik: Die Energierendite der Variante 5 (MuKEn/Wärmepumpe/Thermie) mit knapp 2.3% (korrigiert) ist am höchsten. Bei allen anderen Varianten mit geringerer bzw. intensiverer Eingriffstiefen liegen die Energierenditen unter 2%. In den Varianten 1 und 2 erreichen sie nicht mal 1%. Die Energierenditen zeigen, dass die Solarthermie im Gesamtsystem für Heizen und Warmwasser einen wirtschaftlich interessanten Beitrag leisten kann.

Die Photovoltaikrendite beträgt - je nach Anlagegrösse und Ausgestaltung zwischen 2% und gut 7%.

Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 (Durchschnittskosten, Grenzkosten): Die tiefsten Energieeinsparkosten über die ganze Lebensdauer weist die Variante 2 mit 1.95 CHF/kWh auf. Für die Variante 3 sind es 2.30 CHF/kWh, Variante 4 bis 6: ca. 3.0 CHF/kWh. Für Minergie, Minergie-P und Minergie-A sind es 4.15 CHF/kWh bis 4.60 CHF/kWh. Für die Variante 1 (Pinselsanierung) sind sie mit 14.5 CHF/kWh am höchsten.

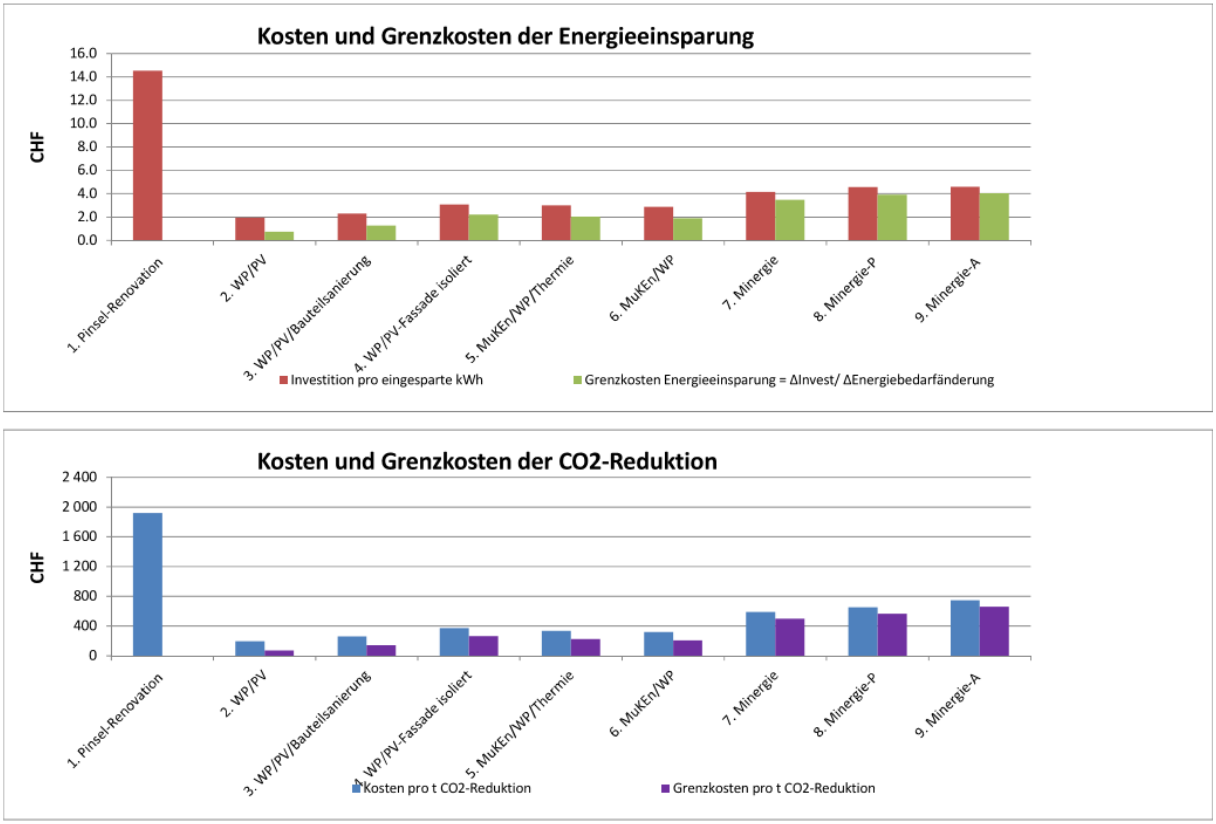


Abbildung 30: Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 im Beispiel 7

Sensitivitätsanalyse CO_2-Abgabe: Die Analyse zeigt, dass mit einer relativ geringen Eingriffstiefe eine Win-win-win-Situation erzielt werden kann. Die Beachtung der Investitionskosten schafft eine Präferenz für die Varianten 2 und 3. Die Variante 5 mit den tiefsten Bruttomieten – bei relativ tragbaren Investitionskosten hat ebenfalls gute Chance, dass sie erwogen wird. Aus sozialpolitischer Sicht ist sie am vorteilhaftesten zu bezeichnen. Für die hohen Sanierungstiefen bestätigt sich das Ergebnis der vorherigen Beispiele. Selbst bei einer Subventionierung dürften diese Varianten bei den Investoren aufgrund der hohen Investitionskosten und der zusätzlichen Risiken tendenziell durchfallen. Sie haben am ehesten Chancen bei sehr liquiden Investoren, die an optimalen Standorten investieren können.

