

Vorlage zu TOP 2

der öffentlichen Gemeinderatssitzung am 15. Dezember 2020

Verhandlungsgegenstand:

Neubau des Feuerwehrgerätehauses

2.1 Vorstellung der Energiekonzeptstudie

2.2 Beratung und Beschlussfassung zur weiterentwickelten
Gebäudeplanung und Kostenberechnung

Anlagen:

1. Energiekonzeptstudie
2. weiterentwickelte Gebäudeplanung Feuerwehrgerätehaus
3. Kostenschätzung (wird per E-Mail nachgereicht)

Hinweis:

Der Verwaltung sind keine Befangenheitsgründe bekannt. Jedes Gemeinderatsmitglied wird jedoch gebeten, für sich selbst zu prüfen, ob evtl. ein Befangenheitstatbestand nach § 18 GemO vorliegt und dies vor Beginn der Beratung dem Vorsitzenden des Gemeinderates mitzuteilen.

zugezogen: Roland Knaus, ibp Knaus + Zentner
Joachim Kienle, KIENLE Beratende Ingenieure GmbH
Christian Burkhard, Burkhard&Sandler Landschaftsarchitekten
Carlo Cataldi, Brüder Ingenieursgesellschaft mbH
Frohwin Lüttin, Architekt

Rechts- und Sachlage

In den vergangenen Monaten haben Architekt und die Fachplanungen intensiv an der Weiterentwicklung des Neubauprojekts Feuerwehrgerätehaus gearbeitet. Wie bereits in der Sitzung vom 30. Juni 2020 erläutert, sind für die Weiterentwicklung der Gebäudeplanung die Fachplanungen maßgeblich. Insbesondere die Fachplanungen Elektrotechnik und Heizung, Lüftung, Sanitär. So ist z.B. je nach Wahl der Energieversorgung das Raumprogramm der Feuerwehr ausreichend oder nicht ausreichend.

Energiekonzeptstudie

In der Energiekonzeptstudie wurden verschiedene Möglichkeiten der zukünftigen Wärmeversorgung ausgearbeitet und unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten gegenübergestellt sowie verglichen. Eine Einzelbetrachtung der Gebäude wurde nicht untersucht. Neben den Investitionskosten wurden ebenso Kosten für Wartung und Instandsetzung, als auch betriebsgebundene Kosten berücksichtigt. Neben den gesetzlich möglichen Erfüllungsoptionen muss ebenso die technische Machbarkeit gewissenhaft und stets individuell geprüft werden. Um diese Vorgaben zu erfüllen haben sich folgende vier Varianten ergeben.

1. BHKW mit Gaskessel
2. Pelletkessel
3. Sole-Wärmepumpe
4. Luft-Wasser Wärmepumpe und Gaskessel

Aus wirtschaftlicher Sicht ohne Energiepreissteigerung ist die Variante 4 zu empfehlen. Einerseits ist die Startinvestition am niedrigsten und diese Variante passt gut in den vorhandenen Technikraum. Alle anderen Varianten haben derzeit gravierende Nachteile, wie Platzbedarf, Probleme mit dem Deckungsanteil oder mit der Beheizung der Fahrzeughalle.

Die detaillierte Energiekonzeptstudie liegt dieser Vorlage als Anlage bei. Es wird insoweit auf diese verwiesen. Herr Knaus wird in der Sitzung die Studie vorstellen.

Elektroplanung und Photovoltaikanlage

Die Wärmeerzeugung mittels der vorgeschlagenen Variante 4 (Luft-Wasser Wärmepumpe mit Gaskessel) ist mit Ausnahme des Gaskessels als Spitzenabdeckung eine reine strombasierte Anlagenkombination. Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage kann maßgeblich erhöht werden, wenn diese durch eine Eigenstromproduktion unterstützt wird. Die Elektroplanung berücksichtigt daher eine PV-Anlage auf dem Feuerwehrgerätehaus mit einer Gesamtleistung von rd. 40 kWp.

Die Elektroplanung sieht derzeit einen gemeinsamen Stromanschluss vor. Der Kindergarten wird später über eine interne Verbindungsleitung an die Feuerwehr angeschlossen. Dies hat den Vorteil, dass der durch die geplanten PV-Anlagen erzeugte Strom unabhängig vom Gebäude grundsätzlich beiden Verbrauchern zur Verfügung steht. Herr Kienle wird in der Sitzung die Grundzüge der Elektroplanung sowie eine mögliche Umsetzung einer PV-Anlage vorstellen. Die Verwaltung empfiehlt dem Gemeinderat die Installation einer PV-Anlage mit rd. 40kWp. In der gemeinsamen Arbeitsgruppensitzung am 04. November 2020 wurden die Kurzfassung der Energiekonzeptstudie sowie der Empfehlungsvorschlag der Verwaltung bereits vorgestellt.

Weiterentwickelte Gebäudeplanung und Kostenschätzung

Das beauftragte Architekturbüro hat die Gebäudeplanung entsprechend der Variante 4 der Energiekonzeptstudie sowie den jeweiligen Raumbedürfnissen der Fachplanungen weiterentwickelt und abgestimmt. Das weiterentwickelte Raumkonzept wurde in der Arbeitsgruppensitzung vom 04. November 2020 ebenfalls vorgestellt.

Insbesondere wurden seit der letzten Vorstellung im Gemeinderat folgende Punkte bearbeitet:

- Integration eines Schwerlastregals in der Fahrzeughalle
- Raumoptimierungen Notstrom und Technik (Verlegung Kleiderkammer)
- Wegfall Außenlager bei Terrasse (Standort Lüftungsgerät)
- Einarbeitung der ersten Ergebnisse Baustatik, Brandschutz, Bauphysik
- Vorauswahl der Gebäudeträgerwerkskonstruktion (Hybridbau)

Zu letztgenanntem Punkt möchten wir gesondert nochmals eingehen und die Vorauswahl entsprechend begründen. Mit einstimmigem Beschluss hat der Gemeinderat die Aufnahme des folgenden Textpassus in den Auslobungstext des Architektenwettbewerbs beschlossen:

„Die Gemeinde Dogern legt im Sinne der Generationengerechtigkeit Wert auf eine nachhaltige Bauweise und bevorzugt insbesondere bei der Projektierung der Kindertagesstätte den Werkstoff Holz.“

Unter Abwägung der Vor- und Nachteile der Konstruktionsart eines reinen Holzbaus zu einer Mischbauweise (Hybridbau) oder gar einer reinen Stahl-Beton-Bauweise kommt die Verwaltung, auf Empfehlung der Fachplanungen, zum Ergebnis, das Feuerwehrgerätehaus in sog. Hybridbauweise zu errichten. Diese Ausführungsart entspricht in Kombination mit der vorgeschlagenen Wärmeversorgung auch dem KfW-55-Standard, welcher ebenfalls Wunsch des Gemeinderats war.

Zu den Gründen: In der Baustatik erschwert die hohe Raumtransparenz vor allem die horizontale Aussteifung des Gebäudes, sollte die Konstruktionsart als reiner Holzbau gewählt werden.

Dies wird insbesondere bei der Fahrzeughalle deutlich. Im Falle eines reinen Holzbaus wäre zusätzlich mittels Stahlträgern baustatisch die Aussteifung nachzuweisen.

Ferner sind aus brandschutzrechtlicher Sicht diverse Räume in der Brandschutzklasse F90 auszubilden. Eine Stahl-Beton-Konstruktion bringt diese Eigenschaft per se mit. Eine entsprechende Holzständerkonstruktion ist zusätzlich entsprechend feuerhemmend zu verkleiden um eine vergleichbare Eigenschaft zu erzielen. Gerade auch mit Blick auf die Werkstatt, in welcher feuergefährdende Arbeiten wie z.B. Schweißen und Flexen durchgeführt werden oder das vorhandene Betriebsstofflager mit leicht entzündbaren Flüssigkeiten, stellt sich darüber hinaus die Sinnhaftigkeit des Werkstoffs Holz als Konstruktionsart.

Weiter hat die Stahl-Beton-Konstruktion Vorteile mit Blick auf die Reinigung, welche z.B. durch Beseitigung etwaiger Schmutzeinträge durch die Einsatzkräfte im Gebäude (z.B. Stiefelreinigung, verschmutzte Fahrzeuge) erforderlich werden kann. Zudem bietet die Stahl-Beton-Konstruktion mehr Flexibilität z.B. beim Nachrüsten von schwerem Gerät mit Wandmontage (z.B. Schwenkkran).

In der Abwägung ist die Verwaltung auf die Empfehlung hin zu obigem Ergebnis gekommen. Auf dieser Basis wurde auch die Gebäudeplanung, welche Herr Lüttin am 04. November 2020 der Arbeitsgruppe vorstellte und in der kommenden Sitzung dem Gesamtgemeinderat vorstellen wird, weiterentwickelt.

Im Rahmen der erläuterten Weiterentwicklung wurden auch von den Fachplanungen entsprechende Kostenschätzungen ihrer Teilplanungen eingeholt und die Gesamtkostenschätzung fortgeschrieben. In dieser Gesamtkostenschätzung sind zudem auch die jährlichen Preissteigerungen mit jeweils 5% für 2020 und 2021 (Reserve) entsprechend berücksichtigt.

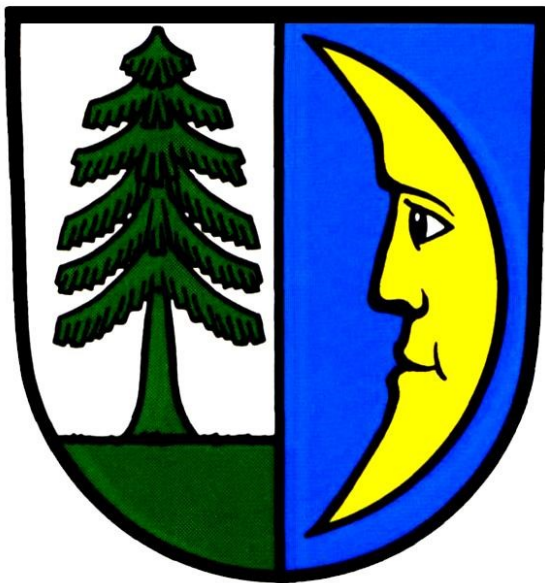
Die aktuelle Kostenschätzung wurde der Verwaltung im Arbeitsgespräch vom 04. Dezember 2020 vorgestellt. Die Gesamtkosten für die Feuerwehr waren mit rd. 3,9 Mio. Euro beziffert. Im Rahmen des Gesprächs wurden im Vorfeld zur Ratssitzung bereits einzelne Kostenfaktoren abgewogen und gestrichen. Die vorgestellte Kostenschätzung reduziert sich dadurch auf schätzungsweise 3,7 Mio. Euro. Herr Lüttin wird in der Sitzung die Veränderungen in der Gebäudeplanung und der Kostenschätzung entsprechend darstellen.

Beschlussvorschlag der Verwaltung

1. Der Gemeinderat beschließt, die Variante 4 (Luft-Wasser-Wärmepumpe) der Energiekonzeptstudie als gemeinsame Heizzentrale für die beiden Neubauprojekte Feuerwehrgerätehaus und Kindertagesstätte umzusetzen und beauftragt die Verwaltung zusammen mit den Fachplanern die weitere Ausarbeitung durchzuführen.
2. Der Gemeinderat beschließt, die Installation einer PV-Anlage mit einer Gesamtleistung von rd. 40 kWp wie vorgestellt auf dem Feuerwehrgerätehaus. Die Verwaltung wird beauftragt zusammen mit der Fachplanung die weitere Ausarbeitung durchzuführen.
3. Der Gemeinderat beschließt die weiterentwickelte Gebäudeplanung in Hybridbauweise und nimmt die Kostenschätzung entsprechend zur Kenntnis. Auf Basis der vorgestellten Planung wird die Verwaltung beauftragt zusammen mit Fachplanung und Architekt den Bauantrag final auszuarbeiten und bei der Genehmigungsbehörde einzureichen.

Energiekonzeptstudie

Bzgl. der zukünftigen Wärmeversorgung der neuen
Feuerwehr und der KITA in Dogern



Datum: 07. Dezember 2020

Auftraggeber:
Gemeinde Dogern
Rathausweg 1
79804 Dogern

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung	3
2	Aufgabenstellung und Ausgangssituation.....	4
2.1	Überblick	4
2.2	Ausgangssituation.....	4
3	Untersuchte Varianten	5
3.1	Variante 1:.....	5
3.2	Variante 2:.....	6
3.3	Variante 3:.....	7
3.4	Variante 4:.....	7
4	Informationen über verschiedene Energieträger.....	8
4.1	Fossile Rohstoffe: Heizöl und Erdgas.....	8
4.2	Primärenergieträger Holz - Nachwachsender Rohstoff aus der Natur	9
4.3	Einsatz von Blockheizkraftwerken	11
4.3.1	Technik der Blockheizkraftwerke	11
4.3.2	Funktionsweise	11
4.3.3	Energetischer Vorteil	11
4.3.4	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz.....	12
4.3.5	EEG-Umlage.....	13
4.3.6	Erforderliche Randbedingungen	13
4.3.7	Dimensionierung	13
4.4	Wärmepumpentechnologie	13
4.4.1	Wärmepumpen	13
4.4.2	Geothermie – Nutzung der Erdwärme.....	15
4.4.3	Erdwärmesonden und Erdkollektoren	15
4.4.4	Luft-Wasser-Wärmepumpe.....	15
4.4.5	Randbedingungen sowie Vor- und Nachteile von Wärmepumpenanlagen.....	16
5	Technische und wirtschaftliche Grundlagen	17
6	Investitionskostenvergleich	18
7	Ermittlung des Nutz- und Primärenergiebedarfs	20
8	Berechnung der Emissionen	22
8.1.1	CO ₂ -Emissionen der Anlage.....	22
9	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	25
9.1	Variante 1 (ohne Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen).....	25
9.2	Variante 2 (ohne Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen).....	26
9.3	Variante 3 (ohne Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen).....	27
9.4	Variante 4 (ohne Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen).....	28
9.5	Gegenüberstellung der Gesamtkosten (Ohne Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen)	29
9.6	Unter Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen	30
9.7	Entwicklung des spez. Wärmepreis Variante 1	31
9.8	Entwicklung des spez. Wärmepreis Variante 2 inkl. CO ₂ -Steuer	32
10	Handlungsempfehlung.....	33

1 Einleitung

Der Betrieb einer Heizungsanlage verursacht permanente Kosten für Brennstoffe, sowie Wartung und Instandhaltung. In Zeiten hoher Energiepreise können diese Betriebskosten einen erheblichen Teil der Bewirtschaftungskosten eines Gebäudes ausmachen.

Insbesondere bei größeren Objekten ist neben der Energieeinsparung der Umweltschutz von Bedeutung. Zahlreiche Möglichkeiten stehen hier zur Verfügung: Brennstoffart, Blockheizkraftwerke, Wärmerückgewinnung, solare- und geologische Energiegewinnung u.a.

Bei jedem Projekt sind sorgfältige Überlegungen erforderlich, wenn man die heiztechnisch, wirtschaftlich und ökologisch günstigste Lösung finden will.

Ein Hauptkriterium der wirtschaftlichen Investition in die Heizungsanlagenart sind die Heizkosten. Sie setzen sich im Wesentlichen aus 3 Teilen zusammen:

- A) den kapitalgebundenen Kosten**
- B) den verbrauchsabhängigen Kosten.**
- C) den Betriebskosten**

Die nachfolgende Studie wird, unter Berücksichtigung aller relevanten Rahmenbedingungen, verschiedene Anlagenkonzepte darstellen, deren Vor- und Nachteile aufzeigen und darüber hinaus als Entscheidungshilfe kostenrechnerisch bewerten.

2 Aufgabenstellung und Ausgangssituation

2.1 Überblick

Die Gemeinde Dogern plant einen Neubau eines Feuerwehrhauses und einer Kita mit einer gemeinsamen Wärmeversorgung. Die Wärmeversorgung soll im Feuerwehrhaus untergebracht werden und die nebenstehende Kita mitversorgen.

2.2 Ausgangssituation

Anhand der Größe der Gebäude wurde mittel Raumbuch und Leistung pro Quadratmeter eine ungefähre Heizlast ermittelt. Über Wetterdaten lässt sich eine zu prognostizierende Wärmeenergiemenge hochrechnen. Diese liegt für die beiden Objekte bei ca. 142.593 kWh/Jahr.

Es ist ungefähr eine Spitzenleistung von 85 kW notwendig, wenn man das Lüftungsgerät und etwas Reserve lässt kommt man auf die 100 kW Spitzenleistung, welche als Grundlage für den Vergleich diente. Die Warmwasserbereitung geschieht dezentral mittels elektrischen Durchlauferhitzern und wird in der Wärmeenergiemenge nicht berücksichtigt.

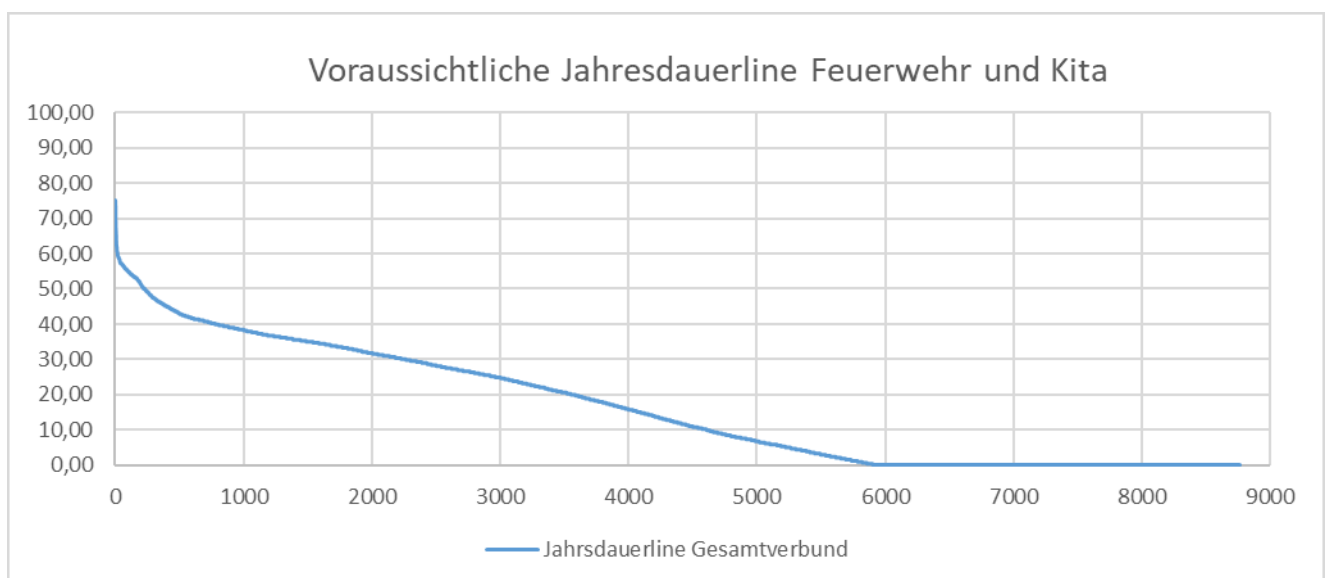


Abbildung 1 Jahresdauerlinie Wärmeverbrauch Areal Dogern

Der Stromverbrauch wurde aufgrund der Gebäudegröße auf 20.000 kWh pro Jahr geschätzt.

