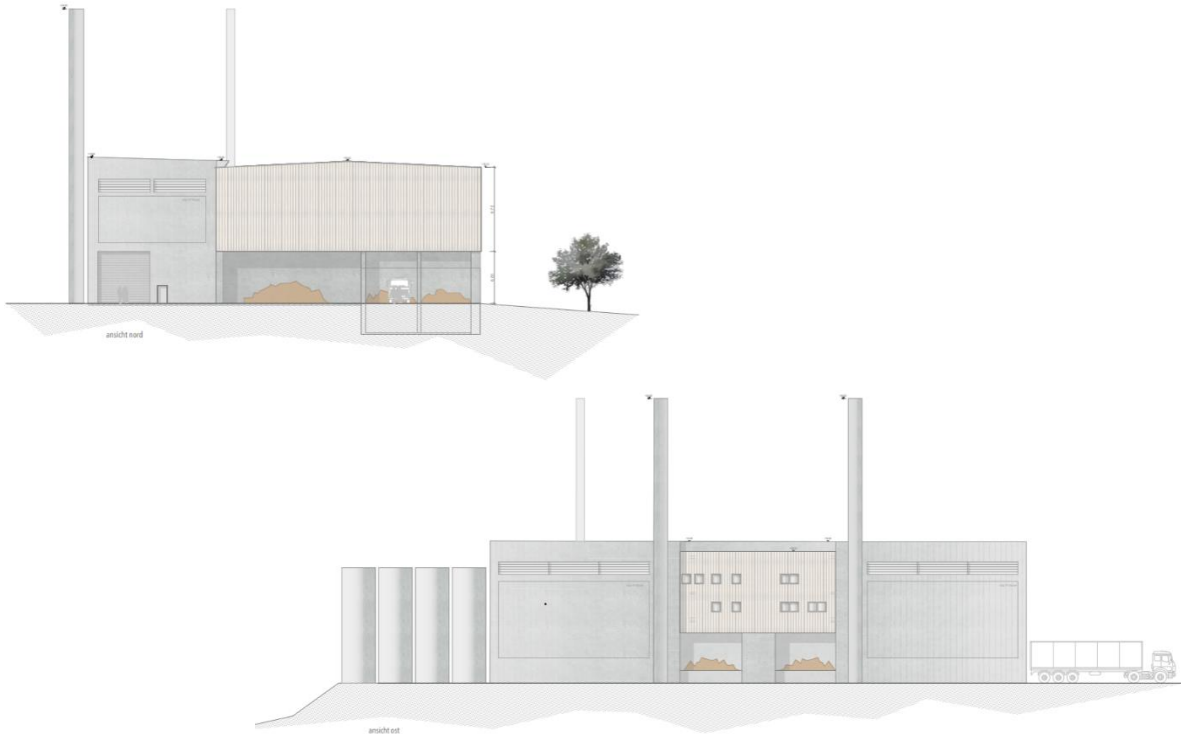


Entwurfsplanungsbericht Technische Gebäudeausrüstung

Projekt: Bad Saulgau
Wärmeversorgung
Projektnummer: 22324



Auftraggeber Stadtwerke Bad Saulgau
Moosheimer Str. 28
88348 Bad Saulgau

Architekt Sauer Baumanagement
Boserstrasse 1/1
88281 Schlier-Wetzisreute

Bearbeiter Nikolaj Lehmann

Knecht Ingenieure GmbH
Ingenieurbüro für
Technische Gebäudeausrüstung

Im Öschle 8
D-87499 Wildpoldsried

T 08304 / 929305-0
info@knecht-ingenieure.de

Inhalt

Entwurfsplanungsbericht Technische Gebäudeausrüstung.....	1
1. Planunterlagen und sonstige Grundlagen.....	3
2. Allgemein	3
3. Gebäude /-höhe und Nachrüstbarkeit Holz-KWK-Anlage.....	3
4. Entwässerung und Trinkwasserhygiene	5
5. Brennstoff und Anlieferung	7
6. Hackgutkessel:.....	11
6.1. Kessel-Nennleistung	11
6.2. Steigerung der Brennstoffausbeute	11
7. Fossile Spitzenlast im Bestand	14
8. Wärmepumpe Sonnenhoftherme	15
8.1. Grundlagen der Auslegung:.....	15
8.2. Eingangs-Parameter des abgebadeten Thermalwassers:	15
8.3. Neue Auslegung:.....	16
8.4. Betriebskostenförderung (Modul 4 BEW):	17
9. PV-Nutzung Heizzentrale.....	19
10. Heiz- und Kühlaufgaben innerhalb der Heizzentrale	20
10.1. Rückkühlung Räume mit elektrischen Verlustlasten	20
10.2. Beheizung Lager (Ersatzteile) und Abfuhr Verlustwärme aus Hackgutkesselhäusern	20
10.3. Beheizung der Räume innerhalb der thermischen Gebäudehülle	21
11. Bilanzierung der Wärmeerzeuger im abgestimmten Konzept zum Abschluss..	22
Anhang 1: Lastgang der Verbrennungswärmeleistung und die hieraus resultierende Anzahl an LKWs zur Lieferung des Brennstoffs	23
Anhang 2: Geordnete Jahresdauerlinie mit bestehenden und geplanten Wärmeerzeugern der Nahwärme Bad Saulgau	24
Anhang 3: Bilanzierung des Erzeugungskonzeptes	25

1. Planunterlagen und sonstige Grundlagen

Planunterlagen Architektur

- Grundrisse Stand 22.03.2024
- Ansichten Stand 22.03.2024
- Schnitte Stand 22.03.2024

2. Allgemein

Die neue Heizzentrale Bad Saulgau wird im nördlichen Teil der „Herdgrube“ einer ehemaligen und in Teilen mit Bauschutt verfüllten Kiesgrube geplant. Die Kiesgrube befindet sich im Südwesten der Stadt rund 300 m entfernt von Stadtrand / Wohnbebauung. Weitere Nutzungen der Herdgrube sind die Schützengilde Bad Saulgau und die Grüngutlagerung des Stadtbauamtes. Die Schützengilde mit zugehörigem Schießplatz befindet sich im nicht-verfüllten Geländeteil südlich der Heizzentrale. Die Grüngutlagerung soll nach Absprache mit dem Stadtbauamt den nordwestlichen Teil des verfüllten Geländes mit einer Fläche von rund 7.720 m² für die Heizzentrale frei machen und als Lagerfläche ausschließlich den Teil östlich davon mit einer Grundfläche von rund 4.750 m² verwenden. Für die Grüngutanlieferung wird eine eigene Zufahrt erstellt, so dass Anlieferungskonflikten zwischen Grün- und Hackgut vorgebeugt wird.

Die neue Heizzentrale schmiegt sich mit einem Azimut von rund 45 ° mit der langen Seite des Hackgut-Wochenlagers an die Westseite des bisher von der Stadtbaumeisterei genutzten Geländes. Nach Entwurf des B-Plans soll die gesamte Fläche der Nutzung Heizzentrale und Grüngutlagerung gem. § 9 Abs. 1 Nr. 15 und Nr. 25 BauGB eine Umgrenzung von Flächen mit Bindung für die Erhaltung von Bäumen, Sträucher und sonstigen Bepflanzungen erhalten.