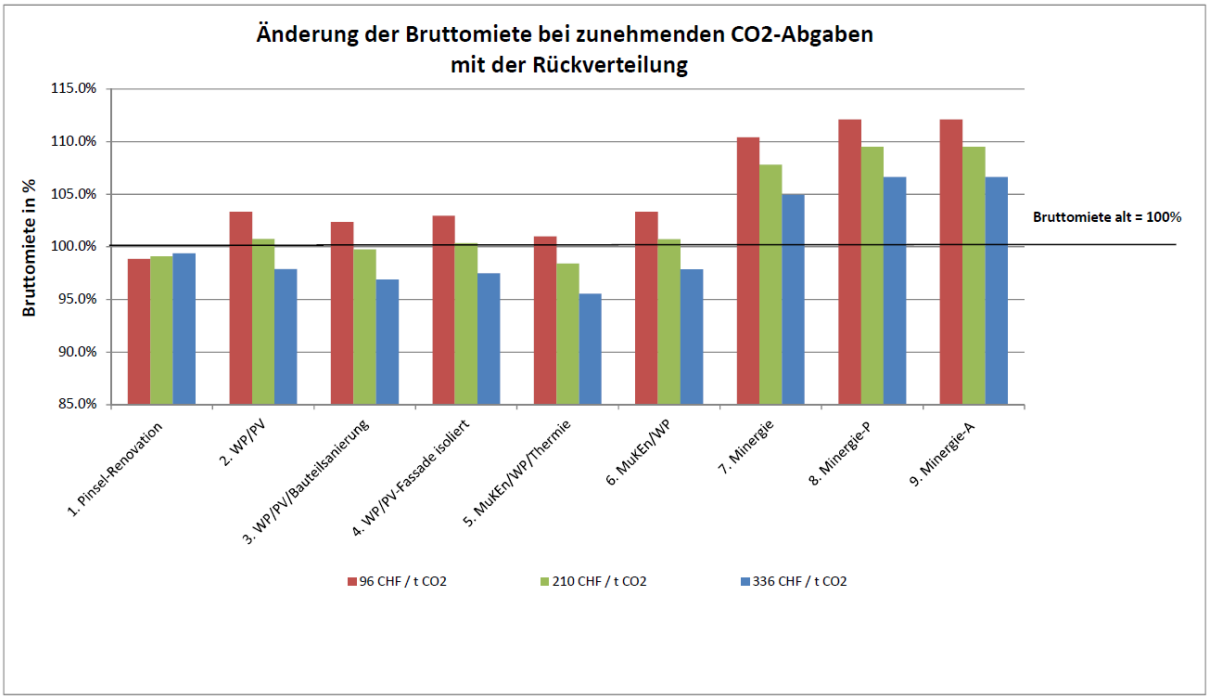


Abbildung 31: Neue Bruttomieten bei unterschiedlichen CO_2-Abgabe mit Rückverteilung Beispiel 7

4.8. Gebäude Nr. 8: Zwei Mehrfamilienhäuser mit 24 Appartements

Ausgangslage:

- EBF: 2x 775 m2 = 1550 m2
- Ölheizung für Heizen und Elektroboiler für Warmwasser
- Steildächer
- Energiebedarf Heizen 285'000 kWh/a oder 180 kWh/m2/a (Heizöl 18 lt./m2/a)

Sanierungsvarianten, Investitionskosten und Energieeinsparung:

1. Pinselsanierung Wand und Fenster sowie Ersatz der alten durch eine neue Ölheizung. Investition CHF 210'000.-, geringe jährliche Energieeinsparung von -24’000 kWh.
2. Pinselsanierung wie in Variante 1, zusätzlich eine 56m^2 solarthermische Anlage und eine 30 kWp Photovoltaik-Aufdachanlage. Investition CHF 410'000.-, jährliche Energieeinsparung: -49’000 kWh, +30'000 kWh PV-Produktion.
3. Bauteil-Sanierung wie in Variante 2, aber mit Austausch des fossilen Heizsystems durch Wärmepumpen. Investition CHF 467'000.-, jährliche Energieeinsparung: -178’000 kWh, +30'000 kWh PV-Produktion.
4. Bauteil-Sanierung innen: Isolation Estrich und Kellerdecke, Wände gegen unbeheizte Räume, aussen Pinselsanierung, Wärmepumpen + 56m^2 solarthermische Anlage und 30 kWp Photovoltaik-Aufdachanlage wie in Variante 2 und 3. Investition CHF 650'000.-, jährliche Energieeinsparung: -217’000 kWh, +30'000 kWh PV-Produktion.
5. Bauteil-Sanierung innen, aussen Pinselsanierung + Heizsystem 2Sol (Erdsonden + Sole/Wasser Wärmepumpen + PVT-Solarmodulen (Aufdach). Investition CHF 900'000.-, jährliche Energieeinsparung: -257’000 kWh.
6. MuKEn: Isolation Estrich, Kellerdecke, Aussenwände und neue Fenster. Luft/Wasser Wärmepumpen, keine Solaranlagen. Investition CHF 670'000.-, jährliche Energieeinsparung: -227’000 kWh.
7. Minergie, Gebäudehüllen-Sanierung, in dieser Variante mit Renovation des Daches, bei ausschliesslicher Isolation des Estrichs wie in Variante 4-6 könnten Minderkosten von CHF 167'000.- vom Gesamtbetrag abgezogen werden. Komfortlüftung, Wärmepumpe, 16 kWp Photovoltaik-Indachanlage sowie neue Energieeffizientere Haushaltsgeräte. Sprungkosten werden hauptsächlich durch die Komfortlüftung verursacht. Es entstehen positive Komforteffekte und die Bausubstanz wird besser geschützt. Investition CHF 1’540'000.-, jährliche Energieeinsparung: thermisch -255’000 kWh, elektrisch -19'000 kWh, +16'000 kWh PV-Produktion.
8. Minergie-P gleich wie Minergie, aber nochmals verbesserte Gebäudehüllen-Isolation und effizientere Komfortlüftung. Investition CHF 1’660'000.-, jährliche Energieeinsparung: thermisch -257’000 kWh + elektrisch 19'000 kWh + 16'000 kWh PV-Produktion.
9. Minergie-A gleich wie Minergie-P jedoch mit grosser 105 kWp Photovoltaik-Indachanlage. Investition CHF 1'885’000.-, jährliche Energieeinsparung: thermisch 257’000 kWh + elektrisch 19'000 kWh, +16'000 kWh PV-Produktion.

Energiebedarfsänderung/Energieproduktion: Die Analyse zeigt, dass bereits mit den Varianten 3 bis 6 erhebliche Energieeinsparungen von rund 200'000 kWh/a erzielt werden können. Mit dem Ersatz des Heizsystems fallen die direkten CO_2-Emissionen weg. Die Einsparungen mit Minergie, Minergie-P und Minergie-A sind gegenüber den Varianten 4 und 5 nicht wesentlich höher (25‘000 kWh/a), die Komfortgewinne sind zusätzlich zu beachten. Mit der Variante 5 «2Sol» können die gleichen Einsparungen erzielt werden.