3 Untersuchte Varianten

In der vorliegenden Studie wurden verschiedene Möglichkeiten der zukünftigen Wärmeversorgung der neuen Feuerwehr und KITA Dogern ausgearbeitet und unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten gegenübergestellt und verglichen. Hierbei wurde stets von einem Verbund dieser beiden Gebäude ausgegangen. Eine Einzelbetrachtung wurde nicht untersucht.

Neben den Investitionskosten der einzelnen Varianten wurden ebenso Kosten für Wartung und Instandsetzung, als auch betriebsgebundene Kosten berücksichtigt.

Zur Darstellung der voraussichtlichen Emissionen wurden die Brennstoffverbrauchsmengen analysiert und mit den Schadstoffwerten behaftet.

Neben den gesetzlich möglichen Erfüllungsoptionen muss ebenso die technische Machbarkeit gewissenhaft und stets individuell geprüft werden.

Um diese Vorgaben zu erfüllen haben sich 4 Varianten ergeben.

Da sich die gesetzlichen Vorgaben ändern können, sollte dies bei einer umfänglichen Planung berücksichtigt werden.

Der Standort der neuen Heizungsanlage soll im Feuerwehrhaus untergebracht werden. Die Fernwärmeleitung und die Übergabestation zur Kita wurde für diesen Vergleich nicht berücksichtigt, da diese für alle Varianten notwendig ist. Für die Varianten BHKW und Pellet wurde zur Vergleichbarkeit eine Kühlung eingerechnet, da die Wärmepumpen dies in unterschiedlichen Ausprägungen ohnehin abdecken.

3.1 Variante 1:

BHKW und Gaskessel

Versorgung der beiden Gebäude mit einem BHKW mit 9 kW_{el} und 20 kW_{th} sowie einem Gas-Brennwertkessel mit 100 kW . Der KWK-Deckungsanteil würde bei $50,7 \%$ liegen und erfüllt somit die Vorgaben des GEG für den Neubau gerade so, da der Wärmebedarf im Sommer zu gering ist, um auf höhere Vollbetriebsstunden zu kommen. Daher ist dies eine theoretische Betrachtung, da im Realbetrieb der Nachweis für das GEG nicht sicher erbracht werden kann. Das BHKW kommt lediglich auf 3.600 Vollbetriebsstunden. Durch die lange Förderung bis zu einem Betrieb von 60.000 Vbh erhält man hier über 15 Jahre hinweg Zuschüsse für den produzierten und verbrauchten BHKW-Strom. Die Vollbenutzungsstunden sind bei diesem BHKW niedriger als üblicherweise in der Auslegung, da im Sommer keine Wärme abgeführt wird und das BHKW somit vorwiegend im Winterhalbjahr auf seine Laufzeit kommt. Es wird angenommen, dass 60% des Strombedarfs durch den BHKW-Strom gedeckt werden können und somit nur noch 40% zugekauft werden müssen.

Die spezifischen Energiekosten, d.h. die Kosten zur Erzeugung von einer Kilowattstunde Wärme/Strom unter Berücksichtigung aller Kosten, die mit der Installation und dem Betrieb verbunden sind, betragen $14,21 \text{ ct/kWh}$.

Der Platz in der bisher vorgesehenen Technikzentrale wäre nicht groß genug um BHKW und Puffervolumen unter zu bekommen.

BHKW Anlagen sollten immer mit einem Vollwartungsvertrag betrieben werden, um auf Ausfälle und Störungen reagieren zu können. Je nach BHKW Typ sind in einem gewissen Betriebsstunden Rhythmus verschiedene Wartungsarbeiten notwendig in der Regel wird alle 2.000 Betriebsstunden ein Servicetechniker vor Ort sein. Ebenfalls sollte ein Betriebstagebuch geführt werden.

3.2 Variante 2:

Pelletkessel

Versorgung der beiden Gebäude mit einem Pelletkessel mit 130 kW Spitzenleistung. Diese liegt hier etwas höher, da der Kessel in regelmäßigen Abständen seine Asche abschiebt und in dieser Zeit keine Heizleistung zur Verfügung stellt.

Daher erhöht sich hier die Größe des Pufferspeichers auf ca. 6.000 l. Der Puffer fällt in diesem Fall so groß aus, um die mindestens 55 l/kW für eine mögliche BAFA-Förderung zu erhalten. Ebenfalls muss bei einem Holzwärmeerzeuger beachtet werden, dass dieser in einem bestimmten Intervall automatisch die Brennkammer von Asche reinigt und daher im Dauerbetrieb eine geringere Maximalleistung hat. Der Kessel kann durch die Brennstoffzufuhr bis auf ca. $\frac{1}{4}$ seiner Leistung nach unten modulieren, bevor dieser beginnt in Takt Intervallen zu laufen. Zudem ist hier ein Platz für einen unterirdischen Pelletbunker notwendig.

Die spezifischen Energiekosten, d.h. die Kosten zur Erzeugung von einer Kilowattstunde Wärme/Strom unter Berücksichtigung aller Kosten, die mit der Installation und dem Betrieb verbunden sind, betragen 14,55 ct/kWh.

Hier sollte auch noch die örtliche Logistik für die Anlieferung des Brennstoffes sowie der notwendige Lagerraum bedacht werden. Mit dieser Variante ließe sich im Vergleich am meisten CO₂-Emissionen einsparen.

Platzbedarf Pellets:

Bei Varianten mit Holz ist immer die Menge an Brennstoff ein Thema. Eine Tonne Pellets erzeugt einen Heizwert von 4,9 MWh. Es sind also ca. 31 Tonnen Pellets im Jahr notwendig, um diese Deckung zu Erreichen. Eine Tonne Pellets benötigen ca. 1,54 m³ Raum. Es werden jährlich also ca. 47,74 m³ Pellets benötigt. Die Lagergröße ist von der örtlichen Logistik abhängig, wie oft angeliefert werden soll.

Pellets können in verschiedenen Mengen angeliefert werden. Je größer die Anliefermenge, desto günstiger zumeist der Lieferpreis. Also möglichst immer einen kompletten LKW bestellen.

Entweder 14 t für das Zugfahrzeug ohne Anhänger bzw. 24t mit Anhänger. Hier wird eingeblasen und Kilogrammgenau abgerechnet.

Generell sollte ein Lager immer so ausgelegt sein, dass ein kompletter LKW + eine bestimmte Vollbetriebszeit als Puffer abgedeckt werden kann. Ausgehend von einem Puffer von 4 Tonnen und einem 14 Tonnen LKW, sollte das Lager also ein Volumen von 40 m³ haben. Davon sind nur ungefähr 80% nutzbar.

Zur Wartung einer Holzanlage soll noch erwähnt sein, dass bei diesen Kesseln ca. alle 2 Wochen die Aschebox geleert werden muss. Diese muss dann von Zeit zu Zeit auch abtransportiert werden. Einmal im Jahr sollte man diese Kessel reinigen lassen, was im Sommer problemlos durchgeführt werden kann, da der Kessel in der Regel dort nicht betrieben wird. Eine Pellet-Lieferung wird ca.3-mal pro Jahr notwendig sein.

3.3 Variante 3:

Sole Wärmepumpe

Versorgung der beiden Gebäude mittels einer Sole-Wärmepumpe mit Sondenbohrungen. Die Bohrungen können überbaut werden und sind nach Voranfrage im Bereich der Flurstücke theoretisch möglich. Eine Voruntersuchung wäre aber notwendig.

Bei dieser Variante liegt das Heizungstemperaturniveau am niedrigsten, auch in der Fahrzeughalle müsste man bei dieser Variante mit einer Flächenheizung anstatt Luftheritzer arbeiten. Damit ist es nicht so einfach die vorgeschriebenen 12 °C für Wasserführende Fahrzeuge in der Hall zu erreichen. Eine Fahrzeughalle für einen Bauhof wurde von uns vor kurzem mit Betonkernaktivierung in der Fahrzeughalle umgesetzt, allerdings war hier die Vorgabe nur bei +5°C. Die Notwendige Leistung für 12°C ist auf der Grundfläche der Fahrzeughalle schwer umzusetzen.

Der große Vorteil der Wärmepumpe ist, dass sie die Möglichkeit zur passiven Kühlung bietet. Hier muss lediglich die Solepumpe mit Strom versorgt werden, die Konstanten 10°C – 12°C Soletemperatur können hier zur Temperierung der Gebäude im Sommer genutzt werden. Um Mehr Leistung zu erreichen könnte die Wärmepumpe auch noch ein kälteres Temperaturniveau erzeugen, welches aber für eine Kühlung über den Fußboden nicht notwendig ist.

Der Platzbedarf in der Technikzentrale für diese Variante ist nicht ausreichend für die Unterbringung der beiden Wärmepumpen mit den dazugehörigen Pufferspeichern. Eine Ergänzung eines Spitzenlastgaskessels wäre vom Platz im Moment nicht möglich und würde zudem den Invest weiter steigern, dadurch aber die Betriebssicherheit und die Luftheritzer für die Fahrzeughalle ermöglicht.

Die spezifischen Energiekosten, d.h. die Kosten zur Erzeugung von einer Kilowattstunde Wärme/Strom unter Berücksichtigung aller Kosten, die mit der Installation und dem Betrieb verbunden sind, betragen 13,82 ct/kWh.

Die Wartung der Wärmepumpen geschieht in der Regel jährlich. Die Sonden müssen nicht gewartet werden.

3.4 Variante 4:

Luft-Wasser Wärmepumpe und Gaskessel

Versorgung der beiden Gebäude mittels einer außen aufgestellten Luft Wasser Wärmepumpe mit knapp 50 kW. Diese deckt knapp 80 % der Jahresenergiemenge ab. Zudem wird mit einem Gaskessel mit 100 kW ausgeholfen, um die Winterspitzen abzudecken und das erhöhte Temperaturniveau der Luftheritzer der Fahrzeughalle zu erfüllen. Diese Variante bietet bei einem Ausfall der Wärmepumpe oder des Gaskessels die größte Sicherheit in der Wärmeversorgung.

Auch diese Wärmepumpenvariante bietet eine Möglichkeit im Sommer die Gebäude bei Bedarf zu temperieren. Dies bedingt aber die Nutzung von eigenem PV Strom zur wirtschaftlichen Betriebsweise.

Die spezifischen Energiekosten, d.h. die Kosten zur Erzeugung von einer Kilowattstunde Wärme/Strom unter Berücksichtigung aller Kosten, die mit der Installation und dem Betrieb verbunden sind, betragen 12,54 ct/kWh.

Diese Variante benötigt durch die Außenaufstellung der Wärmepumpe den kleinsten Platzbedarf im Technikraum und ist mit der vorhandenen Fläche als einzige der hier verglichenen Varianten umsetzbar.

Die Wartung der Wärmepumpen und des Gaskessel geschieht in der Regel jährlich.

4 Informationen über verschiedene Energieträger

4.1 Fossile Rohstoffe: Heizöl und Erdgas

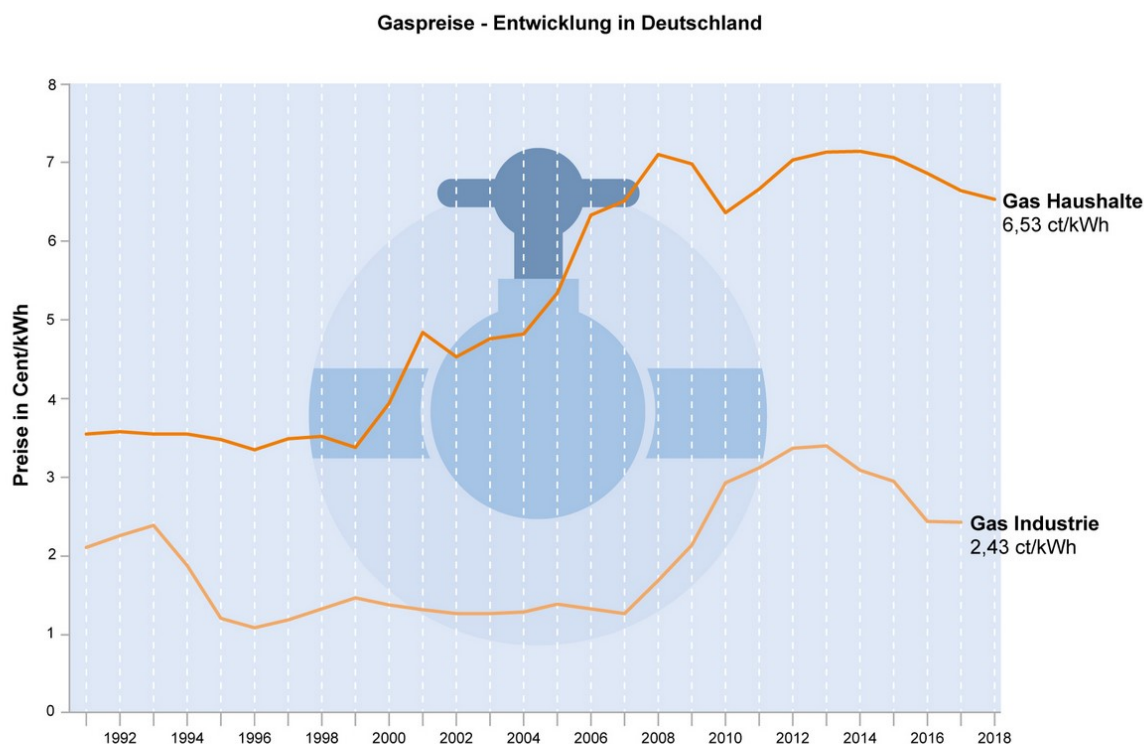
Der verbreitetste Energieträger ist seit Jahrzehnten Öl oder Gas, doch trotz begrenzter Reserven stammen noch immer 85 Prozent des Welt-Energieverbrauches aus den fossilen Rohstoffen Kohle, Mineralöl und Erdgas.

Erdgas ist ein fossiler, endlicher Brennstoff und kann damit nicht die Forderung nach einer nachhaltigen Energieversorgung erfüllen. Aber: Unter den fossilen Brennstoffen weist dieser Energieträger den niedrigsten CO₂-Ausstoß auf.

Die Wirtschaftlichkeit eines Heizkessels drückt sich im Norm-Nutzungsgrad aus. Brennwertkessel erreichen Norm-Nutzungsgrade von 100% und mehr, da zusätzlich Wärme aus dem Abgas gewonnen wird.

Der Brennwert ist bei Erdgas 11% höher als der Heizwert. In der Brennwertangabe ist die nicht fühlbare (latente) Wärme des Wasserdampfes enthalten. Einfluss auf den Nutzungsgrad haben Konstruktion und Material des Heizkessels. Die Heizkosteneinsparung gegenüber herkömmlichen Heizungen liegen bei 10 bis 14%.

Der Gaspreis ist zeitverzögert und abgedämpft an den Ölpreis gekoppelt und wesentlich konstanter. Da die Gemeinde ein größerer Gasverbraucher ist, erhält man separate Gaspreise, die zwischen den Werten für Industrie- und Haushaltskunden liegen.



© EnergieAgentur.NRW, Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

EnergieAgentur.NRW

Abbildung 2 Preisentwicklung Gas in Deutschland

4.2 Primärenergieträger Holz - Nachwachsender Rohstoff aus der Natur

Der Energieträger Holz bietet eine Alternative zu den fossilen Brennstoffen wie Öl oder Gas.

Holz ist ein CO₂ neutraler Brennstoff, da er während des Wachstums dieses aus der Luft bezieht und egal ob der Baum verrottet oder verbrannt wird, dieses wieder abgegeben wird. Beim Verbrennen von Biomasse wird dieser Prozess lediglich beschleunigt - und es wird zusätzliche Energie gewonnen, die es uns erspart, über die Verbrennung fossiler Energie zusätzliches CO₂ zu emittieren. Der Emissionswert liegt hierbei nicht ganz bei null, weil auch noch andere Faktoren wie Beschaffung, Aufbereitung und Transport mit einfließen.

Die Nutzung von fester Biomasse als Energieträger für die Wärmebereitstellung umfasst einige Vorteile, jedoch weist diese Technik auch einige Nachteile auf die im Folgenden aufgeführt werden:

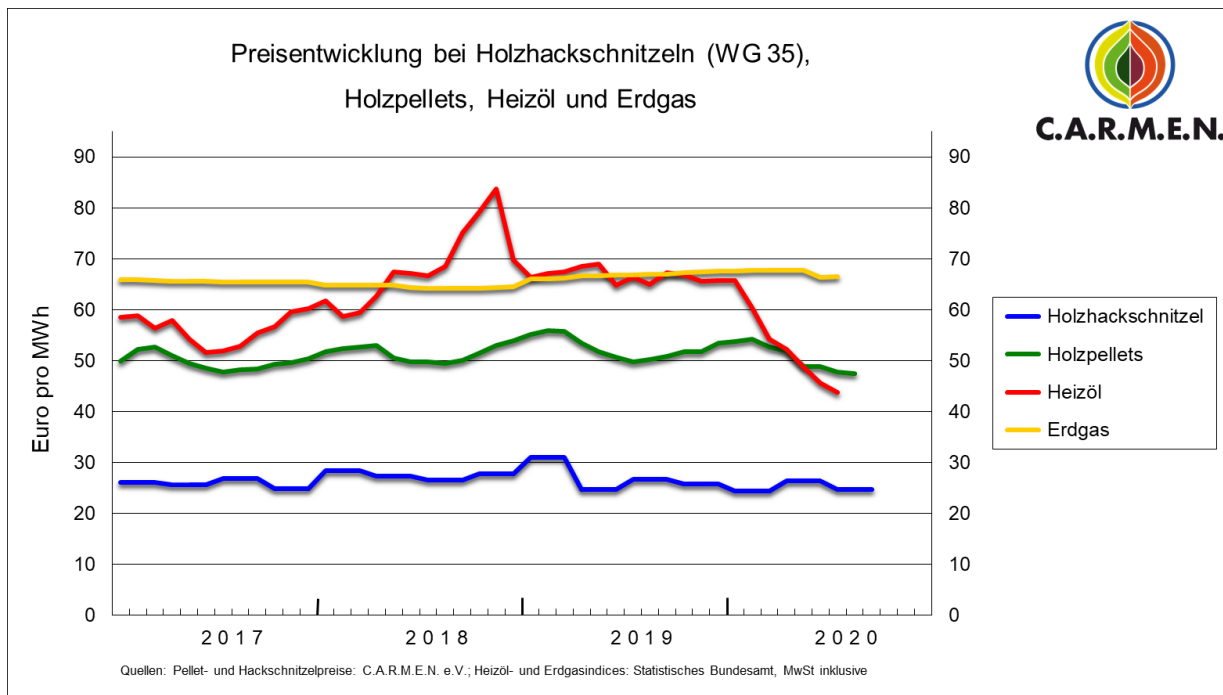
Tabelle 1 Eigenschaften Holzbrennstoff

Vorteile	Nachteile
Naturkreislauf CO ₂	Oft höhere kapitalgebundene Kosten
Stärkung der heimischen Wirtschaft	Zusätzliche Lagerfläche für den Brennstoff
Fördermöglichkeiten	Höherer Bedien- und Wartungsaufwand
Pellet und Hackschnitzel sind krisensicher, unabhängig von Öl- und Gaspreisen	
Geringere verbrauchsabhängige Kosten als bei fossilen Energieträgern	

Eine Besonderheit des Brennstoffes Holz ist die Besteuerung. Holzpellets, Brennholz (Stückholz) und Hackschnitzel aus Holzabfällen und –ausschuss unterliegen dem ermäßigten Mehrwertsteuersatz von 7%. Für Hackschnitzel aus Waldholz muss der volle Steuersatz von 19% entrichtet werden. Für Kessel dieser Größenordnung dürfen die Hackschnitzel einen maximalen Wassergehalt von 30 % haben, daher müssen Hackschnitzel der Güteklasse WG20 bezogen werden, welche mit 19% besteuert werden.