3. Gebäude /-höhe und Nachrüstbarkeit Holz-KWK-Anlage

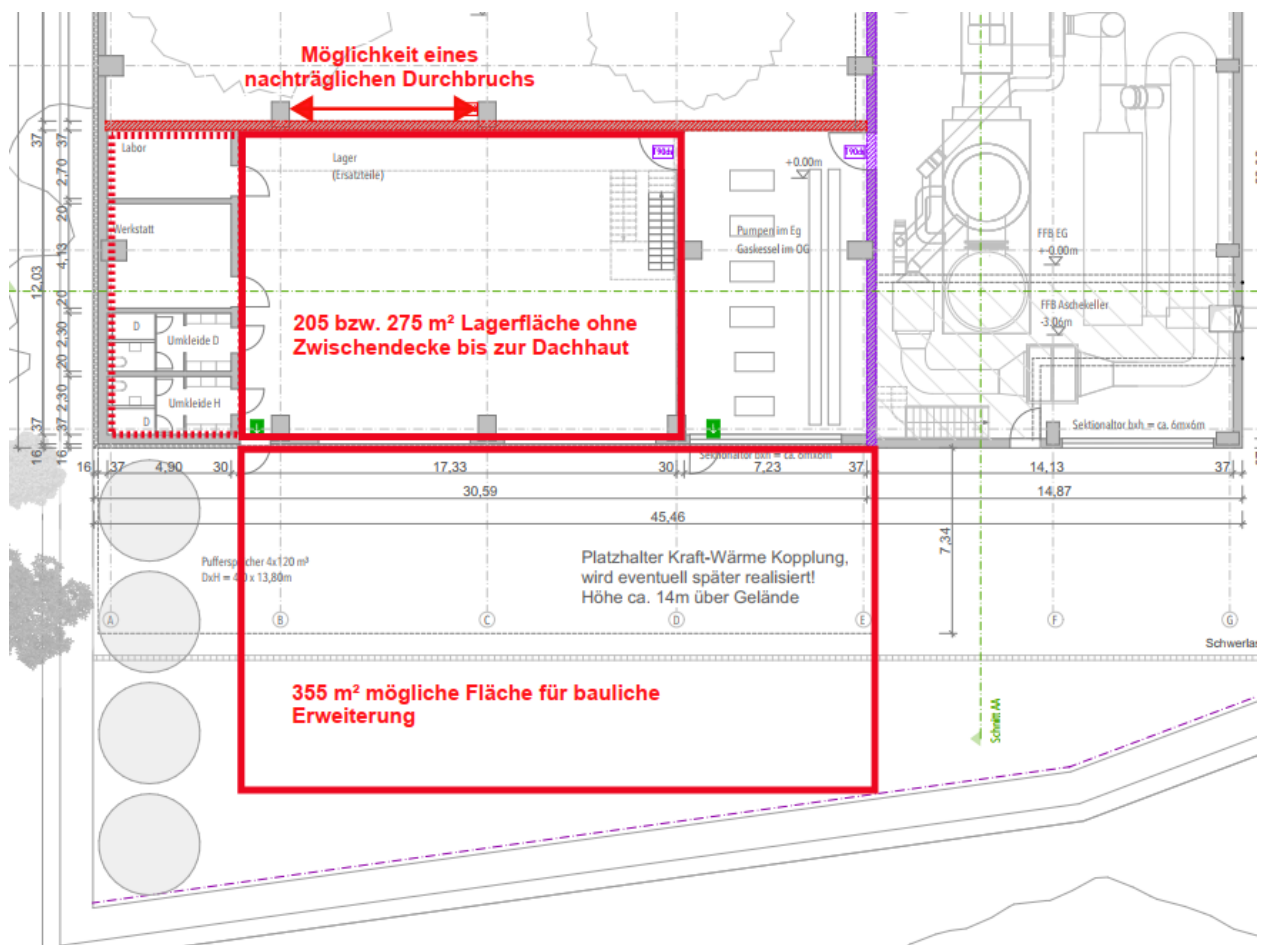
Die Heizzentrale untergliedert sich in vier miteinander verschmelzende Funktionen / Kubaturen:

1. Hackgut-Kesselhäuser 1 und 2
2. Hackgut-Wochenlager mit Anlieferungs-Mulden und Automatik-Laufkran
3. Wochenlager-Anbau mit den Nutzungen für:
 - Gas-Redundanz-Kessel, Netzpumpen
 - Lagerfläche für Ersatzteile etc.
 - Labor
 - WCs / Mitarbeiter-Duschen
4. Obergeschosse 1 und 2 „schwebend“ zw. Hackgut-Kesselhäusern 1 und 2
 - Leitwarte/n mit elektrischen Schaltanlagen
 - Büro für Betriebsleiter:in
 - Besprechungsraum für mind. 20 Personen
 - WCs für Besucher
 - ELT-Hausanschluss mit PV-Wechselrichter

Von Auftraggeberseite wurde zum Ende der LP 2 „Vorplanung“ beschlossen, dass beim Bau der Heizzentrale vorerst keine KWK-Anlage miterrichtet werden soll, das Gesamtkonzept von Gebäude und darin enthaltener Technik jedoch eine spätere Nachrüstung einer Holz-KWK-Anlage zzgl. baulicher Erweiterung möglich machen soll.

Dieser Planungsaufgabe wurde durch folgende drei Merkmale nachgekommen:

- indem im Südosten des Gebäudes eine Fläche von rund 355 m² als Platz für eine bauliche Erweiterung freigehalten wurde
- indem in der Tragwerksplanung statisch ein nachträglicher Durchbruch durch die Wand hinein in das Wochenlager zur Integration eines weiteren Brennstoff-Tagesbunkers mitberücksichtigt wurde
- indem das Lager (Ersatzteile) mit einer Fläche von 205 bzw. 275 m² als bis unter das Dach offener Raum ausgebildet wurde, so dass nachträglich in beliebiger, dann für die Technik notwendiger Höhe, eine Zwischendecke ausgebildet werden kann.



Die zum Abschluss der Vorplanung seitens Knecht Ingenieure GmbH empfohlenen Hackgutkessel erfordern eine Gebäudehöhe von rund 17 m. Dies wurde an die Bauleitplanung weitergegeben und fließt in den B-Plan ein.

4. Entwässerung und Trinkwasserhygiene

Auf Grund der belasteten Auffüllungen soll das gesamte Betriebsgeländer der Heizzentrale versiegelt / asphaltiert werden. Die Dach- und Oberflächenwässer sind gem. Entwurf des B-Plans auf dem im Nordosten anschließenden Flurstück 954 („R“) rückzuhalten und zu versickern. Die Planung der Versickerungsmulde zzgl. der Planung der Freianlagenentwässerung erfolgt nach Schnittstellenabstimmung durch das Los 6 „Verkehrsplanung“. Der Regenwasser-Sammelschacht der Dachflächen stellt den Übergang zw. der Planung von Los 1 und 6 dar.

In Abstimmung mit dem Los 1 zeigte sich in der Planung von Los 6, dass ein fester Schmutzwasser-Kanalanschluss, sei er als Freispiegel- oder als Druckleitung ausgeführt, weniger wirtschaftlich ist, wie eine Schmutzwasser-Sammelgrube, welche in etwa auf eine einmal-jährliche Entleerung dimensioniert ist.