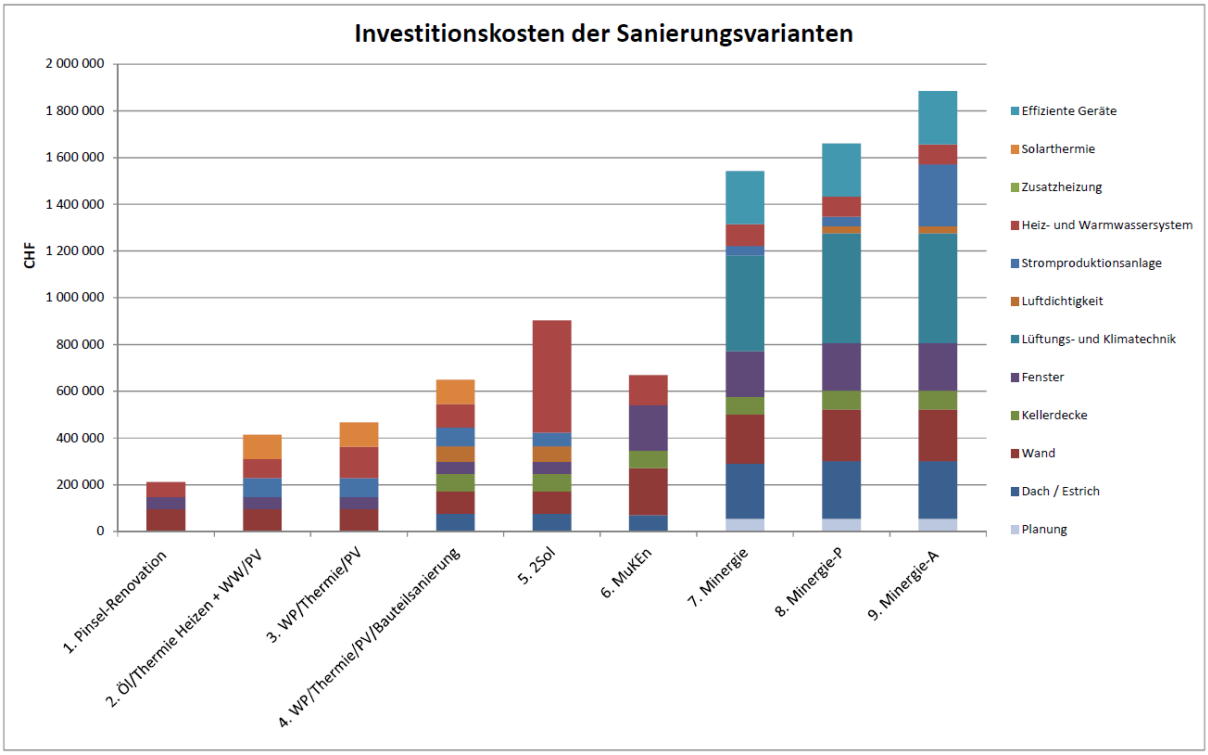


Abbildung 32: Investitionskosten der Sanierungsvarianten im Beispiel 8

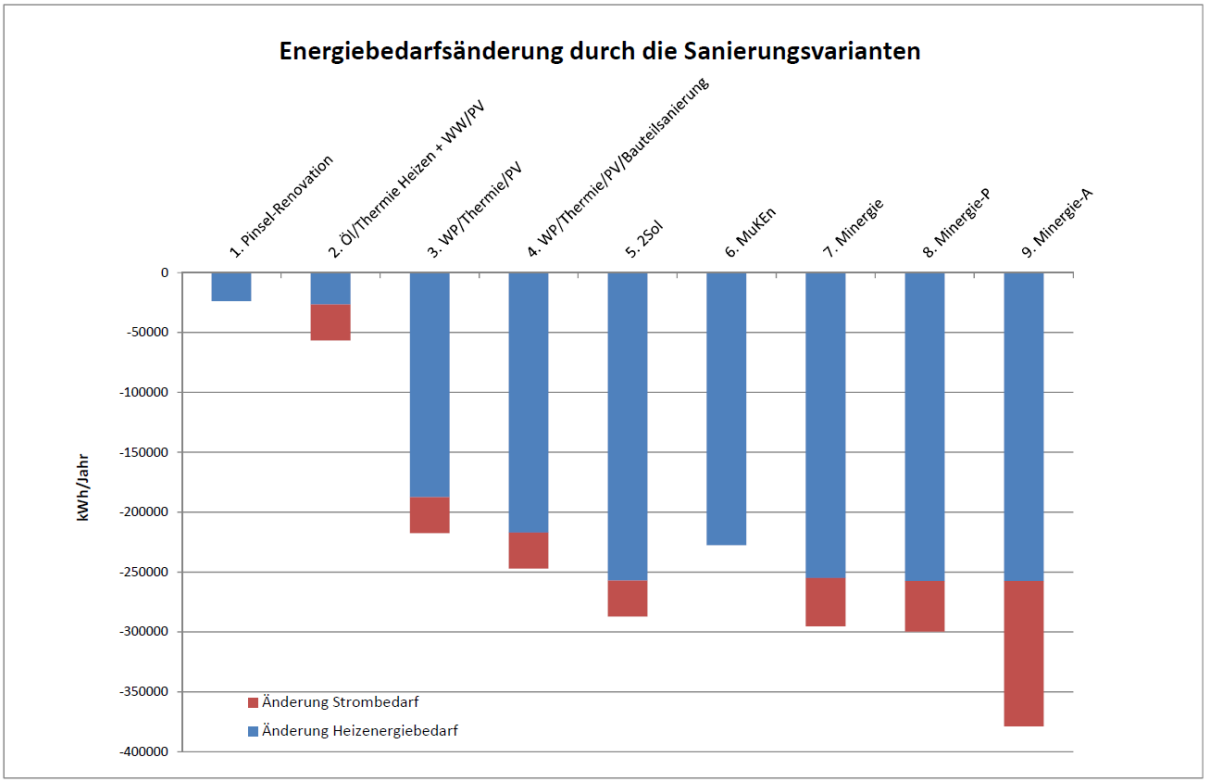


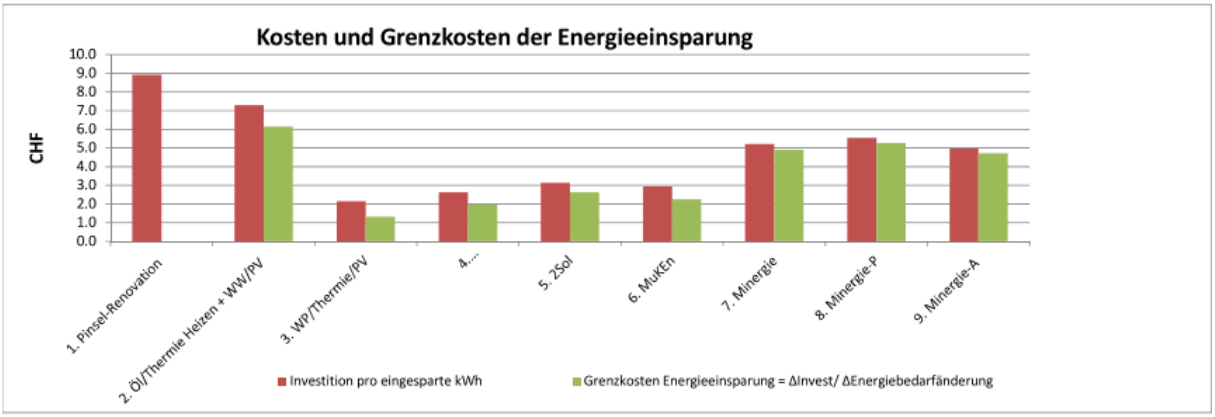
Abbildung 33: Energiebedarfsänderung durch die Sanierungsvarianten im Beispiel 8

Veränderung Bruttomieten: Die Überwälzungen der wertvermehrenden Investitionen auf die Nettomieten wurden wie folgt bestimmt: Variante 1: 10% Gebäudehülle / 10% Gebäudetechnik, Variante 2 und 3: 10% Gebäudehülle / 70% Gebäudetechnik, Variante 4 und 5: 50% Gebäudehülle / 70% Gebäudetechnik und Variante 6 bis 9: 70%. Für die Varianten 3 und 4 (Wärmepumpe/Photovoltaik) liegen die Bruttomieten nach der Sanierung unter 100% der Ausgangsmieten.
Für die Variante 2 (Öl/Thermie/PV), 5 (2Sol) und 6 (MuKEn) steigen sie um je ca. 3% an.
Die Varianten Minergie, Minergie-P und Minergie-A weisen Zunahmen von 7% bis 8% auf.