Die Feinstaub Grenzwerte für Holzfeuerstätten sind in den letzten Jahren immer weiter verringert worden. Seit 2015 gelten 20 mg/m³ Feinstaub. Vor einigen Jahren lag dieser Grenzwert noch bei 150 mg/m³ und wurde über den Zwischenschritt 60 mg/m³ die letzten Jahre weitere gesenkt.

Der Preis für Holzpellets und Holzhackschnitzel ist in den letzten Jahren sehr konstant. Große Schwankungen wie beim Öl gibt es hier nicht. Pro MWh sind gerade Hackschnitzel deutlich günstiger als Gas. Da es sich aber bei dieser Liegenschaft um einen größeren verbrauch handelt, kann beim Gas mit einem günstigeren Preis gerechnet werden. Damit haben die Holzpellets kaum einen preislichen Vorteil mehr gegenüber den Brennstoffkosten für Gas, sondern nur noch den CO₂-Vorteil. Die Preisänderungen von Hackschnitzeln und Pelletes bewegen sich im Moment im 1 % Bereich, wenn man den Mittelwert seit 2010 betrachtet. Da die Hackschnitzel hier im Schnitt eine ganz leichte negative Preissteigerung haben, sieht die Hackschnitzelvariante vom Brennstoff betrachtet oft günstiger aus, hier können sich die Preissteigerungen aber auch wieder umkehren.



Quelle C.A.R.M.E.N. e.V.

Abbildung 3 Preisentwicklung Brennstoffe

Förderung von Biomasseanlagen

Die BAFA hat zum Jahreswechsel die Förderungen für Biomasseanlagen aktualisiert.

Für eine Biomasse Anlage, welche im Bestand oder Neubau installiert wird, können 35 % der förderfähigen Kosten durch die BAFA gefördert werden. Diese Kosten umfassen folgende Punkte.

- Anschaffungskosten für die neue Heizung
- Kosten der Installation, Einstellung und Inbetriebnahme der neuen Heizung

folgende notwendige Maßnahmen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Installation und Inbetriebnahme der neuen Heizung:

- Deinstallation und Entsorgung der Altanlage inkl. ggf. Tanks
- Optimierung des Heizungsverteilsystems (Anschaffung und Installation von Flächenheizkörpern, Verrohrung, Hydraulischer Abgleich, Einstellen der Heizkurve etc.)
- notwendige Wanddurchbrüche
- Schornsteinsanierung
- Anschaffung und Installation von Speichern bzw. Pufferspeichern
- Kosten für die Errichtung eines Staubabscheiders oder einer Einrichtung zur Brennwertnutzung bei Biomasseanlagen
- Ausgaben für die Einbindung von Experten für die Fachplanung und Baubegleitung des Einbaus der geförderten Anlage

Grundsätzlich können hier die Bruttokosten, d.h. inklusive Umsatzsteuer, angesetzt werden. Allerdings können vorsteuerabzugsberechtigte Antragsteller nur die Nettokosten geltend machen.

Förderungen sind für Nichtwohngebäude auf 3,5 Mio € gedeckelt.

Die Förderung muss vor Beginn der Maßnahme beantragt werden und sind über ein elektronische Antragsformular bei der BAFA zu stellen.

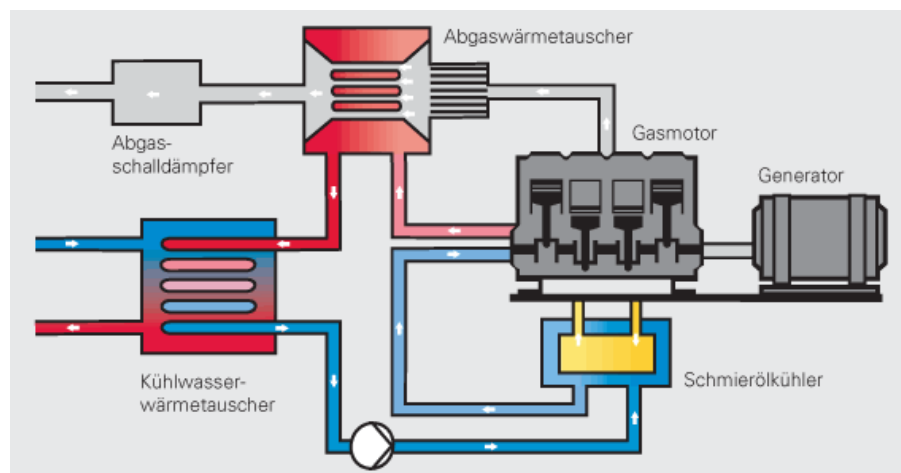
4.3 Einsatz von Blockheizkraftwerken

4.3.1 Technik der Blockheizkraftwerke

Blockheizkraftwerke stellen eine spezielle Form der Kraft-Wärme-Kopplungs-Technik dar, bei der mit einem hohen Nutzungsgrad gleichzeitigen Strom und Wärme erzeugt werden. Als Brennstoff kommt in den meisten Anlagen Erdgas zum Einsatz. Im Bereich der Wärmebereitstellung für die Gebäudebeheizung weniger bedeutend ist der Einsatz von Grubengas, Klärgas, Biogas und leichtem Heizöl.

4.3.2 Funktionsweise

Ein Verbrennungsmotor treibt einen Generator an, der Strom erzeugt. Die bei der Verbrennung im Motor anfallende Wärme wird aus dem Verbrennungsabgas sowie aus dem Motorkühlkreislauf jeweils über Wärmetauscher auf den Heizkreislauf übertragen. Reicht die im BHKW erzeugte Wärme nicht aus, um die geforderten Vorlauftemperaturen zum Verbraucher zu erzielen (z.B. an kalten Wintertagen), wird über eine nachgeschaltete Spitzenkesselanlage die noch zusätzlich benötigte Wärme bereitgestellt. Eine Abdeckung des gesamten Wärmebedarfs eines Objektes mit Hilfe eines Blockheizkraftwerks ist aufgrund der hohen Investitions- und Betriebskosten aus wirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll.



Quelle: www.viessmann.de

4.3.3 Energetischer Vorteil

BHKW erzeugen gleichzeitig Strom und Wärme und nutzen den eingesetzten Brennstoff besonders wirksam aus. Die durch den Generator bereitgestellte elektrische Energie wird hauptsächlich zur Deckung des eigenen Energiebedarfs genutzt. Darüber hinaus erzeugte Energie wird in das öffentliche Netz eingespeist.

Den Sachverhalt der Energieumwandlung und den energetischen Vorteil der Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber einer getrennten Strom- und Wärmeerzeugung veranschaulichen die im unteren Bild dargestellten, stark vereinfachten Energieflussdiagramme. Daraus ergibt sich ein energetischer Gesamtnutzungsgrad des BHKW von ca. 90% und im Vergleich dazu ein Nutzungsgrad von 53% bei einer getrennten Erzeugung von Strom und Wärme.

Zur Erzielung eines möglichst wirtschaftlichen Kraft-Wärme-Kopplungs-Betriebs sollten BHKW nach dem Wärmebedarf gefahren werden. Dabei gibt es Zeiten, in denen nach wie vor ein Teil des Strombedarfs aus dem öffentlichen Netz bezogen werden muss, während andererseits zeitweise überschüssiger Strom aus dem BHKW ins öffentliche Netz eingespeist wird.

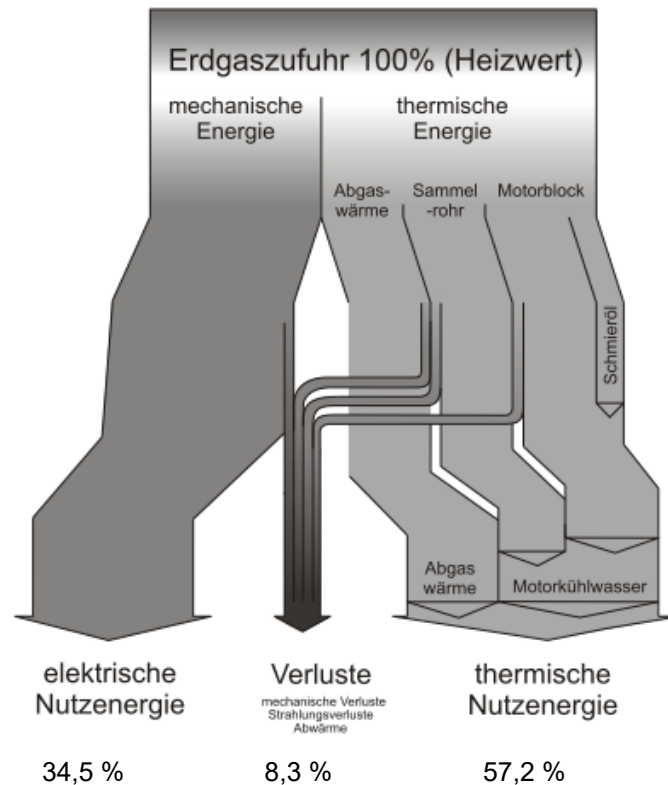


Abbildung 4 Verluste Energieerzeugung BHKW

4.3.4 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Durch das 2002 beschlossene Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erhalten KWK-Anlagen feste Einspeisevergütungen für den erzeugten Strom. In Folge dessen stieg die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen. BHKW's können ab einer Leistung von 200 kW_{el} Regelenergie bereitstellen. Anlagen ab dieser Größe können durch Pooling mit mehreren Anlagen vernetzt werden und so an den entsprechenden Ausschreibungen der Netzbetreiber teilnehmen. Dies trifft für das BHKW an diesem Standort leider nicht zu.

Die Vergütungen setzen sich aus mehreren Punkten zusammen:

1. KWK-Vergütung

Je nach elektrischem Leistungsanteil errechnet sich für jede BHKW Anlage eine Vergütung für jede eingespeiste kWh Strom. Dieser liegt gestaffelt zwischen 8 und 4 Cent/kWh. Für Anlagen bis 100 kW_{el} erhält man auch für den Eigenverbrauch eine Vergütung.

2. Durchschnittlicher EEX-Baseloadpreis

Dabei handelt es sich um den durchschnittlichen Preis des Baseloadstroms des vorhergehenden Quartals an der Leipziger Strombörse EEX. Dieser bewegt sich in den letzten Jahren im Bereich um ca. 3 Cent/kWh. Seit Juli 2016 gilt für Anlagen mit einer Leistung von größer 100 kW_{el}, die Pflicht zur Direktvermarktung des Stroms. Neben einem höheren Maß an Marktverantwortung bedeutet dies für den Anlagenbetreiber einen stärkeren Verwaltungsaufwand.

3. Vermiedene Netznutzungsentgelte

Da die KWK-Anlagen meist in die unteren Netzebenen einspeisen, müssen die Netzbetreiber die dadurch eingesparte Netznutzung der oberen Netzebenen an den Betreiber der KWK-Anlage weitergeben.

4. Energiesteuerrückerstattung

Für Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis zu 2 MW_{el} kann eine vollständige Entlastung der Energiesteuer nach §53a EnergieStG beantragt werden. Diese kann für Gas mit 0,55 Cent/kWh angesetzt werden.

4.3.5 EEG-Umlage

Für selbst erzeugten Strom ist die EEG Umlage zu entrichten. Diese beträgt für das Jahr 2020 6,756 ct/kWh. Für Anlagen, welche mit gasförmigem Brennstoff betrieben werden und die nach § 61 c des EEG einen Jahresnutzungsgrad von > 70 % aufweisen sowie kleiner als 1 Megawatt sind, verringert sich die EEG Umlage auf 40 %. Die Hocheffizienz im Sinne von § 53 a Absatz 6 Satz 5 des Energiesteuergesetzes ist für alle neuen Anlagen am Markt in der benötigten Leistungsgröße erfüllt.

4.3.6 Erforderliche Randbedingungen

Für den Bau und Betrieb einer BHKW-Anlage sind für einen wirtschaftlichen Betrieb die unten aufgeführten Randbedingungen zu beachten. Je nach örtlicher Situation können noch zusätzliche Randbedingungen wie zukünftige Wärmedämmungsmaßnahmen oder Nutzungsänderungen die Wirtschaftlichkeit positiv wie negativ beeinflussen. Daher sind diese Randbedingungen je nach Situation zu gewichten.

Saisonaler Wärmebedarf

Die hohen Investitionskosten erfordern hohe Laufzeiten. Der saisonale Wärmebedarf des zu versorgenden Objekts darf deshalb im Hinblick auf die notwendige Erzielung einer hohen Vollast-Benutzungsdauer keinen zu großen Schwankungen unterliegen und muss deshalb auch im Sommer ein nennenswertes Niveau aufweisen.

Temperaturniveau

Um die erforderliche Kühlwirkung im BHKW erreichen zu können, darf die Kühlwassereintrittstemperatur bzw. die Rücklauftemperatur des Heizsystems in der Regel nicht über 70° C liegen.

Örtliche Voraussetzungen

Für den Einsatz eines BHKW ist es von Vorteil, wenn bereits entsprechende Einbringöffnungen in das Gebäude und zu dem vorgesehenen Aufstellungsort vorhanden sind. Ebenfalls sollten die Be- und Entlüftung sowie elektrische und thermische Netzeinbindung mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden können.

Gleichzeitigkeit von Strom- u. Wärmebedarf

Für eine hohe Bewertung des erzeugten Stroms ist eine umfangreiche Eigennutzung im zu versorgenden Objekt erforderlich. Dies ist nur erreichbar, wenn tageszeitlich der Strom- und Wärmebedarf einen prinzipiell ähnlichen Verlauf aufweisen.

4.3.7 Dimensionierung

Die Dimensionierung bzw. Auslegung eines BHKW erfolgt üblicherweise anhand der Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen sollte die gesamte BHKW-Anlage eine jährliche Laufzeit bezogen auf Vollastbetrieb von größer 5.000 h/a erreichen. Ein BHKW deckt nur den Grund- und Mittelleistungsbereich des Wärmebedarfs ab. Für die Abdeckung der Leistungsspitzen ist eine sogenannte Spitzenkesselanlage erforderlich. Da die angeschlossenen Gebäude im Sommer, durch die fehlende Warmwasserbereitung so gut wie keine Wärme benötigen, fällt bei diesem Projekt die Auslegung der Laufzeit geringer aus.

Um bisher vorhandene Leistungsspitzen beim Strom zu decken ist der zusätzliche Einsatz einer Maximum Überwachung mit Trendrechner sinnvoll. Das Aggregat wird hierbei zugeschaltet, sobald der Trendrechner eine Überschreitung der bestellten Leistung erkennt. Dies muss jedoch unabhängig vom Wärmebedarf geschehen. Ebenfalls sollte schaltungstechnisch sichergestellt sein, dass das BHKW vorwiegend im HT-Bereich betrieben wird.

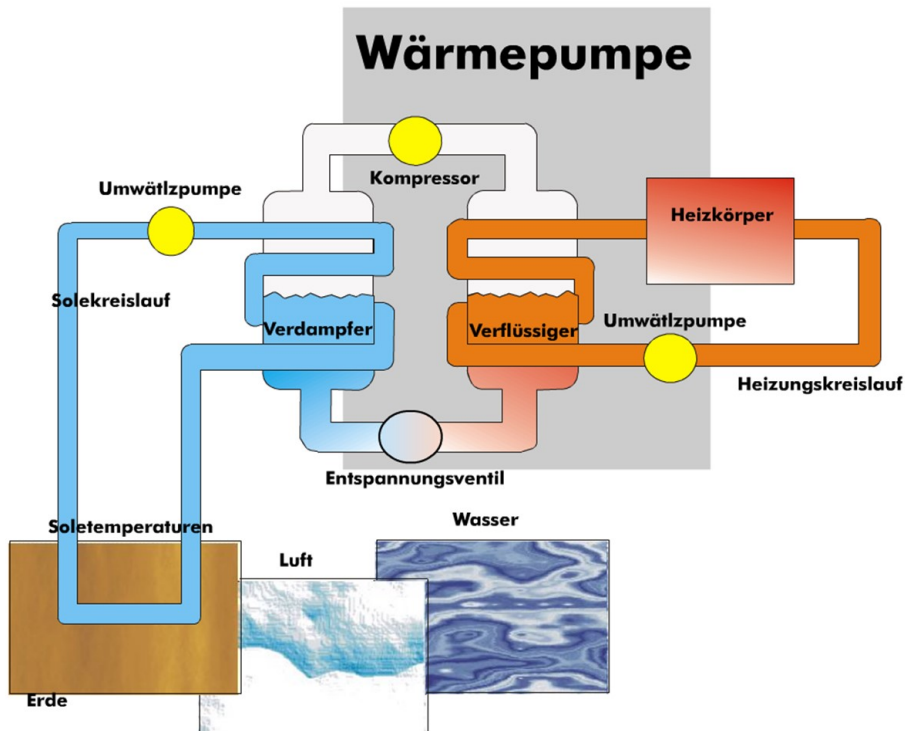
4.4 Wärmepumpentechnologie

4.4.1 Wärmepumpen

Es gibt verschiedene Arten von Wärmepumpen, am verbreitetsten sind Luft/Wasser-Wärmepumpen. Daneben gibt es auch Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen, welche die Wärme aus dem Grundwasser bzw. der Erdwärme aufnehmen. Bei der Nutzung der Wärmepumpentechnik sind jedoch einige Randbedingungen einzuhalten um einen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten. So sollte darauf geachtet werden, dass die Betriebstemperaturen auf der Heizungsseite möglichst geringgehalten werden. So sind Gebäude mit Fußboden- oder Wandheizungen eher für die Beheizung mittels einer Wärmepumpe geeignet als ein Gebäude das Heizkörper zur Wärmeabgabe nutzt.

Zu beachten ist, dass der COP-Wert lediglich den Wirkungsgrad in einem bestimmten Betriebszustand an- gibt. Um einen Überblick über den Nutzungsgrad der Anlage über das gesamte Jahr zu erhalten muss die Jahresarbeitszahl (JAZ) ermittelt werden. Diese beträgt bei Luft/Wasser Wärmepumpen in der Praxis ca. 2,6. Bei Sole und Wasser Wärmepumpen liegt die reale JAZ bei 3,2 bis 3,4. Diese Werte sind deutlich niedriger, als Wärmepumpen von den Herstellern oft angepriesen werden.