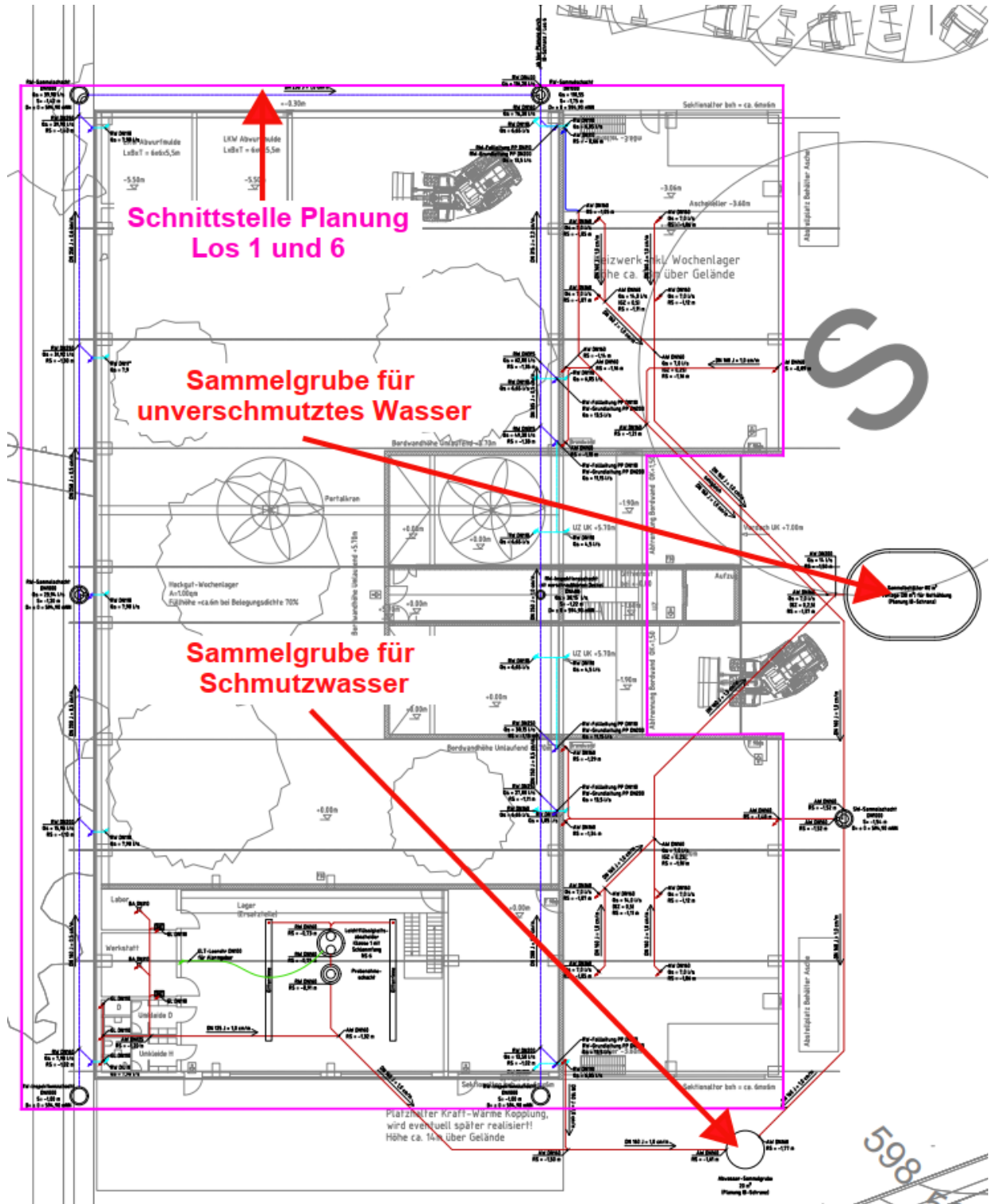
Um die Schmutzwasser-Sammelgrube nicht unnötig durch die im Falle einer Kessel-Notkühlung anfallende Menge an klarem, unverschmutzten und lediglich einmal erwärmten Wasser aus den Sicherheitswärmetauschern der thermischen Ablaufsicherung zu belasten, wurde vom Los 6 eine zweite vom Schmutzwassernetz getrennte Grube zzgl. Grundleitungsnetz geplant. In dieser werden zum Schutz des Betonbehälters ca. 30 m³ kaltes Wasser vorgehalten und weitere 50 m³ Volumen für erhitztes Wasser aus der Kessel-Notkühlung bereitgestellt. Im Nachgang einer Kessel-Notkühlung soll mittels einer zum heutigen Planungsstand nicht fest installierten Tauchpumpe das wieder abgekühlte unverschmutzte Wasser bis auf die Restmenge von 30 m³ dem Regenentwässerungssystem zugeführt werden. Innerhalb Los 1 wurden in beiden Kesselhäusern Grundleitungsanschlüsse für beide Entwässerungssysteme geplant.

Ebenso ist es geplant die beiden Spülstationen der sonst stagnierenden Trinkwasserleitungen zu den thermischen Ablaufsicherungen der beiden Kessel an das System des „sauberen Schmutzwassers“ anzuschließen. Auf diese Weise können unnötige Kosten der Schmutzwasserentsorgung und CO₂-Emissionen für unnötige Fahrten eines Pumpenwagens vermieden werden.

Die Spülstationen spülen gemäß den Mindestanforderungen der DIN 1988-200 und VDI 6023 spätestens alle 7 Tage in turbulenter Strömung die DN100 bzw. DN65er Leitungen. Es ist vorweggreifend einer Konkretisierung in der Ausführungsplanung (Planung mit konkretem Kessel-Hersteller/-Modell mit einer Spülwassermenge ab Gebäudeeintritt von mindestens 250 l/Woche bzw. 13 m³/a zu rechnen.

Das Lager für Ersatzteile in südwestlicher Verlängerung zum Hackgutwochenlager kann durch die beiden geplanten Sektionaltore auch als Garage für Radlader, Räumfahrzeug

o.a. genutzt werden und ist nicht nur deshalb mit Entwässerungsrinnen mit nachgeschaltetem Leichtflüssigkeitsabscheider ausgestattet.