Nettorenditen, Eigenkapitalrenditen: Die Nettorenditen steigen für die Varianten 2 bis 9 von 2.7% auf je ca. 3.6% wegen leicht steigenden Überwälzungssätzen an. Für die Variante 1 liegt die Rendite bei 0.5%.
Die Eigenkapitalrenditen liegen knapp unter 6% bis über 8%.

Energierenditen, Rendite Photovoltaik: Die höchsten Energierenditen von gut 4% werden mit der Variante 3 mit einen Heizsystem bestehend aus Wärmepumpen, Solarthermie, PV erreicht. Die weiteren Varianten mit grösserer Eingriffstiefe fallen linear auf unter 2%.

Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 (Durchschnittskosten, Grenzkosten): Die Varianten 3 bis 6 (mittlere, optimierte Eingriffstiefe) weisen Einsparkosten pro kWh von 2.15 CHF/kWh bis 3.15 CHF/kWh auf. Bei einer angenommenen Lebensdauer von 30 Jahren müssen diese Werte noch durch 30 geteilt werden. Das 2Sol-System und MuKEn sind mit je 3.15 CHF/kWh gleichauf. Die Minergie-Varianten weisen Einsparkosten von 5.0 CHF/kWh bzw. 5.5 CHF/kWh auf.
Die Varianten 1 (8.9 CHF/kWh) und 2 (7.3 CHF/kWh) weisen die höchsten Einsparkosten auf.