Jedoch ist zu berücksichtigen, dass ein direkter Vergleich mit anderen Wärmepumpenanlagen nur bedingt möglich ist da bei der Bestimmung der Jahresarbeitszahl auch das Nutzerverhalten sowie die bauphysikali- schen und örtlichen Gegebenheiten berücksichtigt werden.



Quelle: www.marxcord.de

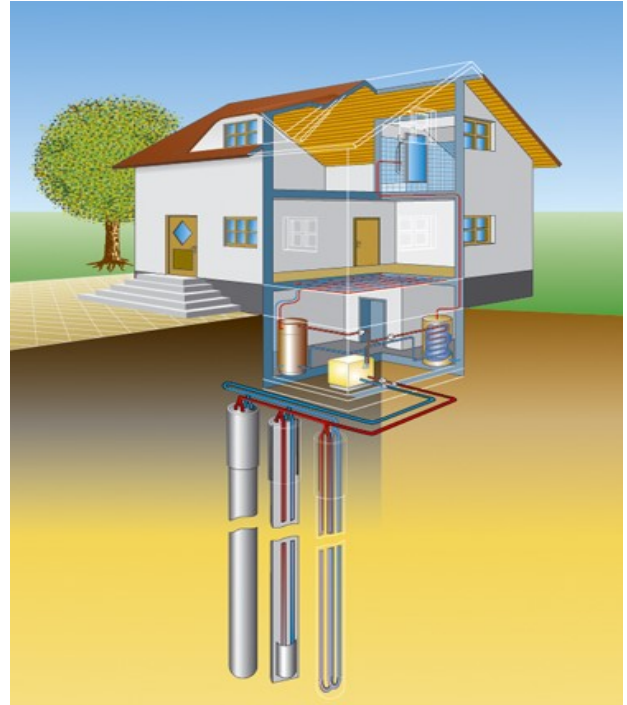
4.4.2 Geothermie – Nutzung der Erdwärme

In Deutschland werden lediglich 2,4 % der Energieversorgung über Geothermie gedeckt und bildet damit Europaweit fast das Schlusslicht. Die geologischen Gegebenheiten in Deutschland ließen bisher die Nutzung vor allem hydrothermalen Vorkommen bei geringen Temperaturen (max. 100 °C) zu.

4.4.3 Erdwärmesonden und Erdkollektoren

Erdwärmesonden sind vertikale Erdreich-Wärmetauscher – meist U-Rohre –, in denen eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Über einen geschlossenen Kreislauf „entziehen“ Erdwärmesonden dem Untergrund Wärme. Als Wärmeträgerflüssigkeit dient dabei mit Frostschutz angereichertes Wasser. Die gewonnene Wärme wird mit Hilfe einer Wärmepumpe auf die zur Raumheizung, und gegebenenfalls zur Wassererwärmung, benötigte Temperatur angehoben.

Die Länge von heute gebräuchlichen Erdwärmesonden variiert zwischen 50 m und 250 m, womit eine von der Tages- und Jahreszeit unabhängige Temperatur erreicht wird. Beispielsweise herrscht in einer Tiefe von 200 m eine konstante Temperatur von etwa 17 °C. Dies erlaubt, Wärmepumpen auch im Winter – bei tiefen Außentemperaturen – zu betreiben. Zur Einhaltung der Luftreinhalteverordnung gewinnen Erdwärmesonden auch bei der Sanierung von alten Heizanlagen an Bedeutung.

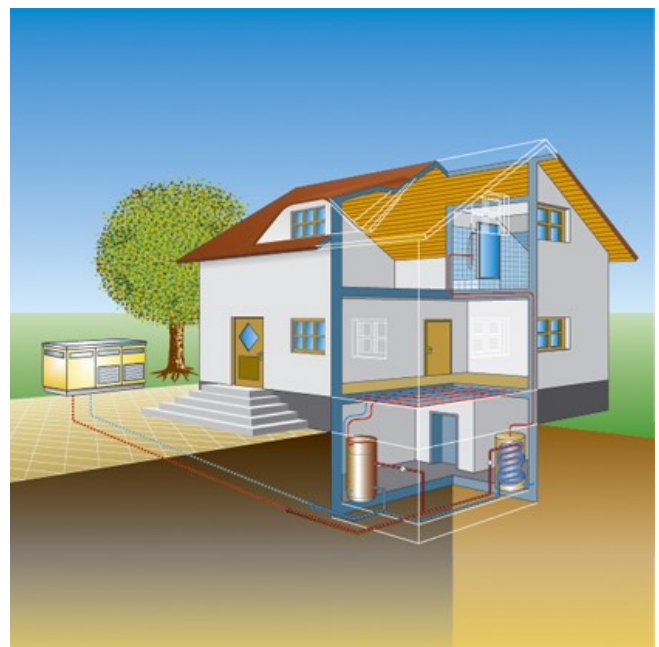


Quelle: www.ee-portal.eu

4.4.4 Luft-Wasser-Wärmepumpe

Wenn aus geologischen, wasserrechtlichen oder anderweitigen Gründen die Nutzung der Erdwärme nicht möglich ist kann auch die in der Luft enthaltene Wärme für die Beheizung eines Gebäudes genutzt werden. Dieser Art der Gebäudebeheizung ist in den meisten Fällen mit geringeren Investitionskosten verbunden da die Wärmequelle nicht durch Bohrungen oder Erdarbeiten erschlossen werden muss. Jedoch ist aufgrund der Lufttemperaturschwankungen und der geringeren Temperaturen der Luft in den Wintermonaten mit geringeren Wirkungsgraden zu rechnen.

Luft-Wasser-Wärmepumpen sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Zum einen können Wärmepumpen außerhalb des Gebäudes aufgestellt werden. Aber auch eine Aufstellung im Gebäude ist möglich. Die notwendige Außenluft wird bei einer Innenaufstellung durch entsprechende Luftkanäle angesaugt. Eine weitere Möglichkeit ist die Aufstellung als Splitgerät. Dabei wird eine Außeneinheit außerhalb des Gebäudes aufgestellt. Eine weitere Inneneinheit befindet sich im Technikraum.



Quelle: www.ee-portal.eu

4.4.5 Randbedingungen sowie Vor- und Nachteile von Wärmepumpenanlagen

Vor der Realisierung von Anlagen zur Nutzung von Erdwärme und Grundwasser sind Bewilligungen, Wirtschaftlichkeit und Finanzierung sorgfältig zu prüfen. Bei einem vollständigen Kostenvergleich sollten die externen Kosten von konventionellen Heizanlagen mit fossilen Brennstoffen sowie innovative Finanzierungs-konzepte berücksichtigt werden (Stichwort: Contracting).

Vorteile der Erdwärme liegen in der hohen Versorgungssicherheit unabhängig von Klima oder Jahres- und Tageszeit. Außerdem ist die Erdwärme praktisch überall verfügbar und muss nicht gespeichert werden, da die Erde selbst als Speicher dient. Nicht zuletzt zeichnet sich eine Geothermieanlage durch ihre hohe Umweltfreundlichkeit aus, weil weder Luftschadstoffe noch CO₂ erzeugt werden. Lediglich der auf kommerziellem Weg erzeugte Strom zur Deckung des Eigenenergiebedarfes (Pumpen) stellt eine Umweltbelastung dar.

Nachteilig wirkt sich die Standortabhängigkeit vieler geothermischer Anwendungen, die bestimmte geologi-sche Merkmale voraussetzen, aus. Bei den Gesamtinvestitionen verursachen Bohrungen mehr als 40 % aller Kosten. Meist werden nur Bohrungen mit einer Tiefe von 100 m getätigt, da sonst ein hoher Genehmi-gung Aufwand notwendig ist.

Der unten aufgeführten Tabelle können die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Anlagentypen ent-nommen werden. Des Weiteren sind noch weitere Randbedingungen aufgeführt die einen erheblichen Ein-fluss auf die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpenanlagen haben können. Diese sind je nach örtlicher Situa-tion zu bewerten und ggf. in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen mit einzubeziehen.

Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Anlagentypen:

Vorteile	Nachteile
Im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugungsanlagen meist geringe verbrauchs-, und betriebsgebundene Kosten	Laut der Deutschen Energie-Agentur muss die Jah-resarbeitszahl größer als 3 sein um als „energieeffi-zient“ und über 3,5 liegen um als „nennenswert energieeffizient“ zu gelten.
Relativ freie Standortwahl und geringer Platzbedarf im Haus. Eine Anlage für ein Einfamilienhaus benö-tigt in etwa die Standfläche einer Waschmaschine. Der Platz für einen Öltank kann anderweitig verwen-det werden.	Im Vergleich zu fossilen Energieträgern reduzieren sich die Treibhausgasemissionen. Jedoch ist zu beachten, dass infolge des erhöhten Strombedarfs und des aktuellen Strommixs dennoch Treibhausga-se emittiert werden.
Kostengünstige Raumkühlung durch die Wärme-pumpe	Abhängigkeit von den zukünftigen Entwicklungen auf dem Strommarkt
Kann im zukünftigen Aufbau des Stromnetzes als abschaltbare Last genutzt werden und dadurch die Einbindung von erneuerbaren Energien unterstüt-zen.	Luftwärmepumpen arbeiten im Winter im monova-lenten Betrieb nicht effizient.
Erdwärmesonden haben nach heutigen Berechnun-gen eine lange Lebensdauer bis 100 Jahre	
Bodentemperaturen selbst im Winter in einigen Me-tern noch bei 10 °C und damit gutes Wärmeniveau	

5 Technische und wirtschaftliche Grundlagen

Rechnerische Nutzungsdauer
Aufwand für Instandsetzung und Wartung
Personalkosten für Bedienung

gemäß VDI 2067
gemäß VDI 2067
gemäß VDI 2067

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurde anhand der Größe der Gebäude und der Leistung pro Quadratmeter eine ungefähre Heizlast ermittelt. Über Wetterdaten lässt sich eine zu prognostizierende Wärmeenergiemenge hochrechnen. Diese liegt für die beiden Objekte bei ca. 142.593 kWh/Jahr.

. Auch die Wärmeerzeugung modernerer Erzeuger ist verlustbehaftet. Die Wirkungsgrade sind gegenüber älteren Anlagen jedoch deutlich höher. Folgende Annahmen wurden berücksichtigt.

Kesselanlagen-Wirkungsgrad (Herstellerangaben)

- Gas-Brennwertkessel ca. 97,0 %
- Pelletkessel neu ca. 94,0 %
- Luft-Wasser Wärmepumpe ca. 320 %
- Sole- Wärmepumpe ca. 430 %
- Gas-BHKW neu
 - Gesamtwirkungsgrad ca. 91,7 %
 - Thermischer Wirkungsgrad ca. 64 %

Tabelle 2 Kennziffern Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeit - Kennziffern (Nettokosten)			Bemerkungen
Kosten-, und Preissteigerungen			
Nutzwärmebedarf	142.593 kWh / Jahr		Jahresdauerlinie nach Wetterdaten Standardlastprofil
Gesamtbedarf Strom	20.000 kWh / Jahr		Annahme
benötigte Heizleistung	100 kW		Raumbuch
Vollbenutzungsstunden	1.426 h/a		
Arbeitspreis Erdgas (Brennwert)	0,0510 €/kWh		Brennwert (kWh / m³) = 11,1
Arbeitspreis Erdgas (Heizwert)	0,0555 €/kWh		Heizwert (kWh / m³) = 10,2
Arbeitspreis Holzpellets	0,0412 €/ kWh		Liefermenge 20 Tonnen Süden
Elektrokosten gesamt	0,2353 €/kWh		Holzpelletpreis Stand Sept. 2020 --> C.A.R.M.E.N. (44,04 €/MWhbrutto)
Wärmepumpentarif	0,1553 €/kWh		28 ct/kWh Brutto inkl. Stromsteuer, EEG- und KWK- Zuschlag -8 ct/kWh durch PV-Nutzung für WP Heizen
KWK Vergütung Einspeisung	0,0800 €/kWh		
KWK Vergütung Eigenverbrauch	0,0400 €/kWh		
EEX (Baseloadpreis)	0,0380 €/kWh		Mittelwert 1. bis 3. Quartal 2019
Vermiedene Netznutzung	0,0030 €/kWh		
EEG-Umlage	0,0270 €/kWh		bei einem Anteil von 40% der EEG-Umlage 2020 (6,756 ct/kWh)
Energiesteuerrückerstattung	0,0055 €/kWh		auf den gesamten Brennstoff des BHKW (max. 10 Jahre)
Zinssatz	0,50%		

Die verwendeten Preise stellen eine Momentaufnahme dar. Bei der aktuellen politischen Lage und den Erfahrungen der letzten Jahre ist es sehr schwer, Energiepreise für einen Zeitraum von 10 oder 20 Jahren vorherzusagen. Die Preise für Gas und Strom stammen aus vergleichbaren Projektstudien der letzten Jahre. Die Preise für den Holzbrennstoff wurden vom Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V., kurz C.A.R.M.E.N. abgerufen.

6 Investitionskostenvergleich

Tabelle 3 Investitionskostenvergleich

Kosten-, und Preissteigerungen	Variante 1 BHKW + Gaskessel	Variante 2 Pellet	Variante 3 Sole WP	Variante 4 Luft - Wasser WP + Gas
Wärmeerzeuger 1	23.500,00 €	60.125,00 €	56.225,00 €	29.250,00 €
Wärmeerzeuger 2	41.500,00 €	- €	- €	21.800,00 €
Kälteerzeuger	40.000,00 €	40.000,00 €		
Trinkwassererwärmung	- €	- €	- €	- €
Verteiler	- €	- €	- €	- €
Rohrleitungen	6.275,00 €	6.825,00 €	6.825,00 €	11.825,00 €
Heizkörper	- €	- €	- €	- €
bauliche Maßnahmen	2.000,00 €	8.000,00 €	104.000,00 €	- €
Schornstein	13.000,00 €	9.750,00 €	- €	1.000,00 €
MSR-Technik	- €	- €	- €	- €
Sonstiges	4.000,00 €	3.300,00 €	3.300,00 €	3.300,00 €
20 % Planung	26.055,00 €	16.640,00 €	8.732,75 €	10.391,97 €
Nettoinvestition	156.330,00 €	144.640,00 €	179.082,75 €	77.566,97 €
+ 19 % MwSt.	29.702,70 €	27.481,60 €	34.025,72 €	14.737,72 €
Bruttoinvestition inkl. Planung	212.087,70 €	188.761,60 €	221.841,22 €	102.696,67 €
Planungskosten	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%

Planungsförderung	25.600,00 €	13.435,00 €	15.987,65 €
-------------------	-------------	-------------	-------------

Für die Varianten wurde eine grobe Kostenschätzung anhand verschiedener Angebote erstellt.

Hier ist der Aufwand für die Varianten 1, 2 und 3 generell höher als für die Variante 4.

Ebenso wurden noch keine Kosten für den Anschluss der Kita und Verteilerabgang kalkuliert, da diese unabhängig von der Wärmeerzeugung benötigt werden. Auch sind die Kosten, welche für alle Varianten identisch sind nicht berücksichtigt. Die Regelung ist bisher bei allen Erzeugern mit Inkludiert.

Für die Planung wurde ein Ansatz von 20 % der Investitionskosten angesetzt. Davon wurde für Variante 2 bis 4 die 35 % durch die BAFA Förderung bereits abgezogen.

Bezogen auf die Investitionskosten ist die Variante 4 mit der Luftwasser-Wärmepumpe am günstigsten. Die Sole ist vor allem durch die Bohrungen (obwohl diese seit 01.01.2020 ebenfalls BAFA Förderfähig sind) sehr teuer. Das BHKW ist in der Investition erstmal teuer, da hier die Förderung im Verbrauch durch den Selbstverbrauchten und eingespeisten Strom geschieht und nicht wie bei den anderen Varianten in der Investition. Die BAFA Förderung ist bei den oben zu sehenden Kosten bereits für Förderfähige Bauteile abgezogen.

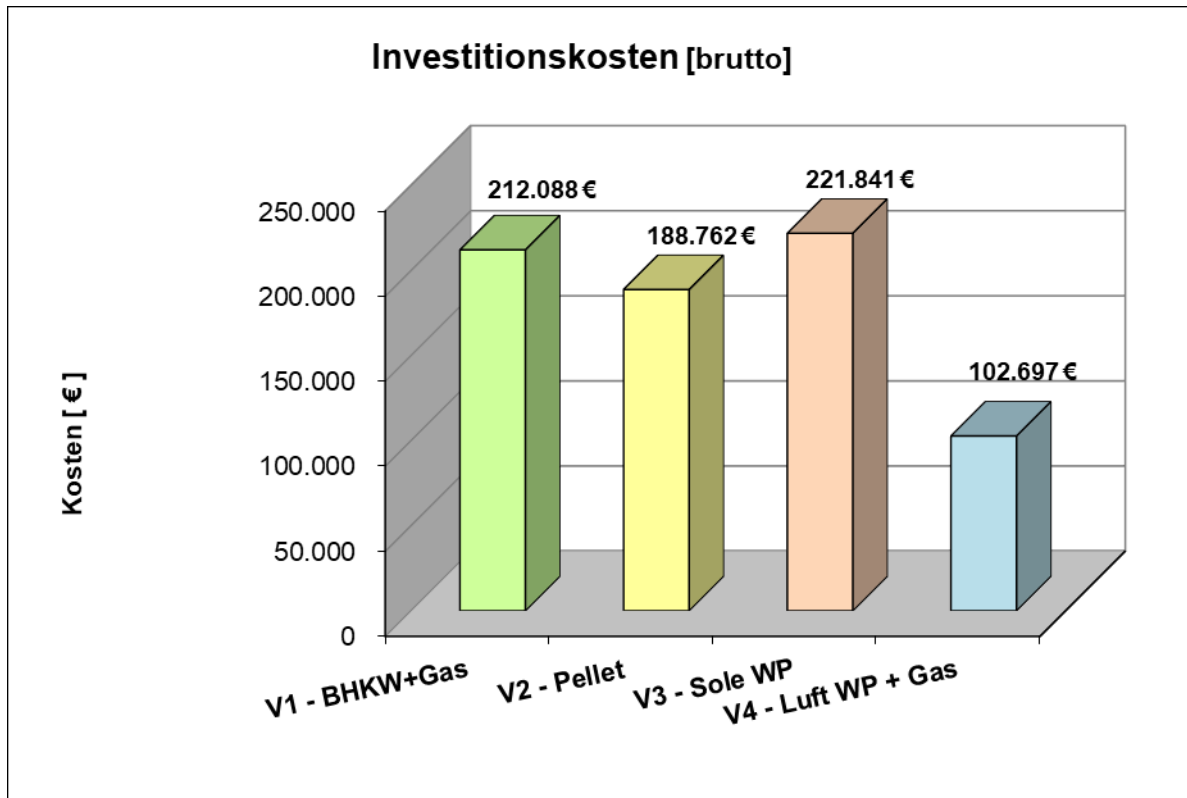


Abbildung 5 Investitionskostenvergleich

7 Ermittlung des Nutz- und Primärenergiebedarfs

Bei den Brennstoffkosten stellt sich nun heraus, dass die geringere Investition für Pelletkessel und Luft-Wasser Wärmepumpe mit höheren Brennstoffkosten einhergehen. Der Vorteil des BHKW ist, dass weniger Netzstrom eingekauft werden muss. Die Förderungen welche man für BHKW Strom erhält sind, bei der hohen Einspeisemenge an Strom, doch sehr hoch.