5. Brennstoff und Anlieferung

Die Stadtwerke Bad Saulgau haben in der Phase der Grundlagenermittlung bei einer Großzahl der im Einzugsgebiet ansässigen Hackgutlieferanten voraussichtlich verfügbare Liefermengen und Hackgut-Zusammensetzung abgefragt und mit einigen davon vorvertragliche Absichtserklärungen (Lols) zur Brennstofflieferung abgeschlossen. Hieraus ergibt sich die Sicherheit, dass die benötigte Menge von rund 48.000 MWh Endenergie aus den Hackgutkesseln bzw. die hierfür benötigten 65.000-70.000 SRM/a bereitgestellt werden können

Innerhalb der Entwurfsplanung wurde über einen aufbereiteten und an das künftige Netz Bad Saulgaus angepassten Wärmelastgang ein Brennstofflastgang der beiden Hackgutkessel generiert. Die für diese Rückrechnung verwendeten Werte lauten wie folgt:

- Heizwert Hackgut: 720 kWh/srm
- Liefervolumen LKW/Hängerzug: 80 srm/LKW

Der Lastgang der Verbrennungswärmeleistung und die hieraus resultierende Anzahl an LKWs zur Lieferung des Brennstoffs findet sich dargestellt in Anlage 1 und wurde zudem als Excel-Datei unter dem Namen „240208 Lastgänge gesamt“ mit den anderen Dokumenten zum Ende der Leistungsphase 3 „Entwurfsplanung“ in den Projekt-Sharepoint geladen. Als Ergebnis lässt sich ein Spitzen-Verkehr von 33 Lieferungen/Woche aus dem Diagramm lesen. Dies bedeutet unter der Annahme einer Vier-Tage-Woche zu Zeiten des Spitzenbedarfs einen Anlieferverkehr von 8,25 also 9 LKWs/Tag bzw. 720 srm/Tag.

Diese Daten wurden als Grundlage zur Dimensionierung/Auslegung eines Automatik-Laufkranes herangezogen, wie er sich in der vergangenen Vorplanungsphase gegenüber einer Brennstoff-Beschickung mittels Radlader in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hat behaupten können.

Mit dem Ziel eines möglichst automatisierten Anlieferungsvorgangs wurde im Norden des Betriebsgeländes eine 18 m lange LKW-Unterflurwaage mit Kamera-Überwachung und zwei Abkippmulden ebenfalls mit Kamera-Überwachung geplant.

Nach dem Wiegen wird der Brennstoff über Abkippen oder Schubböden von den LKWs bzw. Zügen in eine von zwei Abkippmulden mit je rund 190 m³ geschüttet, wovon ein automatischer 10-t-Laufkran mit einem Mehrschalengreifer von 7 m³ Rauminhalt den Brennstoff in das Wochenlager befördert. Über die beiden nebeneinanderliegenden, jedoch räumlich getrennten Abkippmulden, kann die Anlieferung von unterschiedlichen Brennstoff-Qualitäten zweier unterschiedlicher Brennstofflieferanten gleichzeitig erfolgen.

Innerhalb der Entwurfsplanungsphase wurden die LKW-Abwurfmulden von AxBxT = 8x8x3 m auf 6x6x5,5 abgeändert, damit bei der Entleerung durch einen Mehrschalengreifer mit einem geöffneten Durchmesser von rund 5,4 m weniger Totraum in den Mulden verbleibt und das Volumen effizienter genutzt wird.

Noch nicht beantwortet ist die Frage, ob ein einmaliges Wiegen des Brennstoffes ausreichen soll und auch darf. Die Soll-Frage stellt sich aus Sicht der Heizwerkbetriebsgesellschaft, welcher bei konsequentem Ausnutzen dieser durchaus vertrauensbasierten Abrechnungsform durch den/die Lieferanten eine höhere, denn tatsächlich gelieferte Brennstoffmenge in Rechnung gestellt werden könnte. Dies geschieht dann, wenn die mit mittlerer Tankfüllung im Leergewicht erfassten Lieferfahrzeuge der Lieferanten konsequent mit vollem Tank zur Brennstoff-Anlieferung vorgefahren werden. Entgegenwirken lässt sich der Gefahr durch vereinbarte unangekündigte Stichproben zur Leergewichtserfassung mit vertraglich vereinbarter Möglichkeit der Leergewichtskorrektur zum Ende der Abrechnungsperiode. Es muss betont werden, dass auch die Lieferanten von der einmaligen und dadurch schnelleren Wiegung profitieren und deshalb ein eigenes Interesse am Funktionieren dieser Abrechnungsform haben sollten. Die Frage des „Dürfens“ stellt sich wegen der noch nicht finanzrechtlich / buchhalterisch geklärten Vorgaben. Selbige Frage an die BImSch-Genehmigungsbehörde gestellt, ergab dass es von dieser Seite keine Forderung zur zweifachen Wiegung bzgl. Unterscheidung unterschiedlicher Brennstoffqualitäten, so z.B. Brennstoffmengen mit und ohne Mengen-Limitierung, gibt.

Ziel der Brennstofflogistik ist es den Hackgutkesseln möglichst automatisiert einen möglichst homogenen Brennstoff zuzuführen, damit möglichst ohne Personaleinsatz ein von den Kesseln möglichst leicht bzw. konstant zu regelnder Verbrennungsprozess mit möglichst geringen Emissionen erreicht werden kann. So werden im ersten Schritt zur Homogenisierung, die gelieferten Brennstoff-Chargen über Eingabe der Lieferanten in einem Bedienpanel des Automatikkranes je nach Sorte/Feuchte in unterschiedlichen Bereichen des Wochenlagers abgelegt.

Diese Unterscheidung sollte drei bis maximal vier unterschiedliche Fraktionen nicht überschreiten, da einerseits der Platz im Wochenlager sonst nicht optimal genutzt werden kann und andererseits die Programmierung des Kranes unüberschaubar groß werden würde. Die Lagerung der verschiedenen Fraktionen im Wochenlager erfolgt ohne räumliche Trennung, so dass es in den Übergangsbereichen der verschiedenen flexibel und in der Größe variabel zu programmierenden Zonen zwangsläufig zu einer Vermischung der Fraktionen kommt.

Aus dem Wochenlager heraus wird der Brennstoff in wechselnden Schaufeln aus den unterschiedlichen Fraktionen in die beiden Tagesbunker gefüllt. Zur Entzerrung der Kranlaufzeiten erfolgt die Beschickung der Tagesbunker vornehmlich in den Zeiten außerhalb der Brennstoffanlieferung, d.h. zwischen 17-07 Uhr.

Die verwendbaren Brennstoff-Fraktionen richtet sich nach Anhang 1 der Förderrichtlinien BEW und stellt sich wie folgt dar:

1. Landschaftspflegereste von privaten, kommunalen, Siedlungs- und Naturschutzflächen,
2. Straßenbegleitgrün,
3. Stroh und strohähnliche Biomasse,
4. Ernterückstände
5. Treibgut aus Gewässerpflege (Treibholz),

6. Feste industrielle Substrate (Schalen, Hülsen, Trester),
7. Sägerestholz (Späne, Schwarten, Spreisel),
8. Unbehandelte Resthölzer, wenn stofflich nicht nutzbar
9. Altholz der Kategorie A1,
10. Altholz der Kategorie A2

Von einer Verbrennung der Brennstoff-Fractionen wir vorangegangen unter 3., 4. und 6. aufgeführt wird mangels regionaler Verfügbarkeit und Eignung für die geplante Kessel-Feuerungstechnik verzichtet. Ebenso wird von einer Verbrennung von Altholz der Kategorie A3 trotz Förderfähigkeit nach BEW abgesehen, da dieser Brennstoff einen immis-sionsschutzrechtlichen Betrieb nach 17. BImSchV (Abfallverbrennungs- oder -mitver-brennungsanlage) anstelle nach 44. BImSchV bedingen würde.