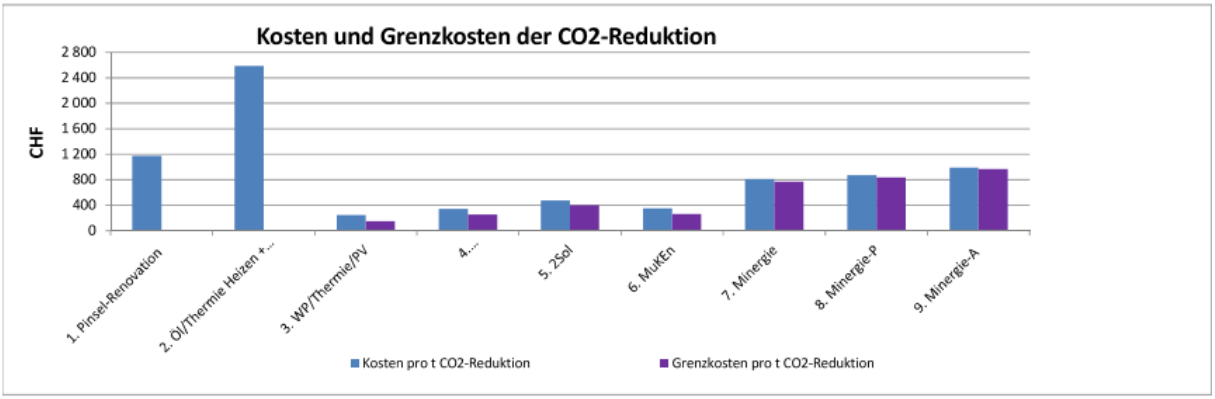


Abbildung 34: Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 im Beispiel 8

Sensitivitätsanalyse CO_2-Abgabe: Das vorliegende Sanierungsobjekt ist für einen recht hohen Bestand im MFH-Bereich als repräsentativ zu bezeichnen. Auffallend ist dabei, dass die ersten vier Sanierungsvarianten bei einer CO_2-Abgabe von CHF 96.- pro t CO_2 zu tieferen Bruttomieten führen.
Für die ersten beiden Varianten gilt dies bereits auch für den Ersatz des fossilen Heizsystems mit einer Effizienzsteigerung. Mit der Erhöhung der CO_2-Abgabe auf CHF 210.- bzw. CHF 334.- pro t CO_2 wird dieser Effekt – wenn auch nur um je ca. 1% - verstärkt. Die Mieterschaft hat wegen den tieferen Bruttomieten ein Interesse an einer Heizsystemerneuerung. Für die Investoren schauen – wenn auch nur geringe – Nettorenditen (Variante 1: 0.4%; Variante 2: 2.5%) heraus. Die Umwelt wird kaum entlastet.
Mit dem Umstieg auf erneuerbare Heizsysteme (Wärmepumpen) in den Varianten 3 bis 6 sind die positiven Anreize ausgeprägter. Die Reduktion der Bruttomieten betragen beim höchsten CO_2-Abgabesatz zwischen 3% - 6%. Aus Sicht der Mieterschaft steht die Variante 3 im Vordergrund. Die Varianten 4, 5, und 6 mit den höheren Energieeinsparungen, aber auch den höheren Investitionskosten, sind durchaus attraktiv, trotz den etwas höheren Bruttomieten. Für den Investor sind die Varianten 4 bis 6 mit den höheren Überwälzungen auf die Nettomiete interessant, führen sie doch zu Nettorenditen von 2.9% (Variante 4) und 3.2% (Variante 5 und 6) im Vergleich zu 2.8% bei der Variante 3.

Die Minergie-Varianten weisen Bruttomieten von 106% bis 107% auf. Die CO_2-Abgabe führt wegen der Rückverteilung ebenfalls zu Reduktionen der Bruttomieten von je ca. 3%. Der höhere Mietzins kann negative Effekte hinsichtlich der Vermietbarkeit (Leerbestand) bewirken. Die Investoren haben - bei dem maximalen Überwälzungssatz von 70% höhere Renditen (3.6%) zu erwarten. Dabei ist aber zu beachten, dass die Investitionen gegenüber den Varianten 3 bis 6 zwei bis drei Mal höher sind. Die Finanzierung muss sichergestellt werden und die höheren Mieten sind tendenziell mit höheren Risiken auf dem Liegenschaftsmarkt verbunden.

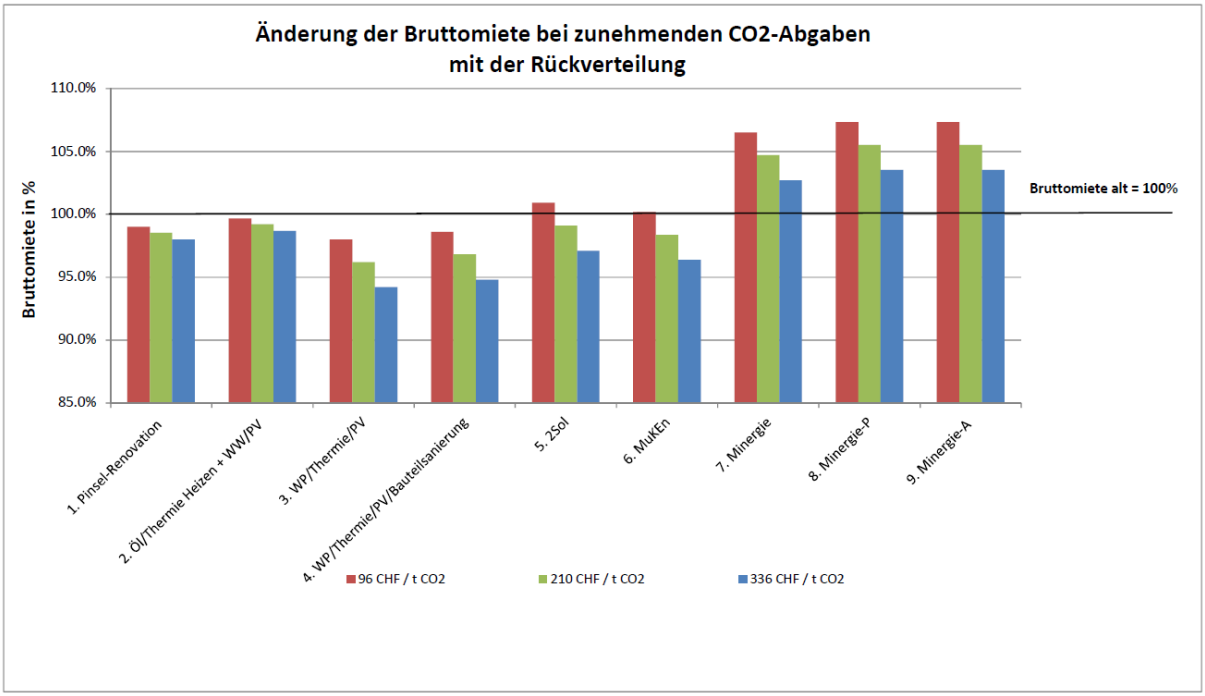


Abbildung 35: Neue Bruttomieten bei unterschiedlichen CO_2-Abgabe mit Rückverteilung Beispiel 8

4.9. Gebäude Nr. 9: Einfamilienhaus Neubau

Ausgangslage:

- Ausgangslage ist ein einfacher Ausbau mit U-Wert 0.25 von der Gebäudehülle und U-Wert 1.3 für die Fenster und einer Gasheizung
- EBF: 355 m2
- Gasheizung für Heizen und für Warmwasser
- Attika / Flachdach
- Energiebedarf Heizen 23'500 kWh/a oder 70 kWh/m2/a (Heizöl 6.6 lt./m2/a)

Neubauvarianten, Investitionskosten und Energieeinsparung:

1. MuKEn Gasheizung und 12m^2 Solarthermie: Zusätzliche Investition CHF 24'000.-, jährliche Energieeinsparung 0 kWh, jedoch +7'500 kWh thermische Solarenergie.
2. MuKEn mit Wärmepumpe: zusätzliche Investition CHF 4'500.-, jährliche Energieeinsparung: -16’000 kWh.
3. MuKEn mit Wärmepumpe und solarthermische Anlage für Heizungsunterstützung und Warmwasser: Zusätzliche Investition CHF 27'500.-, jährliche Energieeinsparung: -18’000 kWh. *Anmerkung: Die Energiebedarfsänderung ist in der EnWI-Analyse nicht richtig dargestellt. Der Energiebedarf der Wärmepumpe (gemäss Variante 2) sinkt mit der solarthermischen Unterstützung um ca. 2000 kWh.*
4. MuKEn mit Wärmepumpe und 14 kWp Photovoltaik an Balustraden und auf dem Dach: Zusätzliche Investition CHF 56'000.-, jährliche Energieeinsparung -16’000 kWh, +9'500 kWh PV-Produktion.
5. MuKEn mit Wärmepumpe und solarthermische Anlage wie in Variante 3 + 9.2 kWp Photovoltaik an Balustraden. Zusätzliche Investition CHF 67'000.-, jährliche Energieeinsparung -18’000 kWh, +4'800 kWh PV-Produktion. *Anmerkung: Gleich wie in Variante 3: Die Energiebedarfsänderung ist in der EnWI-Analyse nicht richtig dargestellt. Der Energiebedarf der Wärmepumpe (gemäss Variante 2) sinkt mit der solarthermischen Unterstützung um ca. 2000 kWh.*
6. GEAK A/A mit 14 kWp Photovoltaik an Balustraden und auf dem Dach. Quasi wie Minergie-A, siehe Variante 9: Zusätzliche Investition CHF 94'000.-, jährliche Energieeinsparung -19’000 kWh, +9'500 kWh PV-Produktion.
7. Minergie mit 3.6 KWp Photovoltaik-Aufdachanlage: Zusätzliche Investition CHF 45'000.-, jährliche Energieeinsparung -18’000 kWh, +3'500 kWh PV-Produktion.
8. Minergie-P mit 3.6 KWp Photovoltaik-Aufdachanlage: Zusätzliche Investition CHF 57'000.-, jährliche Energieeinsparung -19’000 kWh, +3'500 kWh PV-Produktion.
9. Minergie-A mit 14 kWp Photovoltaik an Balustraden und auf dem Dach: Zusätzliche Investition CHF 100'000.-, jährliche Energieeinsparung -19’000 kWh, +9'500 kWh PV-Produktion.

Energiebedarfsänderung/Energieproduktion: Da es bei einem Neubau keine Pinselrenovation gibt, werden die Energieeinsparungen gegenüber der Variante 1 «MuKEn Gas & Thermie» verglichen. Die Energieeinsparungen in den Varianten 2 und 4 in Höhe von ca. 16'000 kWh/a werden durch den Ersatz des fossilen Heizsystems mit einer Wärmepumpe erreicht. Durch den Einsatz von Solarthermie können weitere 2’000 kWh/a eingespart werden. Mit den Neubauvarianten GEAK A/A, Minergie-P und Minergie-A erreicht man gegenüber den Varianten 2 und 4 (MuKEn mit Wärmepumpe) zusätzliche Einsparungen von ca. 4'000 kWh/a, auf insgesamt knapp 20'000 kWh/a.