Bei Begutachtung der Primärenergiemenge welche für die notwendige Wärmeenergie aufgewendet werden muss, liegen die Wärmepumpen am besten.

Die Vergütungen für den KWK-Strom wurden alle einzeln betrachtet. Nach 10 Jahren entfällt die Energieteurrückerstattung und nach 60.000 Betriebsstunden die KWK-Förderung

Dieser Wegfall der Vergütungen ist, in späteren Ansichten der Wärmepreisentwicklung, durch Sprünge im Preisverlauf gut zu erkennen.

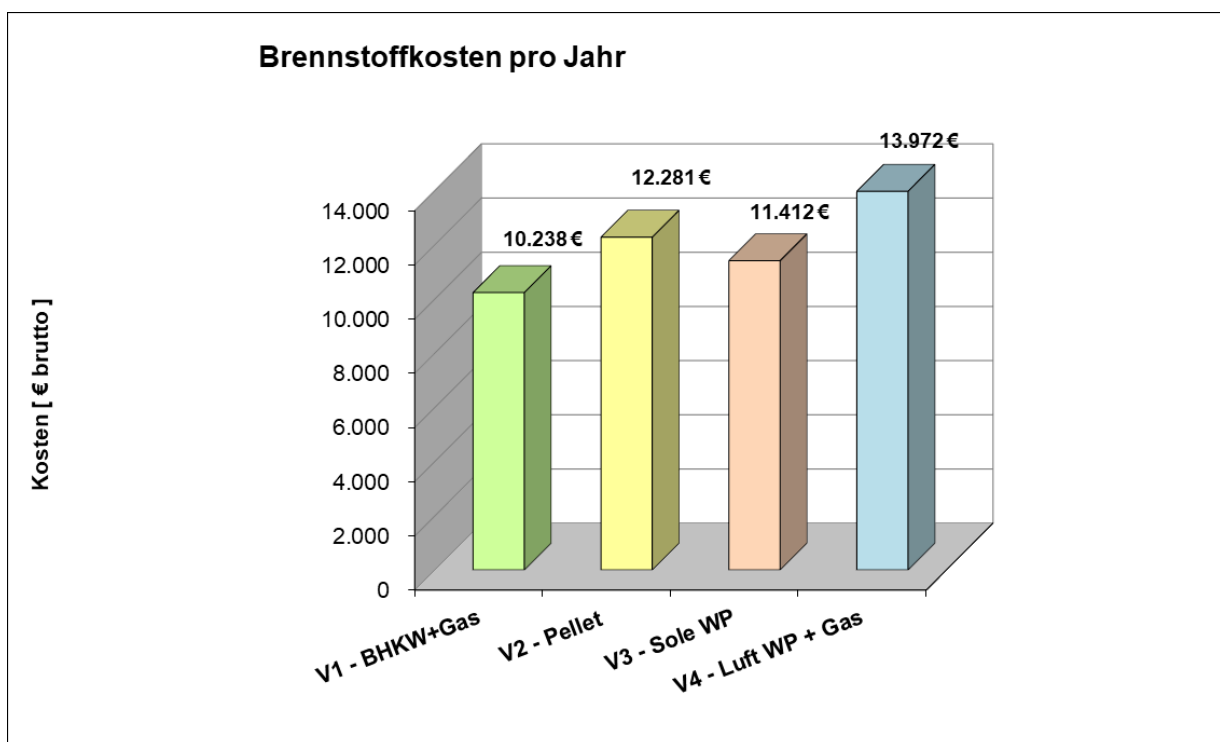


Abbildung 6 Vergleich Brennstoffkosten

Im Folgenden noch die komplette Berechnungstabelle mit allen Werten.

Tabelle 4 Brennstoffkosten Tabelle komplett

Nutz- / Primär-energiebedarf	Anlagen Nutzungsgrad nach VDI 2067	Einheit	Variante 1		Variante 2		Variante 3	Variante 3	
			Gaskessel	BHKW	Gaskessel	Pelletkessel	Wärmepumpe Sole	Wärmepumpe Luft	Gas Spitzenlastkessel
Nutzenergiebedarf		kWh/a	142.593		142.593		142.593	142.593	
thermische Leistung		kW	100	20,1	0	100	100	50	100
Vollbetriebsstunden		h	3600						
Verhältnis zur Nutzenergie		%	49,3%	50,7%	0,0%	100,0%	100,0%	80,0%	20,0%
Energiegewinnung p.a.									
Kesselfolge		kWh	70.233	72.360	0	142.593	142.593	114.074	28.519
Primärenergiebedarf p.a.									
	Elektrobedarf								
Gaskessel - Brennwert	97%	kWh	72.405						29.401
BHKW	64,0%	kWh		113.063					
Pelletkessel	94,0%	kWh				151.694			
Wärmepumpe Luft	320,0%	kWh						35.648	
Wärmepumpe Sole	430,0%	kWh					33.161		
Gesamt = Energieeinsatz		kWh	185.467		151.694		33.161	65.049	
Gesamtbedarf Strom									
		kWh/a	20.000		20.000		20.000	20.000	
elektrische Leistung		kW		9					
erzeugte Elektroenergie BHKW		kWh/a		32.400					
Eigenverbrauch Strom Annahme	60%	kWh/a		12.000					
Netzbezug Strom	40%	kWh/a	8.000		20.000		20.000	20.000	
Rückgespeiste Elektroenergie		kWh/a	20.400						
Brennstoffkosten p.a.									
	EUR/kWh								
Gaspreis (Brennwert)	0,05100	EUR	3.692,64						1.499,43
Gaspreis (Heizwert)	0,05550	EUR		6.274,97					
Holzpellet	0,04116	EUR				6.243,57			
Elektroenergie	0,23529	EUR		1.882,35	4.705,88		4.705,88	4.705,88	
Elektroenergie WP	0,15529	EUR					4.884,43	5.535,95	
EEG-Umlage	0,02702	EUR		324,29					
Üblicher Preis (EEX)	-0,03804	EUR		-776,08					
Vermiedene Netzkosten	-0,00300	EUR		-61,20					
KWK-Vergütung Einspeisung	-0,08000	EUR		-1.632,00					
KWK-Vergütung Eigenverbrauch	-0,04000	EUR		-480,00					
Energiesteuerrückerstattung	-0,00550	EUR		-621,84					
Summe kosten	netto/Jahr	EUR	3.692,64	4.910,48	4.705,88	6.243,57	9.590,31	10.241,83	1.499,43
Summe Kosten	netto/Jahr	EUR	8.603,12		10.949,45		9.590,31	11.741,26	
Summe Brennstoffkosten	brutto/Jahr	EUR	4.394,24	5.843,47	5.600,00	6.680,61	11.412,47	12.187,78	1.784,32
Summe Kosten	brutto/Jahr	EUR	10.237,72		12.280,61		11.412,47	13.972,10	

8 Berechnung der Emissionen

8.1.1 CO₂-Emissionen der Anlage

Die Emissionen der Anlage werden mit Hilfe der Emissionsfaktoren ermittelt die von der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH herausgegeben werden. Diese Werte kommen auch im Förderprogramm Klimaschutz-Plus des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft zur Anwendung. Dabei handelt es sich um CO₂-Äquivalentswerte, in welchen auch andere Treibhausgase wie Methan und Lachgas berücksichtigt werden. Ebenfalls Berücksichtigung finden die jeweiligen Vorketten wie Förderung, Aufbereitung und Transport.

Tabelle 5 CO Äquivalente Übersicht nach KEA 04/2017

Energieträger	GEMIS-Prozessbezeichnung	CO ₂ -Äquivalent (g/kWh)
Heizöl	Heizöl-Hzg. 100%	319
Erdgas	Erdgas-Hzg. 100%	250
Flüssiggas	Flüssiggas-Hzg. 100%	277
Holz-Pellets	Holz-Pellets-Hzg. 100%	27
Holz-Hackschnitzel	Holz-HS-Hzg. 100%	24
Stückholz	Holz-Stücke-Hzg. 100%	19
Strom (Bundesmix)	Stromnetz lokal 2015	565

Würde man das Areal mit einem Gaskessel versorgt werden, was aus Sicht des GEG nicht alleine möglich ist, ergibt sich für die oben genannten Energieverbräuche ein CO₂-Äquivalent von 48,1 t/a, als Vergleichswert.

CO₂-Steuer:

Die Bundesregierung hat mit dem Klimapaket beschlossen, dass die Besteuerung von CO₂ angepasst und stetig erhöht wird.

Ab den Jahr 2021 werden 25 € pro Tonne CO₂ veranschlagt. Bis zum Jahr 2025 soll diese Abgabe bis auf 55 € pro Tonne steigen. Dies wird über einen steigenden Energiepreis geregelt. Diese Entwicklung und Umsetzung muss man in Zukunft beim Vergleich unterschiedlicher Varianten berücksichtigen. Dazu später mehr. Gleichzeitig soll die EEG Umlage bis 2023 sinken, um hier eine Entlastung beim Strompreis zu erreichen.

Für den Vergleich der Emissionen wurden die Emissionswerte der einzelnen Energieträger verwendet, welche von der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA) nach dem Globalen Emission Modell integrierter Systeme kurz GEMIS zum Stand 04/2017 angegeben werden. Es handelt sich um CO₂-Äquivalente, in welchen auch andere Treibhausgase wie Methan, Lachgas etc. berücksichtigt sind, jeweils einschließlich sämtlicher Vorketten wie Förderung, Aufbereitung, Transport etc.

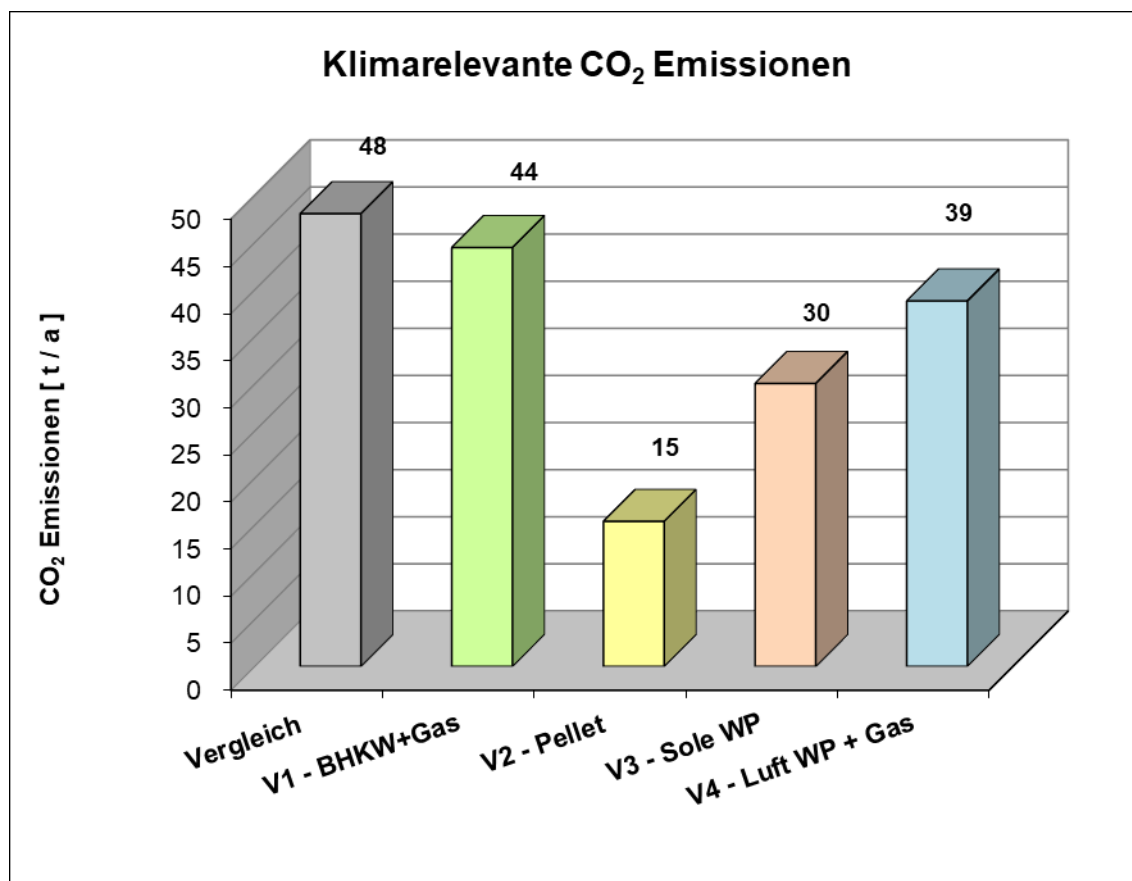


Abbildung 7 Vergleich CO₂-Emissionen

Im Vergleich zu den CO₂-Emissionen der Vergleichsanlage von 48 Tonnen pro Jahr ist zu erkennen, dass nicht alle Varianten viele Emissionen einsparen. Der Fall Vergleichsanlage dient nur als Vergleichswert, wenn man den Gaskessel alleine weitbetreiben würde, was aufgrund der Vorschriften des GEG nicht möglich ist.

Ein BHKW spart in diesem Fall wenig CO₂-Emissionen ein. Das Problem bei kleineren BHKW Anlagen, vor allem mit einer so geringen Laufzeit von 3.600 Vollbetriebsstunden ist der, dass für ein wärmegeführtes BHKW wesentlich mehr Gas eingesetzt werden muss, um auf dieselbe Wärmemenge zu kommen, als wenn nur ein Gaskessel betrieben wird. Hierfür steigen die CO₂-Emissionen für den Gas-Bezug um ca. 25 % gegenüber dem Vergleichs Modell an. Dafür spart man beim Strombezug. Das BHKW profitiert in der CO₂-Bilanz hauptsächlich von der Gutschrift, welche man für den eingespeisten Strom ansetzen kann. Der mit Gas als Brennstoff erzeugte Strom, ist besser als der Strom der mit dem aktuellen Bundesmix bezogen wird. Daher kann die eingespeiste Elektroenergiemenge mit dieser Differenz der CO₂-Äquivalente multipliziert werden und der CO₂-Bilanz angerechnet werden. Damit spart das BHKW zum Vergleichsmodell keine 10 % an CO₂-Emissionen ein. Ohne diese Gutschrift würde das BHKW mehr Emissionen verursachen als das Vergleichsmodell. Wird der Kohlestrom in Deutschland irgendwann abgeschaltet, was zu einer Senkung des CO₂-Äquivalents für den Bundesmix führt, sinkt dieser Vorteil ab. Er kann ab einem bestimmten Punkt sogar zum Nachteil werden, wenn der Bundesmix besser ist als der über Gas erzeugte Strom oder Öko-Strom eingekauft wird.

Die Holzvariante liegt deutlich unter den anderen Varianten, da hier das CO₂ hauptsächlich in Produktion und Transport der Pellets liegt, da das Holz auch ohne Verbrennung, beim Verrotten, diese Emissionen CO₂-Äquivalente emittieren würde.

Die Wärmepumpen Varianten werden besser durch die Verwendung von eigenem PV-Strom der hier bisher nicht kalkuliert ist. Ebenfalls wird dies mit der Verbesserung des Nationalen Strommix besser. Hier kann auch bilanziell grüner Strom bezogen werden, dann ist dieser Wert in der Theorie bei Null. Die Variante 4 bezieht natürlich einen Teil an Gas, was zu einer geringeren Einsparung führt, aber ebenfalls durch Anteile von Biogas gesenkt werden kann.

Tabelle 6 Vergleich CO₂-Emissionen

			Variante x	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Emissionen		Einheit	Vergleichs anlage	BHKW + Gaskessel	Pellet	Sole WP	V4 - Luft WP + Gas
Kosten-, und Preissteigerungen							
Primärenergieeinsatz		Variante	167.003	173.067	171.694	53.161	85.049
Gas		kWh	147.003	185.467	0	0	29.401
Holzpellet		kWh	0	0	151.694	0	0
Elektroenergie Netzbezug		kWh	20.000	8.000	20.000	53.161	55.648
Eingespeiste Elektroenergie		kWh		-20.400			
Emissionen nach GEMIS (CO₂-Äquivalent)							
Erdgas	0,250	kg/kWh	36.751	46.367	0	0	7.350
Holz-Pellets	0,027	kg/kWh	0	0	4.096	0	0
Strom Bezug Bundesmix	0,565	kg/kWh	11.300	4.520	11.300	30.036	31.441
Einsparung Eigenstrom im Vergleich zum Bundesmix	0,315	kg/kWh		-6.426			
Gesamt CO₂-Emissionen		t/a	48,1	44,5	15,4	30,0	39

Ausblick:

Im Jahr 2020 wurde das Kohleausstiegsgesetz verabschiedet, welches dazu führt, dass der Netzstrom nach und nach besser wird. Bis 2038 soll kein Kohlekraftwerk mehr am Netz sein. Man wird im deutschen Stromnetz dann an den Punkt kommen, an dem Erdgas und Heizöl mit der „dreieckigste“ Brennstoff im Stromnetz wird.

9 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In dieser Betrachtung wurden die kapitalgebundenen, betriebsgebundenen und verbrauchsgebundenen Kosten der einzelnen Varianten ohne Energiepreissteigerung dargestellt. Für die rechnerische Nutzungsdauer, Aufwand für Instandsetzung und Wartung sowie Personalkosten für Bedienung wurden jeweils die Werte der VDI 2067 angesetzt. Der Kapitalzinssatz wurde mit einem Satz von 0,5 % pro Jahr angenommen.