Gleichgeartet würde sich der Wechsel in der Anlagen-Einstufung nach 4. BImSchV er-geben, wenn bei der Verbrennung von Altholz AI und AII eine Grenze von 3 t/h für beide Hackgutkessel überschritten würde. Überraschend wurde zudem von der Geneh-migungsbehörde die Frage aufgeworfen, ob für die Einhaltung dieses Grenzwertes über die Brennstofffraktionen Altholz AI und AII hinaus, nicht auch alle weiteren Brennstoffe limitiert seien, sofern Sie mit einem Abfallschlüssel nach Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) versehen seien. Dieser wichtigen Frage soll in Zusammenarbeit mit der Geneh-migungsbehörde nun nachgegangen werden.

Die Brisanz der Frage steigt und fällt dann ergänzend noch mit der Antwort auf die Sub-Frage, ob als Bezugsgröße für diesen Grenzwert der Brennstoff als „absolut trocken“ (t-atro/h) oder mit „variierendem Feuchtegehalt“ (t-lutro/h) herangezogen werden muss. Hieraus ergeben sich große Unterschiede für den Betrieb, da der spezifische Brennwert von lufttrockenen Hackschnitzeln mit einem Feuchtegehalt von 30-60 %, im Mittel also bei 45 % Feuchte, am Beispiel von Laubholz-Hackschnitzeln nur bei etwa 2,45 kWh/kg liegt, bei einem Wassergehalt von 0 % hingegen bei 5,0 kWh/kg. Stellt man eine von der Brennstofffeuchte unabhängige Feuerungswärmeleistung der Kessel zur Annahme ergeben sich folgende Unterschiede in der Bewertung der Brennstoffmassenströme bei-der Hackgutkessel:

Die maximale Brennstoffleistung in der Bewertung nach t-atro errechnet sich wie folgt:

$$Q_{\text{Brennstoff,max}} = \frac{Q_{\text{Kessel,Nenn}}}{\eta_{\text{Kessel}}} / \text{Heizwert}_{\text{atro}} = \frac{2 \times 8.000 \text{ kW}}{87,6 \%} / 5,0 \frac{\text{kWh} \times 1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}}$$

$$Q_{\text{Brennstoff,max}} = 3,653 \text{ t} - \text{atro/h}$$

Die maximale Brennstoffleistung in der Bewertung nach t-lutro errechnet sich analog:

$$Q_{\text{Brennstoff,max}} = \frac{Q_{\text{Kessel,Nenn}}}{\eta_{\text{Kessel}}} / \text{Heizwert}_{\text{lutro,60\%}} = \frac{2 \times 8.000 \text{ kW}}{87,6 \%} / 2,45 \frac{\text{kWh} \times 1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}}$$

$$Q_{\text{Brennstoff,max}} = 7,455 \text{ t} - \text{lutro/h}$$

Es folgt hieraus die Erkenntnis, dass die mit den geplanten Kesseln maximal erreichbare Brennstoffleistung in der Bewertung der Brennstoffe als „absolut trocken“ nur um 21,77 % über der maximal zulässigen Leistung für Brennstoffe mit Abfallschlüssel liegt, in der Bewertung der Brennstoffe mit gegebener, also bis zu 60%iger Feuchte, fast bis zu 150 % darüber.

Eine Auswertung der der Planung zugrunde gelegten Lastgänge zeigt, dass die Schwelle in der Bewertung nach „Brennstoff absolut trocken“ voraussichtlich nur an rund 40 h/a überschritten wird, also nur an rund 40 h/a ein Anteil von 21,77 % Brennstoff ohne Abfallschlüssel bereitgestellt können werden muss, um innerhalb des emissionschutzrechtlichen Rahmens der 44. BImSchV zu bleiben, wohingegen die Schwelle in der Bewertung der Brennstoffe mit einer Feuchte von 35 % als realistisches Mittel bzw. 60 % als Maximum zu einer Überschreitung an 2.460 h/a bzw. 3.020 h/a führen würde.

Bezogen auf die Menge machen die Brennstoffe ab Überschreitung der Grenze von 3 t-atro/h bzw. 3 t-lutro/h bei 40 % mittlerer Feuchte am Jahres-Brennstoffbedarf Anteile von 0,31 und 58,87 % aus. Diese große Spanne verdeutlicht die Dringlichkeit zur klaren Beantwortung auf welche Bezugsgröße der Schwellwert von 3 t/h bezogen werden muss.

6. Hackgutkessel:

6.1. Kessel-Nennleistung

Nachdem durch Los 2 innerhalb der Vorplanung der Netzwärmebedarf konkretisiert wurde, bestätigte sich die in der Vorplanung festgelegte Kesselgröße von 2 x 8 MW Nennleistung zzgl. etwa 1,5 % Gewinn durch die Verbrennungsluftvorerwärmung.

Durch einen Rückgang des angenommenen Jahreswärmebedarfs aller Anschlussnehmer von 56.000 MWh/a auf 48.000 MWh/a innerhalb der Planungen von Los 2 reduzierten sich zu einem Besseren die mittleren Jahresvollbenutzungsstunden der beiden Hackgutkessel von vormals 3.014 h/a auf 2.565 h/a.

Diese Auslastung bestätigt die Richtigkeit der gewählten Kesselleistungen, auch wenn die im vorangegangenen Punkt erwähnte kurze Dauer von nur 40 h/a über der Schwelle von rund 80 % Auslastung den Gedanken einer Überdimensionierung aufkommen lassen würde.

6.2. Steigerung der Brennstoffausbeute

Dem Beschluss des Projektsteuerungsgremiums vom Ende der Vorplanungsphase folgend, sollte die Rauchgaskondensation als Technik zur Effizienzsteigerung ein weiteres Mal vertieft innerhalb der Entwurfsplanungsphase untersucht werden.

Diese Möglichkeit zur Erhöhung der Brennstoffausbeute sollte losgelöst von der unumstößlich geplanten Luftvorerwärmung untersucht werden.

Tatsächlich gab es innerhalb der Entwurfsplanungsphase keine neuen oder geänderten Erkenntnisse oder Fakten zur Rauchgaskondensation. Eine kurze Wiederholung der Grundlagen wie folgt:

Technisch wird bei der Rauchgaskondensation i.d.R. der Hauptrücklauf des Netzes verwendet, um über einen Gas-Wasser-Wärmeübertrager die im Rauchgas des Wärmeerzeugers enthaltene sensible und latente Restenergie bis zum unteren Kondensationspunkt an das Heizungsnetz zu übertragen. Bei der kurzen Verweilzeit, welche das Rauchgas sich im Wärmeübertrager befindet, muss die Wasserseite des WÜ dementsprechend kalt sein, damit es überhaupt zu einer stabilen Kondensation des Rauchgases kommt. Aus Sicht der Haltbarkeit ist es zwingend erforderlich, dass dieser Prozess verlässlich nass also kondensierend stattfindet, da es sonst sehr schnell zu einer Heißgas-Korrosion am WÜ kommt und dieser außer Betrieb genommen werden muss.

Als realistischer Mehrwert einer Rauchgaskondensation können 10 % Wirkungsgradsteigerung also Brennstoffausbeute in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung angenommen werden.