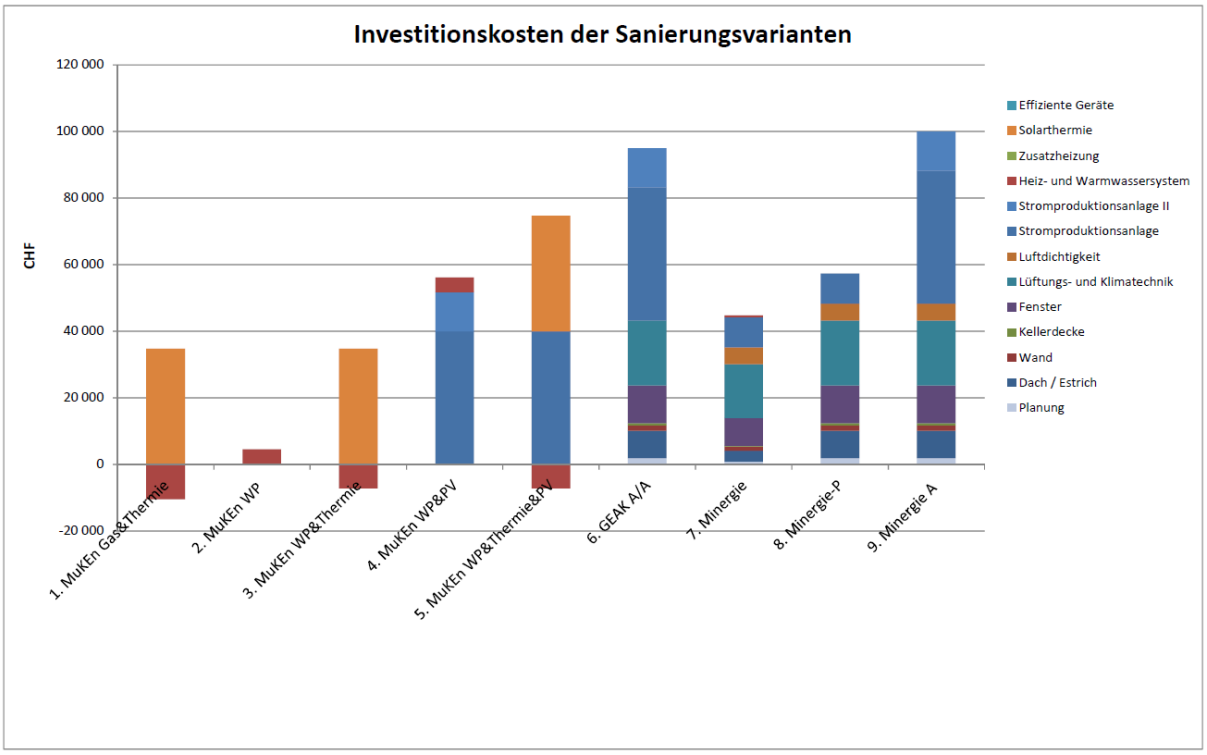


Abbildung 36: Investitionskosten der Sanierungsvarianten im Beispiel 9

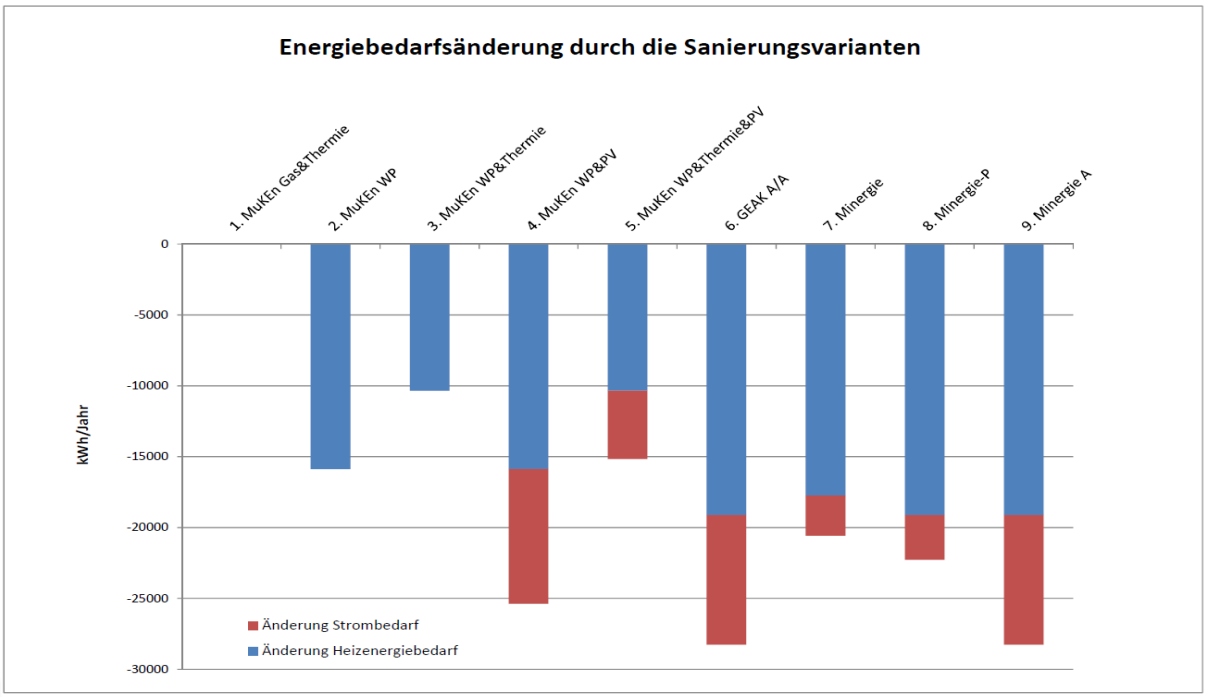


Abbildung 37: Energiebedarfsänderung durch die Sanierungsvarianten im Beispiel 9

Veränderung Bruttomieten: Die Bruttomieten ändern sich für die verschiedenen Varianten kaum. Für die Variante 2 «MuKEn mit Wärmepumpe» reduziert sich die Bruttomiete auf 98%. Bei den Varianten «Minergie-P» und «Minergie-A» steigen sie nur um 3%. Durch die Subventionen reduziert sich die Bruttomiete auf unter 100%.

Nettorenditen, Eigenkapitalrenditen: Die Nettorenditen belaufen sich auf gut 4%, bei vollumfänglichen Verbesserungen auch an der Gebäudehülle (ab Variante 6 bis 9) mit längerer Amortisationsdauer der Investition als bei der Gebäudetechnik nehmen sie leicht ab (3.5%).

Die Eigenkapitalrenditen betragen rund 5% bis knapp über 10%.

Energierenditen, Rendite Photovoltaik: Die Energierendite ist bei Variante 2 «MuKEn mit Wärmepumpe» am höchsten. Der hohe Wert von 15% ist begründet mit der nur geringfügig höheren Zusatzinvestition (ca. CHF 4'500.-) für die Wärmepumpe im Vergleich zu einer Gasheizung, aber mit einer massiven Energieeinsparung durch die gute JAZ der Wärmepumpe. Dieses Resultat zeigt anschaulich wie lohnend die Wahl eines erneuerbaren Heizsystems modernster Technologie im Vergleich zu einem fossilen Heizsystem ist. Für alle anderen Varianten liegt die Energierendite zwischen 3% bis 5%.

Die Photovoltaik-Renditen betragen - je nach Variante - zwischen 2% bis zu 6%.

Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 (Durchschnittskosten, Grenzkosten): Die Durchschnittkosten für die Energieeinsparungen gegenüber Variante 1 sind in allen Varianten im Bereich von einigen Franken. Die Einsparkosten pro Jahr liegen zwischen 0.3 CHF/kWh und 4.5 CHF/kWh bei einer angenommenen Lebensdauer von 30 Jahren.