9.1 Variante 1 (ohne Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen)

Tabelle 7 Kostenaufstellung V1

Variante 1: BHKW + Gaskessel

A. Kapitalgebundene Kosten-, und Preis Zinssatz: 0,50%

Bezeichnung	Investition (EURO)	Nutzungsdauer (a)	Wartung (%)	Annuität	kapitalgeb. Kosten (€/a)	Wart./Instans. (€/a)
KG 421: Wärmeerzeugung						
Gaskessel	23.500,00	20	3,50	0,0527	1.237,66	822,50
BHKW	41.500,00	10	6,00	0,1028	4.264,98	2.490,00
Elektro-Wärmepumpe	40.000,00	20	4,00	0,0527	2.106,66	1.600,00
Summe	105.000,00				5.502,64	3.312,50
KG 422: Wärmeverteilung						
Rohrleitungen	6.275,00	40	1,00	0,0276	173,48	62,75
Summe	6.275,00				173,48	62,75
KG 423: Raumheizflächen						
Heizkörper / FBH	0,00	20	3,00	0,0527	0,00	0,00
Summe	0,00				0,00	0,00
KG 429: sonstige Kosten						
bauliche Maßnahmen	2.000,00	50	1,00	0,0227	45,31	20,00
Schornstein	13.000,00	40	2,00	0,0276	359,39	260,00
MSR-Technik	0,00	12	3,00	0,0861	0,00	0,00
Sonstiges	4.000,00	30	0,00	0,0360	143,92	0,00
Planung	26.055,00	30	0,00	0,0360	937,43	0,00
Summe	45.055,00				1.486,05	280,00
Gesamtsumme	156.330,00				7.162,16	3.655,25

Zusammenstellung der Kosten (gerundet)

A. Kapitalgebundene Kosten	
A.1 Kapitaldienst lt. Tabelle	7.162,16 €/a
Summe	7.162,16 €/a
B. Betriebsgebundene Kosten	
B.1 Wartung / Instandsetzung lt. Tabelle	3.655,25 €/a
Summe	3.655,25 €/a
C. Verbrauchsgebundene Kosten	
C.3 Erdgas	9.967,61 €/a
C.4 Elektroenergie	-1.364,49 €/a
Summe	8.603,12 €/a
D. Jahresgesamtkosten (A+B+C) zzgl. Mwst.	19.420,54 €/a
D. Jahresgesamtkosten (A+B+C) inkl. Mwst. z.Z. 19%	23.110,44 €/a
spezifische Energiekosten (Brutto) bei 162.593 kWh / a	0,1421 € / kWh

9.2 Variante 2 (ohne Berücksichtigung von Energiepreisteigerungen)

Tabelle 8 Kostenaufstellung V2

Variante 2: Pelletkessel

A. Kapitalgebundene Kosten-, und Preis: Zinssatz: 0,50%

Bezeichnung	Investition (EURO)	Nutzungs- dauer (a)	Wartung (%)	Annuität	kapitalgeb. Kosten (€/a)	Wart./Instans. (€/a)
KG 421: Wärmeerzeugung						
Gas-Brennwertkessel						
Pelletkessel	31.525,00	20	4,50	0,0527	1.660,31	1.418,63
Pelletbunker	28.600,00	40	1,00	0,0276	790,66	286,00
Elektro-Wärmepumpe	40.000,00	20	4,00	0,0527	2.106,66	1.600,00
Summe	100.125,00				4.557,63	3.304,63
KG 422: Wärmeverteilung						
Rohrleitungen	6.825,00	40	1,00	0,0276	188,68	68,25
Summe	6.825,00				188,68	68,25
KG 423: Raumheizflächen						
Heizkörper / FBH	0,00	20	3,00	0,0527	0,00	0,00
Summe	0,00				0,00	0,00
KG 429: sonstige Kosten						
bauliche Maßnahmen	8.000,00	50	1,00	0,0227	181,23	80,00
Schornstein	9.750,00	40	2,00	0,0276	269,54	195,00
MSR-Technik	0,00	12	3,00	0,0861	0,00	0,00
Sonstiges	3.300,00	30	0,00	0,0360	118,73	0,00
Planung	16.640,00	30	0,00	0,0360	598,69	0,00
Summe	37.690,00				1.168,19	275,00
Gesamtsumme	144.640,00				5.914,50	3.647,88

Zusammenstellung der Kosten (gerundet)

A. Kapitalgebundene Kosten	
A.1 Kapitaldienst lt. Tabelle	5.914,50 €/a
Summe	5.914,50 €/a
B. Betriebsgebundene Kosten	
B.1 Wartung / Instandsetzung lt. Tabelle	3.647,88 €/a
Summe	3.647,88 €/a
C. Verbrauchsgebundene Kosten	
C.3 Holz	6.243,57 €/a
C.4 Elektroenergie	4.705,88 €/a
Summe	10.949,45 €/a
D. Jahresgesamtkosten (A+B+C) zzgl. Mwst.	20.511,83 €/a
D. Jahresgesamtkosten (A+B+C) inkl. Mwst. z.Z. 19%	23.659,85 €/a
spezifische Energiekosten (Brutto) bei 162.593 kWh / a	0,1455 € / kWh

Pellets wurden mit 7 % Mehrwertsteuer berücksichtigt.

9.3 Variante 3 (ohne Berücksichtigung von Energiepreisteigerungen)

Tabelle 9 Kostenaufstellung V3

Variante 3: Sole Wärmepumpe

A. Kapitalgebundene Kosten Kosten-, und Preis: Zinssatz: 0,50%

Bezeichnung	Investition (EURO)	Nutzungs- dauer (a)	Wartung (%)	Annuität	kapitalgeb. Kosten (€/a)	Wart./Instans. (€/a)
KG 421: Wärmeerzeugung						
Elektro-Wärmepumpe	56.225,00	20	4,00	0,0527	2.961,17	2.249,00
Summe	56.225,00				2.961,17	2.249,00
KG 422: Wärmeverteilung						
Rohrleitungen	6.825,00	40	1,00	0,0276	188,68	68,25
Summe	6.825,00				188,68	68,25
KG 423: Raumheizflächen						
Heizkörper / FBH	0,00	20	3,00	0,0527	0,00	0,00
Summe	0,00				0,00	0,00
KG 429: sonstige Kosten						
bauliche Maßnahmen	104.000,00	50	1,00	0,0227	2.355,99	1.040,00
Schornstein	0,00	40	2,00	0,0276	0,00	0,00
MSR-Technik	0,00	12	3,00	0,0861	0,00	0,00
Sonstiges	3.300,00	30	0,00	0,0360	118,73	0,00
Planung	8.732,75	30	0,00	0,0360	314,19	0,00
Summe	116.032,75				2.788,92	1.040,00
Gesamtsumme	179.082,75				5.938,77	3.357,25

Zusammenstellung der Kosten (gerundet)

A. Kapitalgebundene Kosten	
A.1 Kapitaldienst lt. Tabelle	5.938,77 €/a
Summe	5.938,77 €/a
B. Betriebsgebundene Kosten	
B.1 Wartung / Instandsetzung lt. Tabelle	3.357,25 €/a
Summe	3.357,25 €/a
C. Verbrauchsgebundene Kosten	
C.4 Elektroenergie	9.590,31 €/a
Summe	9.590,31 €/a
D. Jahresgesamtkosten (A+B+C) zzgl. Mwst.	
	18.886,33 €/a
D. Jahresgesamtkosten (A+B+C) inkl. Mwst. z.Z. 19%	
	22.474,73 €/a
spezifische Energiekosten (Brutto) bei	162.593 kWh / a
	0,1382 € / kWh

9.4 Variante 4 (ohne Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen)

Tabelle 10 Kostenaufstellung V4

Variante 4: Luft-Wasser Wärmepumpe + Gaskessel

A. Kapitalgebundene Kosten, und Preis: Zinssatz: 0,50%

Bezeichnung	Investition (EURO)	Nutzungs- dauer (a)	Wartung (%)	Annuität	kapitalgeb. Kosten (€/a)	Wart./Instans. (€/a)
KG 421: Wärmeerzeugung						
Gas-Brennwertkessel	21.800,00	20	2,50	0,0527	1.148,13	545,00
Elektro-Wärmepumpe	29.250,00	20	4,00	0,0527	1.540,49	1.170,00
Summe	51.050,00				2.688,62	1.715,00
KG 422: Wärmeverteilung						
Rohrleitungen	11.825,00	40	1,00	0,0276	326,91	118,25
Summe	11.825,00				326,91	118,25
KG 423: Raumheizflächen						
Heizkörper / FBH	0,00	20	3,00	0,0527	0,00	0,00
Summe	0,00				0,00	0,00
KG 429: sonstige Kosten						
bauliche Maßnahmen	0,00	50	1,00	0,0227	0,00	0,00
Schornstein	1.000,00	40	2,00	0,0276	27,65	20,00
MSR-Technik	0,00	12	3,00	0,0861	0,00	0,00
Sonstiges	3.300,00	30	0,00	0,0360	118,73	0,00
Planung	10.391,97	30	0,00	0,0360	373,89	0,00
Summe	14.691,97				520,27	20,00
Gesamtsumme	77.566,97				3.535,80	1.853,25

Zusammenstellung der Kosten (gerundet)

A. Kapitalgebundene Kosten	
A.1 Kapitaldienst lt. Tabelle	3.535,80 €/a
Summe	3.535,80 €/a
B. Betriebsgebundene Kosten	
B.1 Wartung / Instandsetzung lt. Tabelle	1.853,25 €/a
Summe	1.853,25 €/a
C. Verbrauchsgebundene Kosten	
C.3 Erdgas	1.499,43 €/a
C.4 Elektroenergie	10.241,83 €/a
Summe	11.741,26 €/a
D. Jahresgesamtkosten (A+B+C) zzgl. Mwst.	17.130,31 €/a
D. Jahresgesamtkosten (A+B+C) inkl. Mwst. z.Z. 19%	20.385,06 €/a
spezifische Energiekosten (Brutto) bei	162.593 kWh / a
	0,1254 € / kWh

9.5 Gegenüberstellung der Gesamtkosten (Ohne Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen)

Die verwendeten Preise stellen eine Momentaufnahme dar. Bei der aktuellen politischen Lage und den Erfahrungen der letzten Jahre ist es schwierig die Energiepreise für einen Zeitraum von 10 Jahren oder länger vorherzusagen.

Tabelle 11 Jährliche Gesamtkosten

Gesamtkosten	Variante 1 BHKW + Gaskessel	Variante 2 Pellet	Variante 3 Sole WP	Variante 4 Luft - Wasser WP + Gas
Investitionskosten netto (€)	156.330,00	144.640,00	179.082,75	77.566,97
A. Kapitalgebundene Kosten netto (€/a)	7.162,16	5.914,50	5.938,77	3.535,80
B. Betriebsgebundenen Kosten netto (€/a)	3.655,25	3.647,88	3.357,25	1.853,25
C. Verbrauchsgebundene Kosten netto (€/a)	8.603,12	10.949,45	9.590,31	11.741,26
D. Jahresgesamtkosten netto (€/a) ca.	19.420,54	20.511,83	18.886,33	17.130,31
D. Jahresgesamtkosten brutto (€/a) ca.	23.110,44	23.659,85	22.474,73	20.385,06
spezifisch Energiekosten brutto (€/kWh) ca.	0,1421	0,1455	0,1382	0,1254

Mit der ersten Betrachtung fällt bereits auf, dass die Variante BHKW die höchsten spezifischen Kosten aufweisen. Die spezifischen Kosten liegen bei der Variante 4 mit dem niedrigsten Invest am besten, obwohl hier die Verbrauchsgebundenen Kosten am größten sind.

9.6 Unter Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen

Die zugrunde gelegten Energiepreissteigerungen sowie die Steigerung der Lohnkosten wurden mit Hilfe von Daten des Statistischen Bundesamtes berechnet. Dazu wurden die durchschnittlichen Kostensteigerungen der Jahre 2010-2018 verwendet. Die Darstellung der Kostensteigerungen soll lediglich einen Überblick über die möglichen zukünftigen Entwicklungen geben. Hierbei ist zu beachten, dass sich die Steigerungen aufgrund gesetzlicher, marktpolitischer oder anderweitiger Einflüsse auch zukünftig anderweitig als in dieser Berechnung dargestellt entwickeln können.

Jährliche durchschnittliche Energiepreissteigerungen im Durchschnitt der letzten 8 Jahre seit 2010.

Erdgas	0,61 %
Strom	3,27 %
Pellets	1,58 %
Lohnkosten	2,16 %

Diese Werte ändern sich jährlich, daher kann diese Bewertung nur zum jetzigen Standpunkt gesehen werden. In einem Jahr kann diese Analyse schon wieder komplett anders aussehen.

Die Vergütungen für Energiesteuerrückerstattung wird ebenso wenig berücksichtigt, wie die KWK-Vergütungen für selbstverbrauchten und eingespeisten Strom, da diese Werte über die Zeit fix sind.

Die vorliegende Sensitivitätsanalyse untersucht die Auswirkungen auf den spezifischen Wärmepreis bei einer Veränderung unterschiedlicher Eingangsparameter. Durch die Untersuchung kann die zukünftige Entwicklung des spezifischen Wärmepreises genauer abgeschätzt werden und als Entscheidungshilfe für die zukünftige Wärmeversorgung genutzt werden.

9.7 Entwicklung des spez. Wärmepreis Variante 1

Mit den Werten ergibt sich folgende Entwicklung im Wärmepreis für die nächsten Jahre.

Hier ist nun gut, der bereits bei den Brennstoffkosten angesprochenen Wegfall der Energiesteuerrückerstattung nach 10 Jahren für die BHKW-Variante zu erkennen. Ebenfalls wird hier deutlich wie stark die KWK-Vergütung für den Strom zu Buche schlägt, wenn diese nach 60.000 Betriebsstunden wegfällt.

Da sich diese Preissteigerungen jedes Jahr ändern, können natürlich hier Abweichungen möglich sein. Es ist also immer eine Frage des Betrachtungszeitraums der Preissteigerung, wie sich diese Grafiken entwickeln.

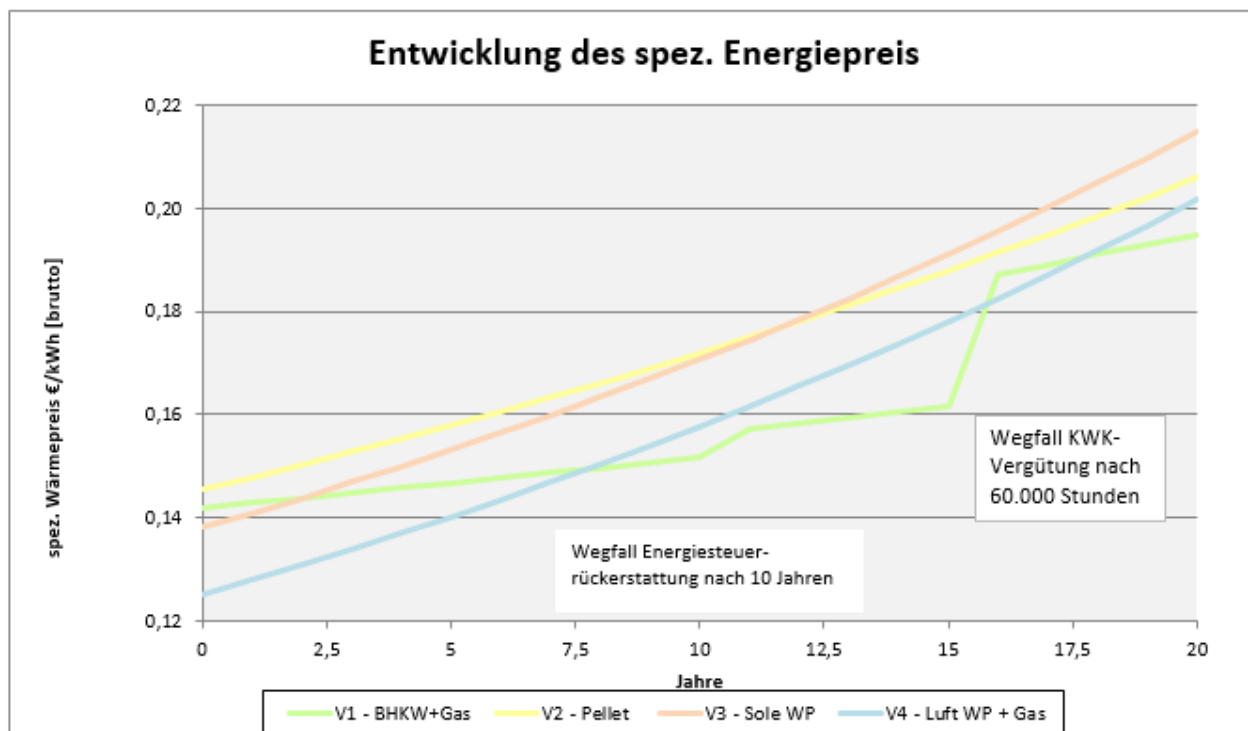


Abbildung 8 Energiepreisentwicklung V1 mit aktueller Preissteigerung

Kumuliert man die jährlichen Gesamtkosten über die 20 Jahre hinweg mit den in dem Modell genannten Energiekosten ergeben sich folgende Bruttosummen:

Variante 1 mit BHKW + Gas	547.574 €
Variante 2 mit Pellets	591.797 €
Variante 3 mit Sole	590.040 €
Variante 4 mit WP + Gas	545.761 €

Anhand dieser Annahmen ergibt sich die Variante 4 als günstigste Variante über die 20 Jahre gesehen. Die theoretisch mitbetrachtete Variante 1 liegt hier durch die starken Förderungen für den Eigenstrom fast gleichauf.

Durch die Forcierung der Bundesregierung immer weniger fossile Energien zu nutzen, sowie wirtschaftliche Einflüsse, ist es nahezu unmöglich vorherzusagen, wie sich die Preise tatsächlich entwickeln.

9.8 Entwicklung des spez. Wärmepreis Variante 2 inkl. CO₂-Steuer

Unter der Berücksichtigung der neuen CO₂-Steuer ab 2021 ergeben sich etwas engere Ergebnisse für die spezifischen Kosten. Da die CO₂-Steuer ab 2026 noch nicht festgelegt wurde ist hier eine Annahme mit einer Steigerung von jährlich 5 € angenommen. Damit würde man im Jahr 2040 auf eine Abgabe von 130 €/t CO₂ kommen. Die neue Steuer wird natürlich nicht direkt auf die Menge an verursachten Emissionen berechnet, sondern wird über die Energiepreisen an die Kunden weitergegeben. Da die Energieversorger dem Kunden aber vermutlich hier keinen Cent schenken werden, wurde der Einfachheit, die Steuer direkt auf die verursachten CO₂-Emissionen berechnet, so wie sich das die Regierung auch gedacht hat. Wie sich dies aber tatsächlich gestaltet weiß man aber erst in ein paar Jahren.

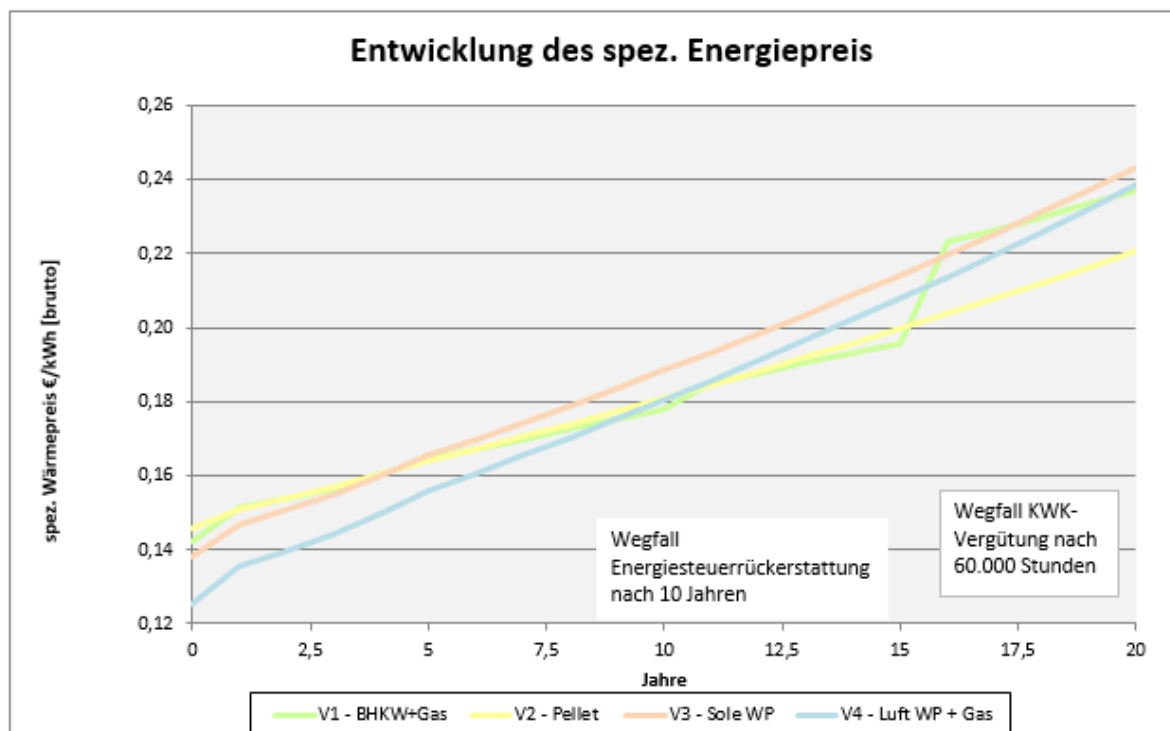


Abbildung 9 Energiepreisentwicklung V2 mit CO₂-Steuer

Durch die deutlich niedrigeren CO₂-Emissionen der Pellet-Anlage sind hier voraussichtlich die Kosten mit einberechneter Steuer fast gleichauf mit der Variante 4.