Als brachen-typische Daumenwerte zum Beginn der Wirtschaftlichkeit einer Rauchgaskondensation gelten folgende Werte:

- Beginn der Wirtschaftlichkeit bei Heißwasser-Kesseln bei einer Netzurücklauftemperatur von 50 °C, da über eine vom Kessel-Vorlauf angetriebene Absorptions-Kältemaschine der Netzurücklauf vor Eintritt in den Rauchgas-Wärmeübertrager auf Temperaturen kleiner-gleich 40 °C abgekühlt werden kann.

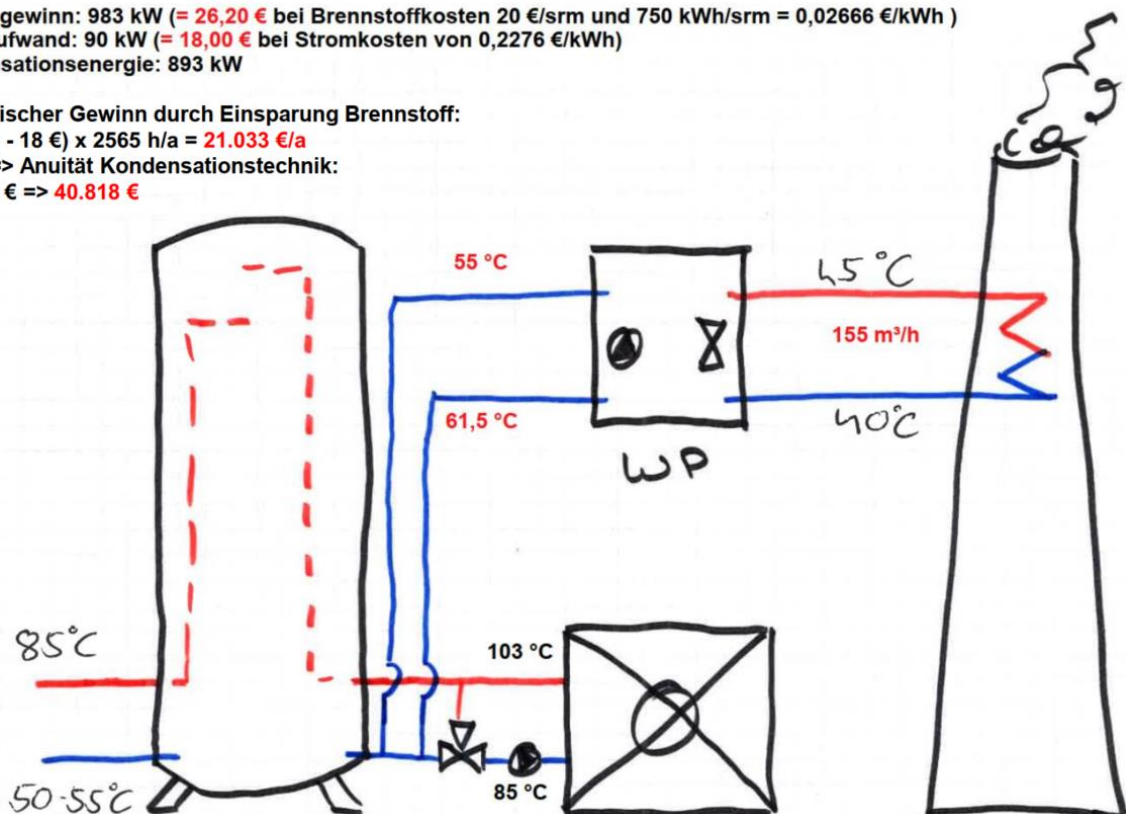
- Beginn der Wirtschaftlichkeit bei Warmwasser-Kesseln bei einer Netzurücklauf-temperatur von kleiner-gleich $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, da sich i.d.R. eine stromgestützte Abkühlung des Netzurücklaufs von oberhalb $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf diesen Wert auf Grund der Kostenverhältnisse von aufgewendeter elektrischer Energie zu eingesparter Brennstoff-Energie nicht rechnet.

Unter Berücksichtigung einer angenommenen Netzurücklauf-temperatur von $53\text{ }^{\circ}\text{C}$ und dem Fakt der Verwendung von Warmwasserkesseln wurde bei einem favorisierten Wärmepumpenhersteller eine entsprechende Maschine angefragt bzw. technisch ausgelegt. Die Ergebnisse sind in nachfolgendem Schema dargestellt - darin enthalten der bei den Stadtwerken Bad Saulgau zur Kalkulation angefragte Strompreis von $22,76\text{ Cent/kWh}$ und der bei einem der potentiellen Lieferanten angefragte Hackschnitzelpreis von 20 €/srm bei einem Energiegehalt von 750 kWh/srm .

Die Einbindung der WP in die Rauchgaskondensation über einen Kältezwischenkreis zeigte sich hierbei im Austausch mit dem Wärmepumpenhersteller als deutlich wirtschaftlicher, wie die vorangegangenen bei Heißwasserkesseln beschriebene direkte Durchleitung eines mittels ABKM abgekühlten Teilstromes aus dem Netzurücklauf. Es lässt sich im weiteren Erkennen, dass trotz eines Preisverhältnisses Strom/Brennstoff von $8,54$ rein auf die Arbeitskosten geschaut mit einem positiven Ergebnis von 21.033 €/a rechnet. Bei einem der Rechnung zu Grunde gelegten Mischzinssatz von $3,0\%$ auf 20 Jahre stellen sich die Investitionskosten von rund 610.000 € allein für die Kondensationsanlage ohne die Wärmepumpe mit sich daraus ergebenden Annuitäten von fast 41.000 €/a jedoch als fast doppelt so hoch heraus, wie der jährliche Vorteil an Energiekosten von 21.033 €/a .

Energiegewinn: 983 kW (= $26,20\text{ €}$ bei Brennstoffkosten 20 €/srm und $750\text{ kWh/srm} = 0,02666\text{ €/kWh}$)
Stromaufwand: 90 kW (= $18,00\text{ €}$ bei Stromkosten von $0,2276\text{ €/kWh}$)
Kondensationsenergie: 893 kW

Theoretischer Gewinn durch Einsparung Brennstoff:
($26,20\text{ €} - 18\text{ €}$) $\times 2565\text{ h/a} = 21.033\text{ €/a}$
Invest => Annuität Kondensationstechnik:
 $609.230\text{ €} \Rightarrow 40.818\text{ €}$