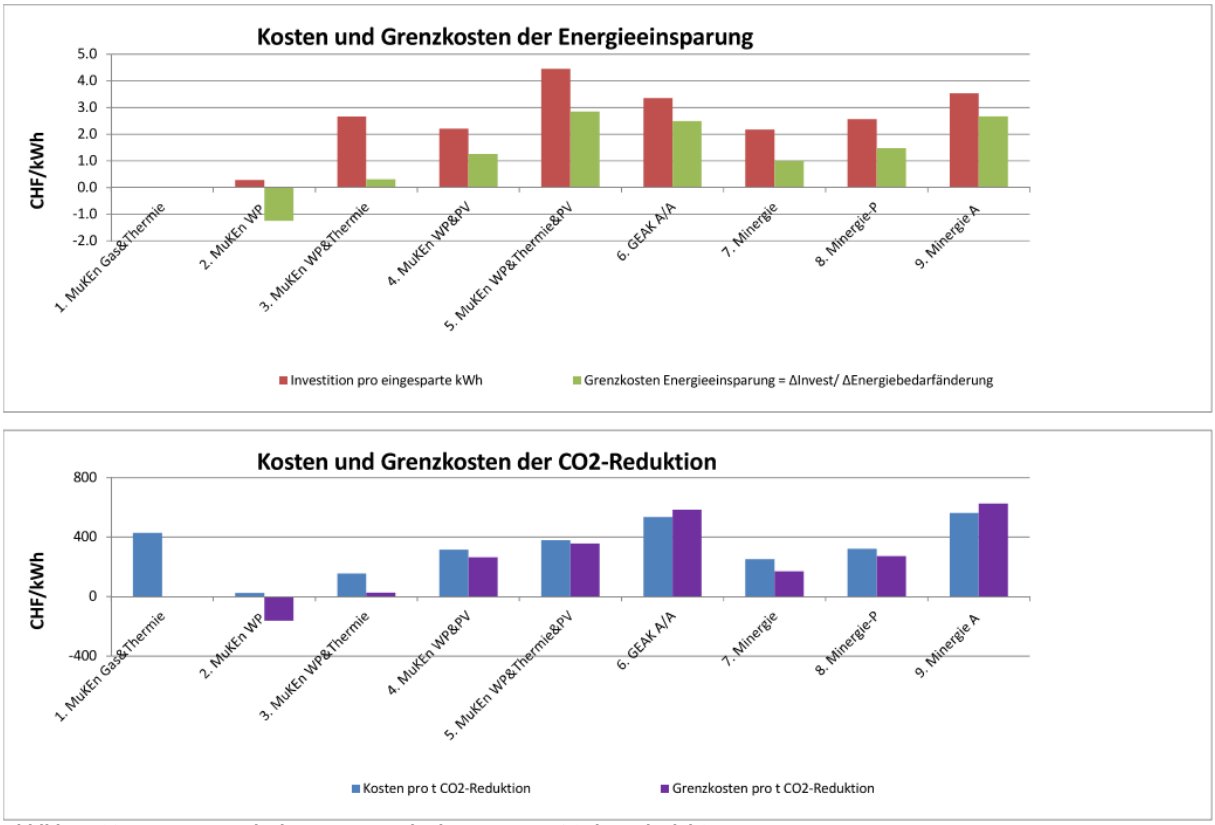


Abbildung 38: Kosten Energieeinsparung pro kWh, pro Tonne CO_2 im Beispiel 9

Sensitivitätsanalysen CO_2-Abgabe: Die CO_2-Abgabe müssen nur für die Variante 1 bezahlt werden. Höhere Abgabe haben in diesem Fall höhere Bruttomieten zur Folge.
In allen erneuerbaren Varianten (2 bis 9) werden nur die Rückverteilungen wirksam. Dies ermöglicht es bei diesem Beispiel (Neubau), dass selbst bei den Minergie-Varianten eine Win-Situation für den Mieter entsteht, das heisst, dass die Bruttomieten unter die 100%-Marke bei steigender CO_2-Abgabe fallen. Ausnahme ist die Variante Minergie-A, die bei der CO_2-Abgabe von CHF 336.- pro t CO_2 trotz Rückverteilung immer noch über 100% liegt. Die CO_2-Abgabe schafft starke Anreize in erneuerbare Energiesysteme zu investieren.

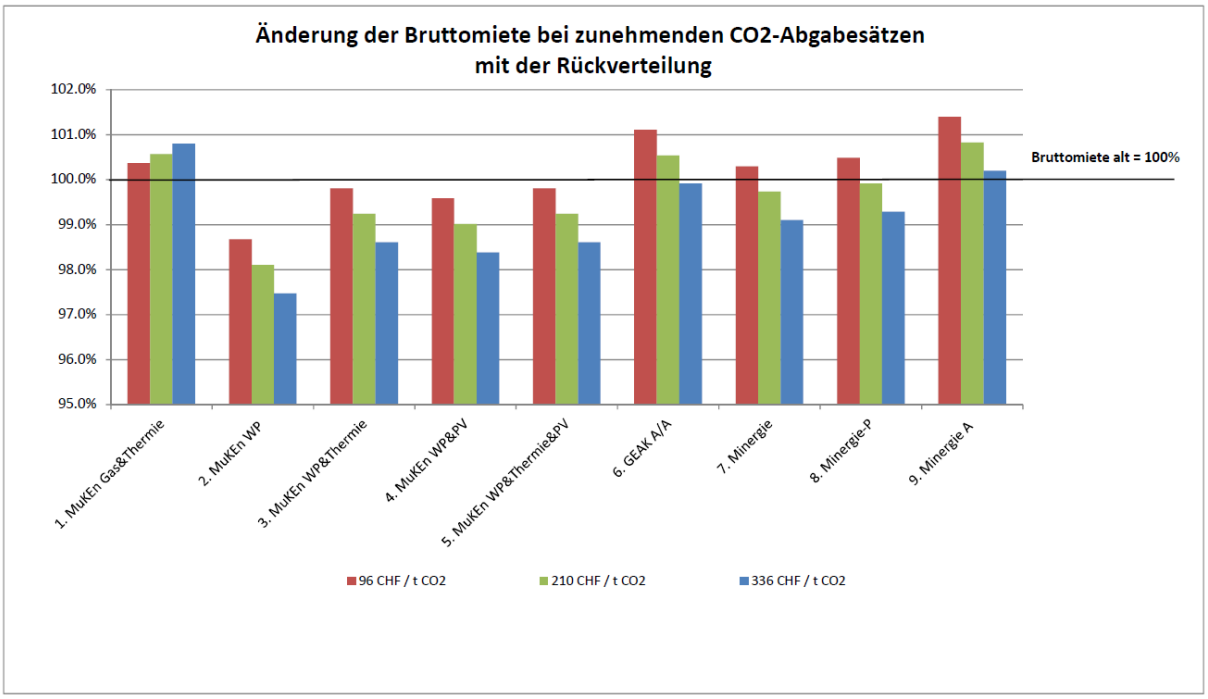


Abbildung 39: Bruttomiete bei unterschiedlichen CO_2-Abgabe mit Rückverteilung Beispiel 9

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Gebäude Nr. 1 Generisches Sechsfamilienhaus
Anhang 2: Gebäude Nr. 2 Einfamilienhaus
Anhang 3: Gebäude Nr. 3 Zwölffamilienhaus
Anhang 4: Gebäude Nr. 4 Sechsfamilienhaus
Anhang 5: Gebäude Nr. 5 Neunfamilienhaus
Anhang 6: Gebäude Nr. 6 Einfamilienhaus
Anhang 7: Gebäude Nr. 7 Neunfamilienhaus
Anhang 8: Gebäude Nr. 8 Zwei Mehrfamilienhäuser mit 24 Appartements
Anhang 9: Gebäude Nr. 9 Einfamilienhaus Neubau