Hierbei wurde nicht berücksichtigt, dass der Bundesmix-Strom jedes Jahr besser wird, da sich das genaue CO₂-Äquivalent leider nicht vorhersagen lässt. Ebenso wurde die Nutzung von eigenem PV Strom nicht berücksichtigt, welche den CO₂-Ausstoß der Wärmepumpen deutlich senken würde.

Kumuliert man die jährlichen Gesamtkosten über die 20 Jahre hinweg mit den in dem Modell genannten Energiekosten ergeben sich folgende Bruttosummen:

Variante 1 mit BHKW + Gas	633.021 €
Variante 2 mit Pellets	621.385 €
Variante 3 mit Sole	647.765 €
Variante 4 mit WP + Gas	620.312 €

Allerdings weiß zum jetzigen Zeitpunkt keiner genau, wie die neue Steuer an die Endkunden weitergereicht wird. Ebenfalls werden bei Holzanlagen immer wieder Themen wie Feinstaub und Stickoxide in der Politik diskutiert. Man wird abwarten müssen, ob der Preis für Holzbrennstoffe, bezogen auf Umweltsteuern, tatsächlich so viel weniger ansteigt als für die fossilen Brennstoffe.

10 Handlungsempfehlung

Es wurden die unterschiedlichen Varianten untersucht. Bei der Berechnung der Anlagenvarianten wurden teilweise Annahmen (nach bestem Wissen und Gewissen) getroffen. Die Konzeption der vorgeschlagenen Varianten beruht auf den Informationen aller zur Verfügung gestellten Unterlagen. Sie ersetzt jedoch keinesfalls Planungsleistungen bei einer möglichen Umsetzung.

Die Variante 4 bietet zum jetzigen Zeitpunkt die beste Wirtschaftlichkeit, den kleinsten Platzbedarf in der neuen Heizzentrale, den kleinsten Aufwand diese unterzubringen, keinen Aufwand von Brennstofflieferungen und mit einer Wärmepumpe für den Betreiber einen geringen Aufwand, diese Heizzentrale zu betreiben. Hinsichtlich der CO₂-Emissionen gibt es bessere Varianten, welche in der Umsetzung allerdings höhere spezifische Wärmekosten verursachen. Zudem lassen sich durch die eigene PV-Anlage, Ökostrom und Biogasanteil die Emissionen reduzieren.

Ist die CO₂-Einsparung die oberste Priorität, so müssen alternativ grundlegende Fragen wie Holzlieferungen und Personaleinsatz des Anlagenbetreibers für Variante 2 zunächst geklärt werden. Aber der Brennstoff Pellets ist an sich recht einfach für eingewiesenen Personal zu handhaben. Für einen Kessel dieser Größe benötigt man noch kein fachlich geschultes Personal. Auch die Anlieferungen des Brennstoffes sind bei Pellets recht unkompliziert, da diese sowohl abgekippt als auch eingeblasen werden können. Letztendlich ist dieser Vorgang nicht komplizierter als bei einer Ölheizung. Allerdings würde man hierfür für die großen Pufferspeicher einen deutlich größeren Technikraum benötigen, was die Baukosten deutlich nach oben bringen würde. Somit wäre diese Variante nicht mehr so wirtschaftlich wie Sie sich im Moment darstellt. Betrachtet man diese Variante über 20 Jahre hinweg liegt diese je nach Einfluss der kommenden CO₂-Steuer eventuell am günstigsten unter Vorbehalt der beschriebenen Punkte.

Daher ist diese Variante 2 eher schwierig in der Umsetzung.

Die Variante 1 ist wie bereits genannt eine eher theoretische Betrachtung, da der Deckungsanteil des BHKW durch die geringen Laufzeiten kaum die notwendigen 50 % erreicht und auch mit dem Platz im Technikraum nicht auskommt, daher scheidet diese Variante aus.

Die Variante 3 wäre eine Lösung, wenn man mittels großer PV-Anlage den Großteil seines Stromes selbst produziert und vollständig auf fossile Brennstoffe verzichten wollen würde, mit der Einschränkung, dass man bei der Fahrzeughalle kaum auf die notwendigen 12°C kommen wird. Mit Hinzunahme eines Gaskessels ist die Variante 3 allerdings nicht mehr wirtschaftlich abzubilden. Somit ist diese Variante sowohl in diesem Gesichtspunkt und auch vom Platz eher schwierig.

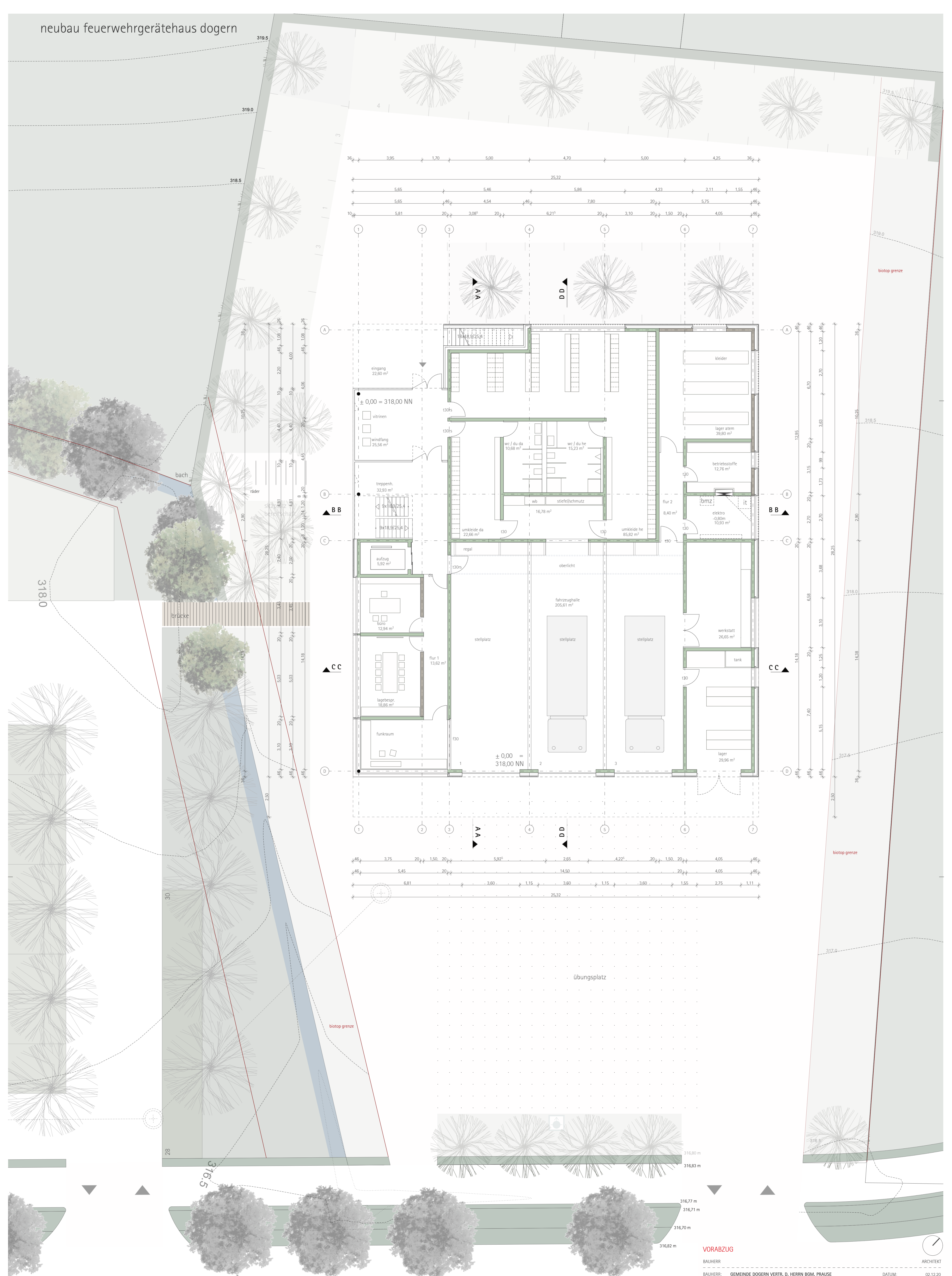
Aus wirtschaftlicher Sicht ist im Moment die Variante 4 zu empfehlen, zumal die Startinvestition am niedrigsten liegt und diese Variante gut in den vorhandenen Technikraum passt. Alle anderen Varianten haben derzeit gravierende Nachteile, wie Platzbedarf, Probleme mit dem Deckungsanteil oder mit der Beheizung der Fahrzeughalle.

Pfullendorf, 07. Dezember 2020

Verfasser:

ibp Knaus + Zentner
Ing.-Gesellschaft mbH
Am Pfarröschle 50
88630 Pfullendorf
Tel.: 07552/9215-0

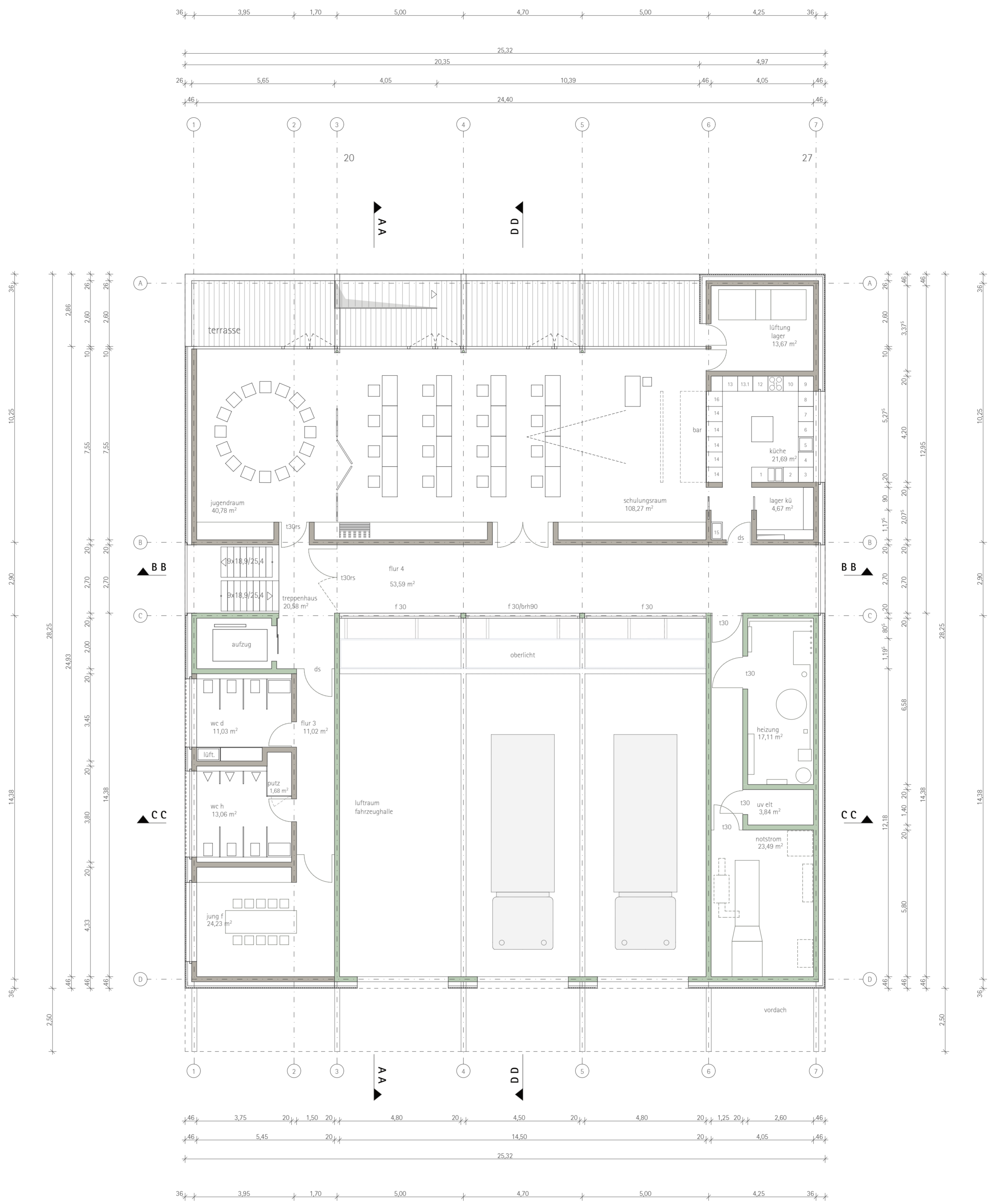
Alle Rechte liegen bei der ibp knaus+zentner ing.-gesellschaft mbH. Der Inhalt dieses Dokuments ist urheberrechtlich geschützt. Jede weitergehende Verwendung, insbesondere die Speicherung in Datenbanken, Vervielfältigung sowie die unerlaubte Weitergabe an Dritte auch in Teilen ist ohne die Zustimmung des oben genannten Autors nicht gestattet.



VORABZUG

BAUHERR	GEMEINDE DOGERN VTR. D. HERRN BGM. PRAUSE	DATUM:	02.12.20
BAUHERR:	RATHAUSWEG 1 79804 DOGERN	GEÄND.:	
PROJEKT:	NEUBAU FEUERWEHRGERÄTEHAUS DOGERN	PROJEKT - NR.:	L 1903
316,90 m	HAUPTSTRASSE 79804 DOGERN	PARZELLE - NR.:	2 0 38
TITEL:	FEUERWEHRGERÄTEHAUS EG	MASSSTAB:	1 - 100
PLANUNG:	lüttinarchitekten bda konstanz	D - 78462 KONSTANZ	PLAN - NR.:
SCHÜTZENSTRASSE 22	TEL: +49 7531 9450710	FAX: +49 7531 9450717	FORMAT:
			100
			Din A1





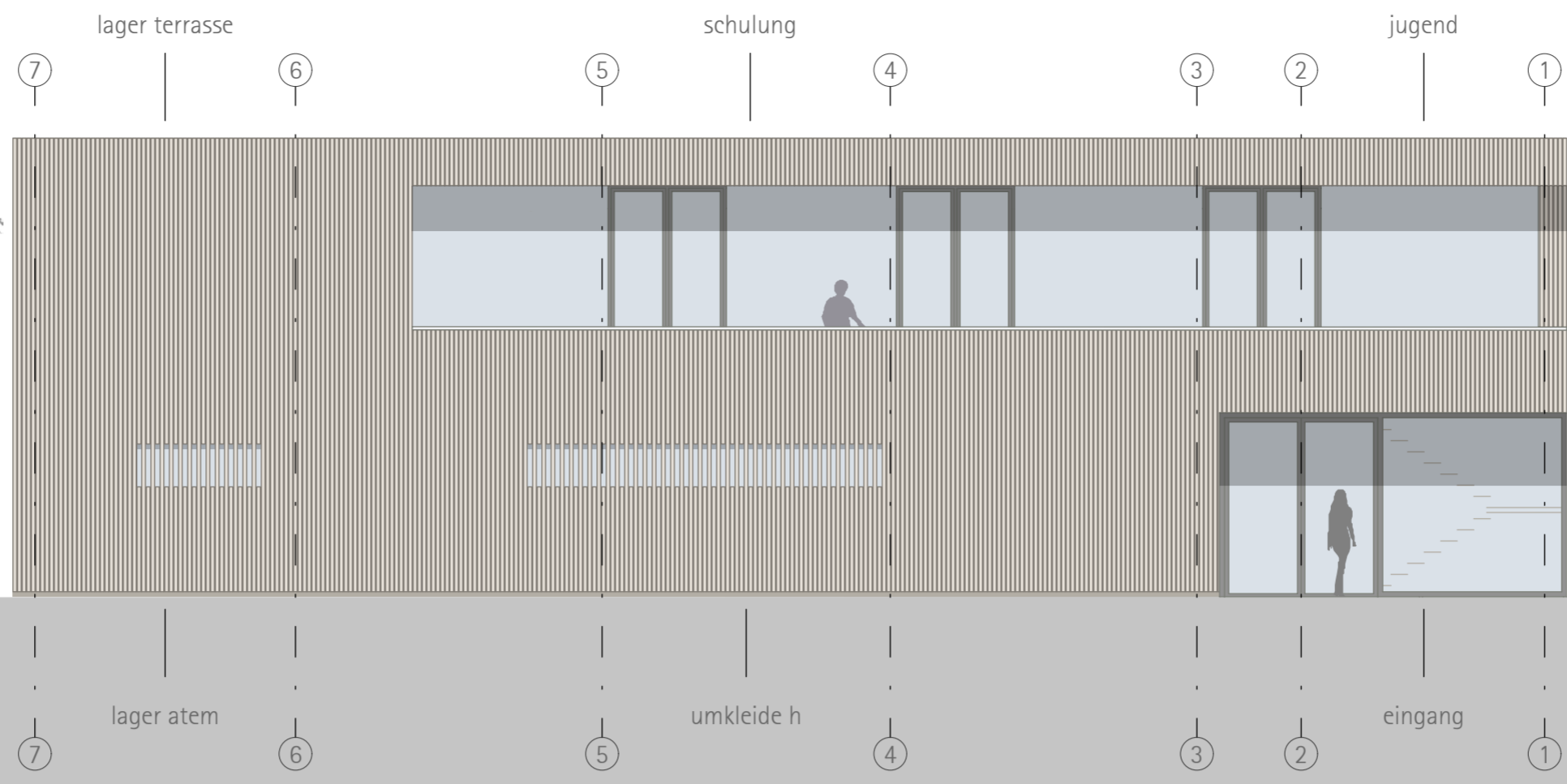
VORABZUG

BAUHERR:	GEMEINDE DOGERN VERTR. D. HERRN BGM. PRAUSE RATHAUSWEG 1 79804 DOGERN	DATUM:	02.12.20
PROJEKT:	NEUBAU FEUERWEHRGERÄTEHAUS DOGERN HAUPTSTRASSE 79804 DOGERN	PROJEKT - NR.:	L 1903
TITEL:	FEUERWEHRGERÄTEHAUS OG	PARZELLE - NR.:	2 0 38
PLANUNG:	lüttnarchitekten bda konstanz SCHÜTZENSTRASSE 22 TEL: +49 7531 9450710	MASSSTAB:	1 - 100
		PLAN - NR.:	101
		FORMAT:	Din A1