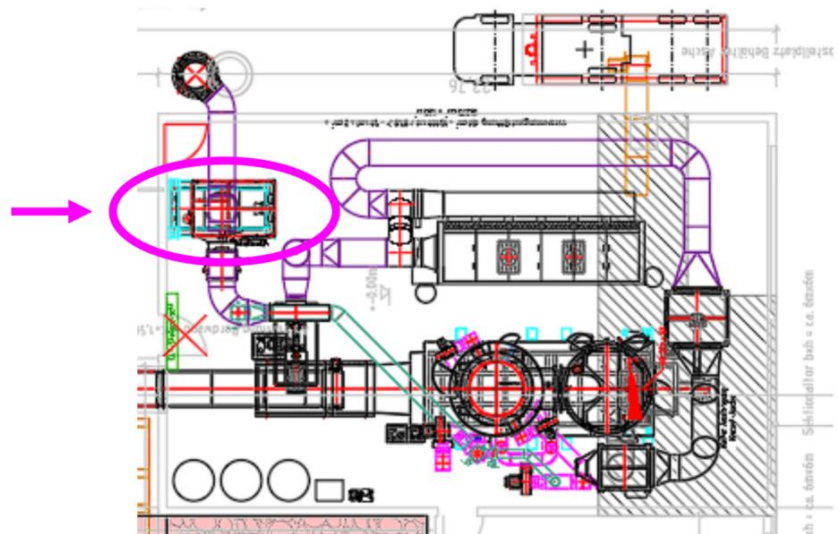


Dieses Ergebnis untermauernd und dem Kapitel der neu zu planenden Wärmepumpe in der Sonnenhoftherme vorausgreifend, muss betont werden, dass eine Einspeisung der zumindest innerhalb der Winterhalbjzeit von der neuen Großwärmepumpe erzeugten Energie von rund 1.250 kW in den Netzurücklauf den wirtschaftlichen Voraussetzungen einer Rauchgaskondensation direkt widerspricht. Es müsste dann entweder eine Entweder-Oder-Entscheidung für/wider WP vs. Rauchgaskondensation gefällt werden, oder aber die WP der Sonnenhoftherme müsste auch in Zeiten eines ausreichend hohen Volumenstromes innerhalb der Winterhalbjzeit mit einem COP von 3,80 anstelle 4,38 betrieben werden (Kostennachteil: $\approx 53.800 \text{ €}$).

Als letzter Punkt muss wie bereits in den Ergebnissen der Vorplanung erwähnt, wiederholt werden, dass selbst bei Anschaffung einer Kondensationsanlage für einen oder beide Hackgutkessel diese im Bypass umfahren werden müsste, wenn Straßenbegleitgrün mit hohen NaCl-Werten oder Altholz der Klasse AII als Brennstoff verwendet werden.

Allen aktuellen Gegenargumenten zum Trotz wurde festgelegt, dass eine Rauchgaskondensation dennoch bzgl. des dafür benötigten Platzbedarfs in beiden Kesselhäusern zur Nachrüstbarkeit vorbereitet werden soll.

**Vorhaltung Platz zur
Nachrüstung einer
Rauchgaskondensation**



7. Fossile Spitzenlast im Bestand

Teils als Wiederholung teils zur Aktualisierung soll an dieser Stelle erneut ein kurzer Überblick über die bestehenden fossilen Wärmeerzeuger im Stadtgebiet zur Sicherstellung des Spitzenlast-Wärmebedarfs gegeben werden:

- BHKWs (Erdgas):
 - 372 kWth BHKW Sonnenhoftherme
 - 818 kWth BHKW Hallenbad (noch rund 2,5 Jahre Rest-Lebensdauer)
- Gaskessel (Erdgas):
 - 1.120 kWth Gaskessel Brechenmacher
 - 575 kWth Gaskessel Brechenmacher
 - 3.575 kWth Gaskessel Sonnenhoftherme (3 Stk.)

Sowohl die BHKWs als auch die Gaskessel im Bestand sind gut gewartet und können bis zum Ende ihrer Betriebszeit weiter genutzt bzw. zur Spitzenlast-Abdeckung des künftigen Netzes fest eingeplant werden. Das BHKW der Sonnenhoftherme erfüllt zudem noch den Zweck der Notstromversorgung für das benachbarte Klinikum. Beim BHKW der Sonnenhoftherme stellt sich Frage, inwieweit dieses überhaupt noch für den Betrieb des Netzes berücksichtigt werden soll oder kann.

Bei einer benötigten Spitzenlast der Erzeugung, welche sich über die Jahreswärmebedarfsermittlung von Los 2 und einem aufbereiteten und auf diesen Wärmebedarf zuzüglich Netzverluste skalierten Nahwärme-Vergleichslastgang in der Höhe von 21,86 MW ergibt, wird unter Berücksichtigung der drei neuen Haupt-Wärmeerzeuger (2 Stk. Hackgutkessel, 1 Stk. Wärmepumpe) ein Spitzenlast von $21,860 - 17,465 \text{ MW} = 4,395 \text{ MW}$.

Bei einer vorhanden fossilen Leistung im Bestand von 6,455 MW bzw. 5,637 MW ohne das BHKW des Hallenbads stellt sich eine Abdeckung der benötigten Spitzenlast in der Endausbaustufe des Netzes von 128 % dar. Die Abdeckung ist damit gesichert.

Eine Darstellung der geordneten Jahresdauerlinie mit den vorgenannten Wärmeerzeugern findet sich im Anhang 2.

8. Wärmepumpe Sonnenhoftherme

Neben den im vorangegangenen Kapitel behandelten Hackgutkesseln wurde die neue Wärmepumpe der Sonnenhoftherme als weiterer zentraler Wärmeerzeuger im künftigen Netz der Stadt Bad Saulgau auch innerhalb der Leistungsphase 3 weiter beplant. Wenngleich leider lange Zeit einem Missverständnis bzgl. eines von den Stadtwerken zur Verfügung gestellten Lastgangs zum abgebadeten Wasser aufgesessen wurde, zeigte sich gegen Ende der Entwurfsplanungsphase doch ein verhältnismäßig einfaches technisches Konzept, welches im Folgenden kurz zusammengefasst werden soll:

8.1. Grundlagen der Auslegung:

Als Grundlage für die Auslegung der neuen Wärmepumpe müssen folgende Eckpunkte aufgeführt werden:

- Die Sonnenhoftherme ist bis auf eine Dauer von rund 10 Tage/a Betriebsunterbrechung für Revisionsarbeiten ganzjährig geöffnet und das im Badebetrieb anfallende abgebadete Thermalwasser muss dann ganzjährig enthitzt werden.
- Als Zieltemperatur für das enthitze Thermalwasser besteht seitens der Genehmigungsbehörde die Forderung einer Abkühlung auf 20 °C bis zum Ort der Versickerung, welcher sich lt. Information der Stadtwerke rund 2 km nach Austritt aus der Sonnenhoftherme befindet.
- Als Ziel-/Wunschtemperatur seitens der Stadtwerke Bad Saulgaus wurde darüber hinaus eine Abkühlung auf 15 °C oder kälter vorgeschlagen. Dies wohlge-merkt bereits nach der ersten Erkenntnis, dass eine Integration der Wärme in das Netz während der Sommermonate mit großen technischen Herausforderungen verbunden ist.
- Als weiteres Ziel wurde der Wunsch seitens der Stadtwerke geäußert, mit der neuen Wärmepumpe als ersten Grundlasterzeuger im Erzeuger-Mix den in der vorangegangenen Vorplanungsphase dargestellten Anteil von 20 % an der Gesamtenergieerzeugung möglichst zu halten. Eine Rückrechnung über Anteil an der Energieerzeugung sowie Vollbenutzungsstunden abzüglich der 10 Tage Revisionsunterbrechung für den Betrieb der Sonnenhoftherme ergibt eine benötigte mittlere Wärmeleistung von 1.225 kW.

8.2. Eingangs-Parameter des abgebadeten Thermalwassers:

Nachdem in der vorangegangenen Vorplanungsphase als Eingangs-Parameter des abgebadeten Thermalwassers etwas zu optimistische Werte für die Auslegung des Dauerbetriebes der neuen Wärmepumpe angenommen wurden, sollten diese in der Entwurfsplanungsphase verifiziert werden.