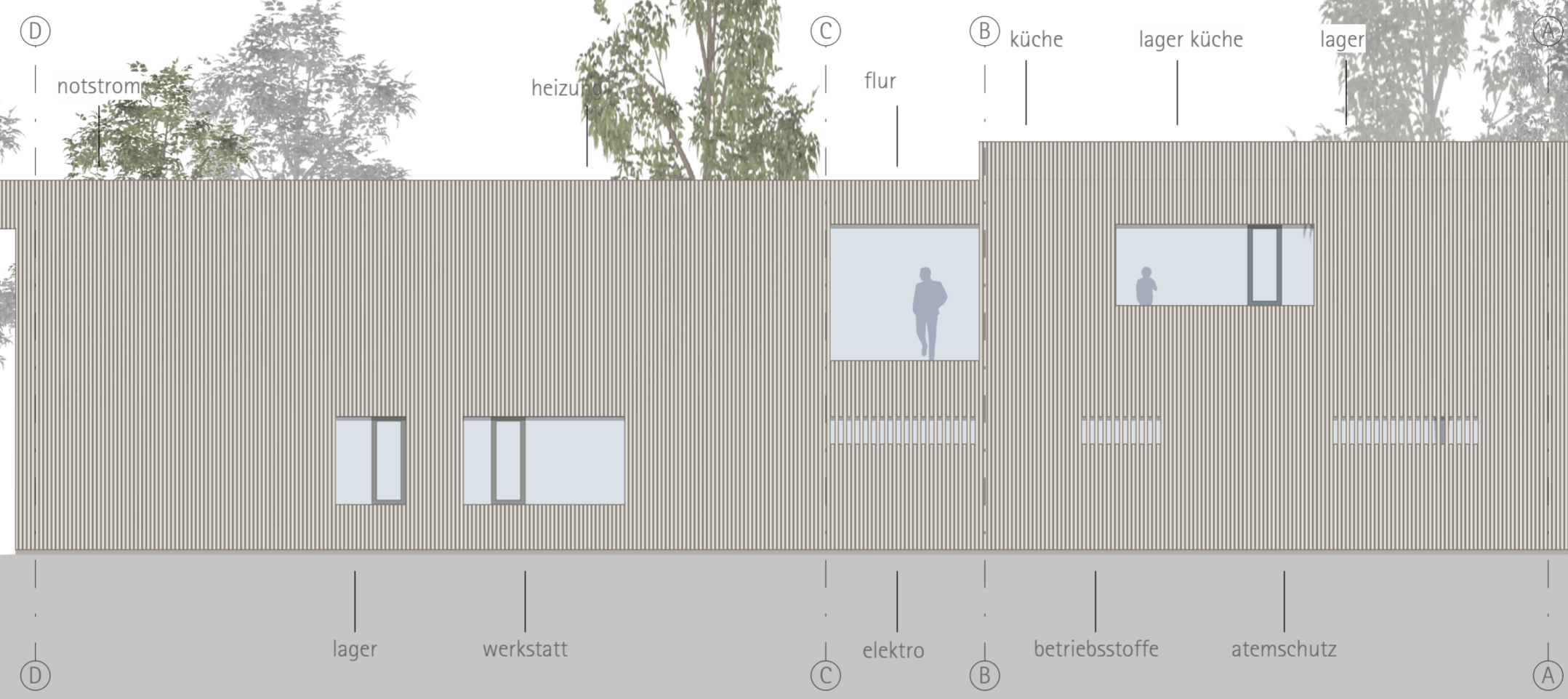


neubau feuerwehrgerätehaus dogern

ansicht nordwest



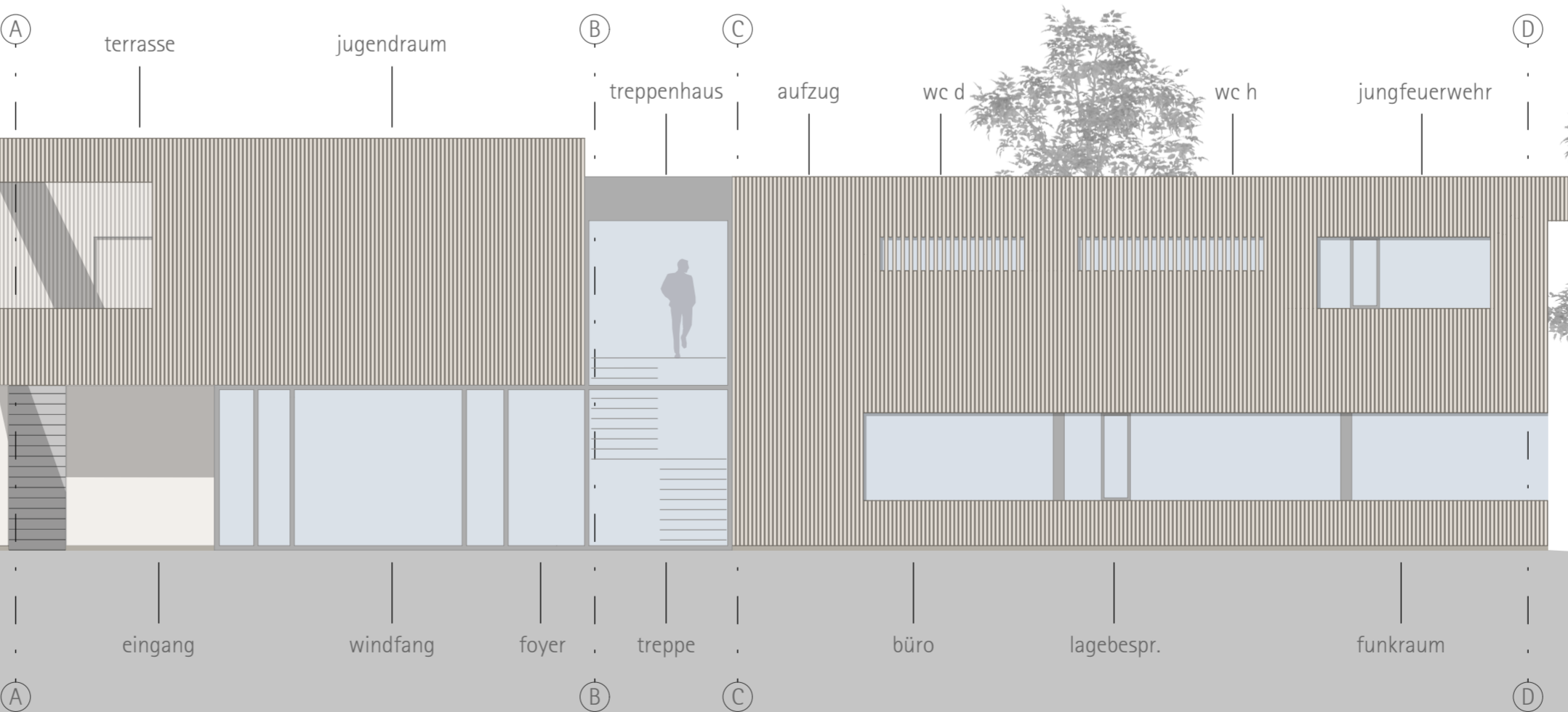
ansicht nordost



ansicht südost

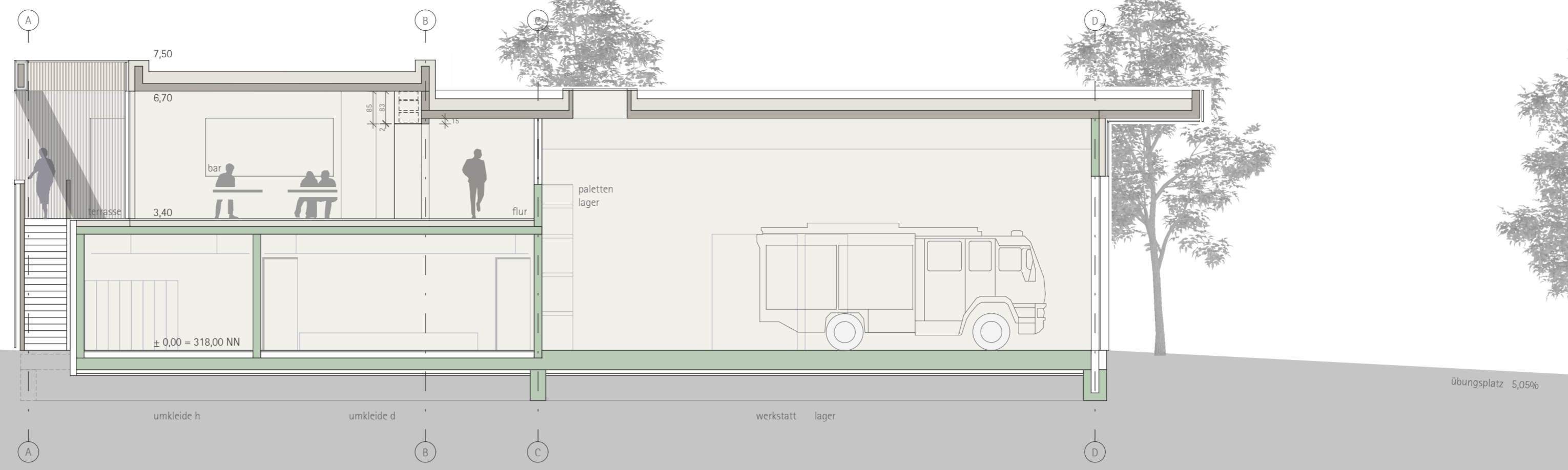


ansicht südwest

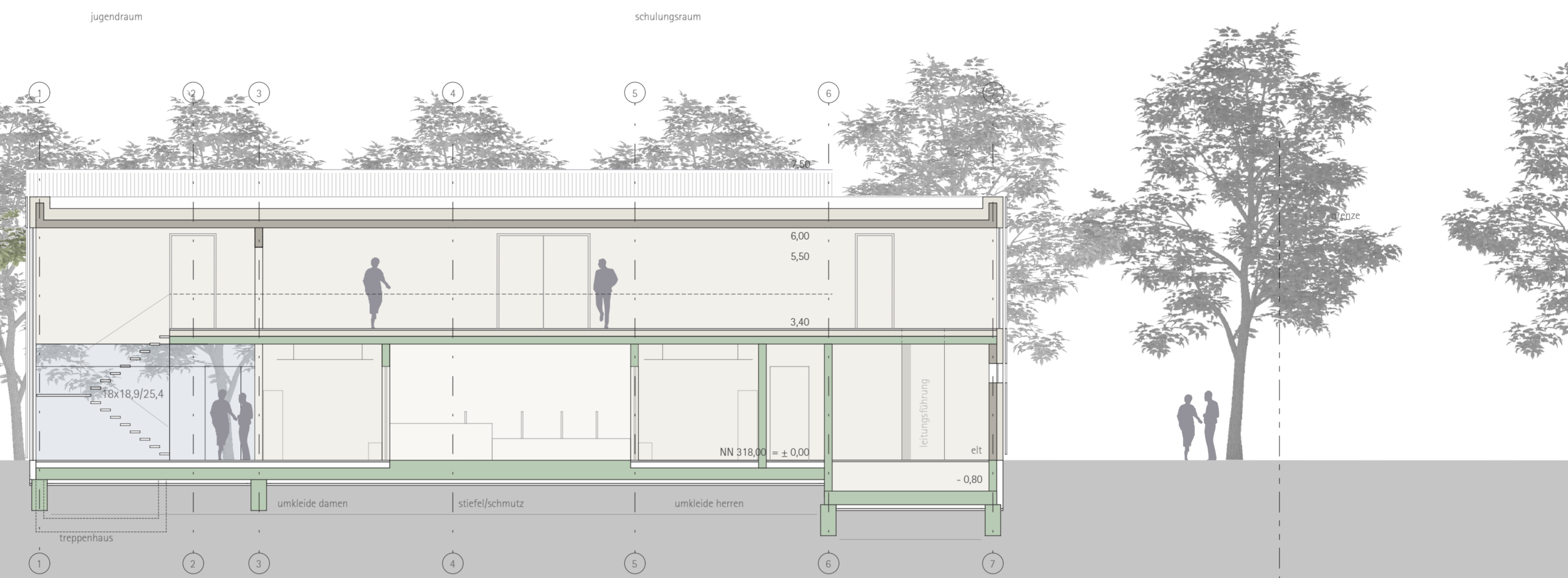


VORABZUG		ARCHITECT
BAUHERR:	GEMEINDE DOGERN VERTR. D. HERRN BGM. PRAUSE RATHAUSWEG 1 79804 DOGERN	DATUM: 02.12.20 GEÄND.:
PROJEKT:	NEUBAU FEUERWEHRGERÄTEHAUS DOGERN HAUPTSTRASSE 79804 DOGERN	PROJEKT - NR.: L 1903 PARZELLE - NR.: 2 0 38
TITEL:	FEUERWEHRGERÄTEHAUS ANSICHTEN	MASSSTAB: 1 - 100
PLANUNG:	lüttinarchitekten bda konstanz SCHÜTZENSTRASSE 22 TEL: +49 7531 9450710	D - 78462 KONSTANZ PLAN - NR.: 102 FORMAT: Din A1

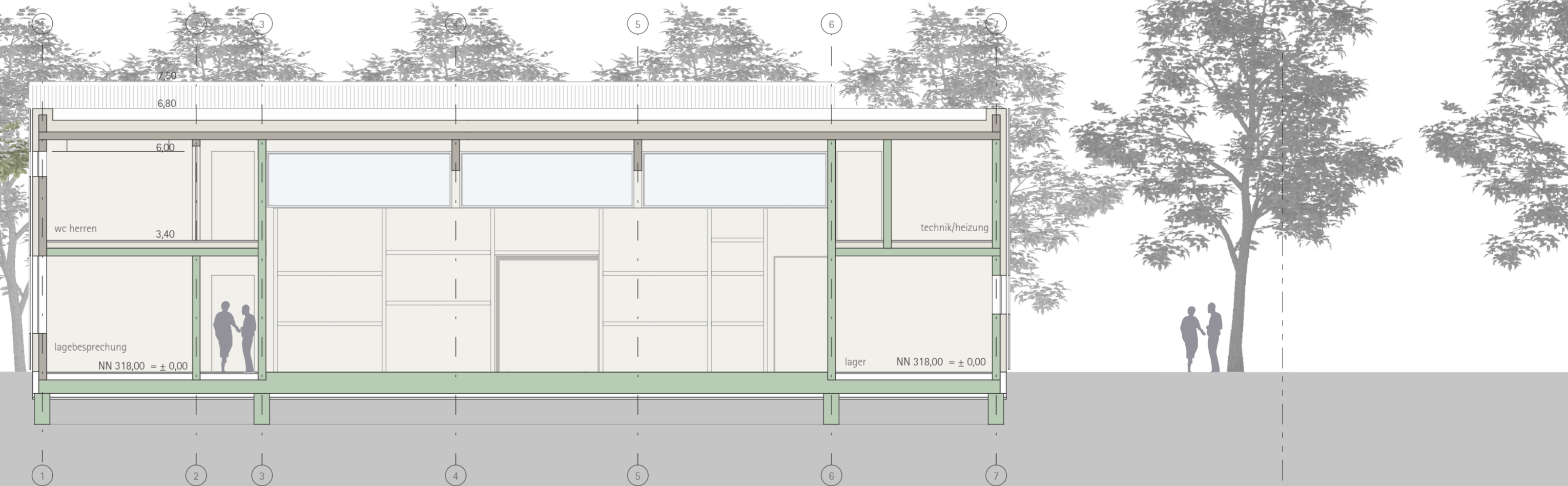
schnitt A-A



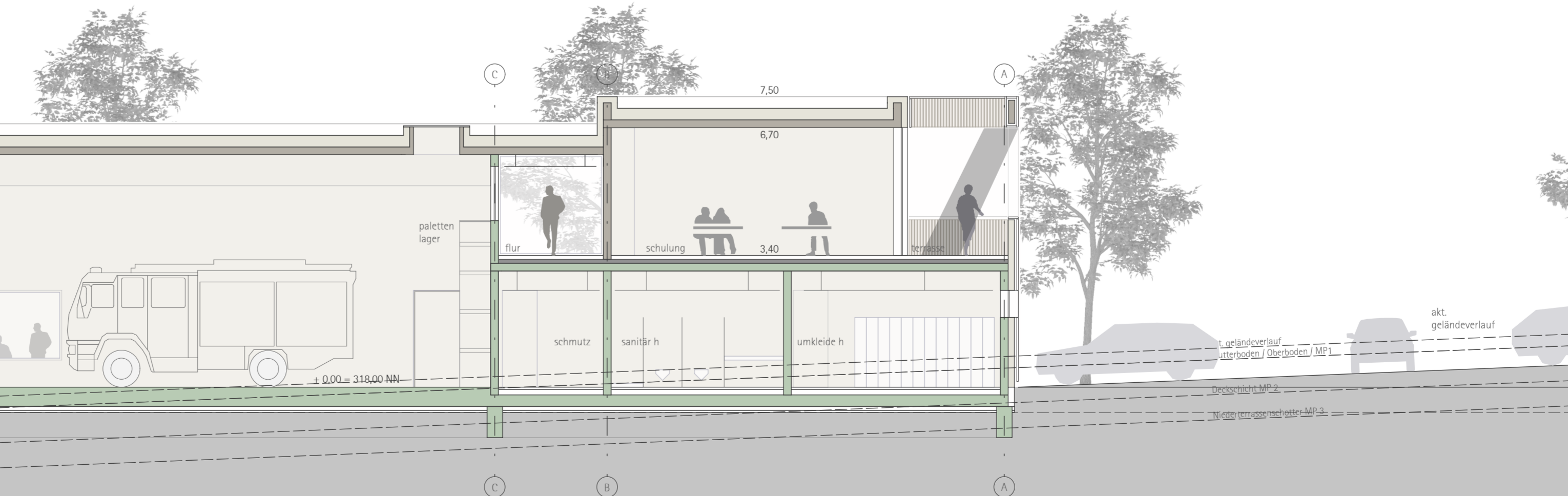
schnitt B-B



schnitt C-C



schnitt D-D



VORABZUG		ARCHITEXT
BAUHERR:	GEMEINDE DOGERN VERTR. D. HERRN BGM. PRAUSE RATHAUSWEG 1 79804 DOGERN	DATUM: 02.12.20 GEÄND.:
PROJEKT:	NEUBAU FEUERWEHRGERÄTEHAUS DOGERN HAUPTSTRASSE 79804 DOGERN	PROJEKT - NR.: L 1903 PARZELLE - NR.: 2 0 38
TITEL:	FEUERWEHRGERÄTEHAUS SCHNITTE	MASSSTAB: 1 - 100
PLANUNG:	lüttnarchitekten bda konstanz SCHÜTZENSTRASSE 22 TEL: +49 7531 9450710	D - 78462 KONSTANZ PLAN - NR.: 103 FORMAT: Din A1