Hierbei ergab sich eine zufriedenstellende Klarheit bei der Größe des Volumenstromes. Es konnten Förder- und Abwassermengen über die vergangenen zehn Betriebsjahre anhand valider Daten der Sonnenhoftherme subtrahiert und gemittelt werden, woraus sich ein ggü. der vorangegangenen Planungsphase leicht nach unten korrigierter Wert von 48,25 m³/h ergab.

Etwas unklarer zeigte sich die Antwort auf die Frage nach der Quell-Eingangstemperatur. Während im Energiegutachten der Fritz Planung GmbH zur Sonnenhoftherme ein Wert von 36 °C aufgezeigt wurde, beträgt die mittlere Temperatur des eingangs erwähnten Lastgangs aus der Aufzeichnung nach der Abwasser-Doppelpumpe nur einen Wert von 28,87 °C. Ohne zu wissen, mit welcher Leistung die alten vorhandenen Wärmepumpen im Jahr der Datenaufzeichnung das abgebadete Wasser enthielten, kann nicht auf einen Temperaturwert vor der Enthitzung zurückgerechnet werden. Es wurde in Abstimmung mit den Stadtwerken deshalb als Auslegungsgröße der Mittelwert beider „im Raum stehender“ Temperaturen verwendet. Dieser stellt sich mit 32,44 °C ggü. dem alten Wert von 35 °C aus der vorangegangenen Planungsphase auch etwas niedriger dar.

8.3. Neue Auslegung:

Aus den Ergebnissen der Vorplanung von Los 2 hatte sich ergeben, dass der wirtschaftlichste Betrieb der Großwärmepumpe in der Sonnenhoftherme erreicht wird, wenn diese über zwei verschiedenen Betriebsweisen in das Netz eingebunden wird.

Die beiden Betriebsmodi stellen sich wie folgt dar:

- Sommerbetrieb
 - Einbindung der WP-Vorlauf in den Netz-Vorlauf
 - Temperatur-Hub 53 °C => 75 °C
 - Anteil Sommerbetrieb: 35 %
- Winterbetrieb
 - Einbindung der WP in den Haupt*-Netz-Rücklauf (*zur Sicherstellung Durchfluss)
 - Temperatur-Hub 53 °C => 63 °C
 - Anteil Winterbetrieb: 65 %

Diese Auslegungsparameter einem ausgewählten WP-Hersteller für Maschinen in dieser Leistungsgröße geschickt ergab folgendes Ergebnis:

- Sommerbetrieb
 - WP-Rücklauf: 15,6 °C
 - Heizleistung: 1,250 W
 - COP: 3,80
- Winterbetrieb
 - WP-Rücklauf: 15,0 °C
 - Heizleistung: 1238 W
 - COP: 4,38

Als Fazit lässt sich zusammenfassen, dass mit der neuen Auslegung zum einen alle von Behörden- und Auftraggeber-Seite genannten Ziele erreicht wurden und zudem ggü. der ersten Auslegung aus der Vorplanungsphase der COP für beide Betriebsmodi, von vormals 3,43 auf nun 4,18 über das Jahr gemittelt deutlich verbessert wurde.

8.4. Betriebskostenförderung (Modul 4 BEW):

Wenngleich das Thema Fördermittel-Management nicht Planungsinhalt von Los 1 ist, soll an dieser Stelle kurz auf die Betriebskostenförderung des Modul 4 der BEW „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ eingegangen werden und ein knapper Vergleich der Arbeitskosten der Wärme aus den Hackgutkesseln und aus der geplanten WP aufgestellt werden.

Unter Berücksichtigung eines Jahresbedarfs an Hackschnitzeln von rund 65.000 srm lässt sich ein Brennstoffpreis von 18 €/srm bei einem Heizwert von 720 kWh/srm annehmen. Ergänzt um einen Jahresnutzungsgrad von 85 % und unter Vernachlässigung des Bedarfs an Hilfsstrom ergibt sich ein Arbeitspreis der Wärme am Ausgang der Hackgutkessel ohne Abschreibung der Investitionen von 2,94 Cent/kWh.

Analog ergibt sich für die gewählte Wärmepumpe bei einem von den Stadtwerken Bad Saulgau genannten Strom-Einkaufspreis von 22,76 Cent/kWh und dem zuvor über das Jahr gemittelte COP von 4,18 ein Arbeitspreis der Wärme am Ausgang der Wärmepumpe ohne Abschreibung der Investitionen von 5,44 Cent/kWh.

Die über das Modul 4 des BEW definierte Betriebskostenförderung für Wärmepumpen dieser Leistungsgröße unterscheidet im ersten Schritt zwischen Betriebsstrom aus Eigenenerzeugung ohne Durchleitung durch das öffentliche Netz und fremdbezogenem Strom. Da für die geplante WP zum heutigen Stand von keiner ausreichenden Eigenstromversorgung ausgegangen werden kann, muss die für den Strom-Fremdbezug geltende Formel verwendet werden. Für den als Eingangsgröße benötigte Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) wird vereinfacht der gemittelte COP der beiden Betriebsmodi Sommer-/Winterbetrieb verwendet. Nachfolgend die Berechnungsformel aus dem Modul 4 und tabellarisch die sich daraus ergebende Förderung bezogen auf die erzeugte Wärme dargestellt:

$$\left[5,5 - \left(6,8 - \frac{17}{SCOP} \right) * 0,75 \right] * \left(\frac{SCOP}{SCOP - 1} \right)$$

SCOP	Förderbetrag		
	Cent/kWh _{th(Quelle)}	Cent/kWh _{th(Senke)}	
-			
3,80	5,10	3,61	Sommerbetrieb 35 %
4,38	4,29	3,04	Winterbetrieb 65 %
4,18	4,57	3,24	Mittelwert

Da die Betriebskostenförderung nur für die ersten 10 Jahre des Betriebes gezahlt wird, ergibt sich folgendes Bild für den Vergleich der Arbeitskosten zwischen Hackgutkessel und Wärmepumpe:

	Hackgutkessel	Wärmepumpe
Arbeitspreis roh	2,94 Cent/kWh	5,44 Cent/kWh
Förderung auf 10 Jahre	-	3,24 Cent/kWh
Förderung auf 20 Jahre (linear verteilt)	-	1,62 Cent/kWh
Arbeitspreis nach Förderung auf 10 Jahre	2,94 Cent/kWh	2,20 Cent/kWh
Arbeitspreis nach Förderung auf 20 Jahre	2,94 Cent/kWh	3,82 Cent/kWh

Es zeigt sich, dass unter Berücksichtigung der Betriebskostenförderung aus dem Modul 4 des BEW die gewählte WP während der ersten 10 Jahre Betrieb zu günstigeren Arbeitskosten Wärme für das geplante Netz produzieren kann, wie die Hackgutkessel. Verteilt man die in den ersten 10 Jahren erhältliche Betriebskostenförderung jedoch auf einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren oder mehr, ist trotz Betriebskostenförderung die Wärme aus den Hackgutkesseln wieder im Vorteil.

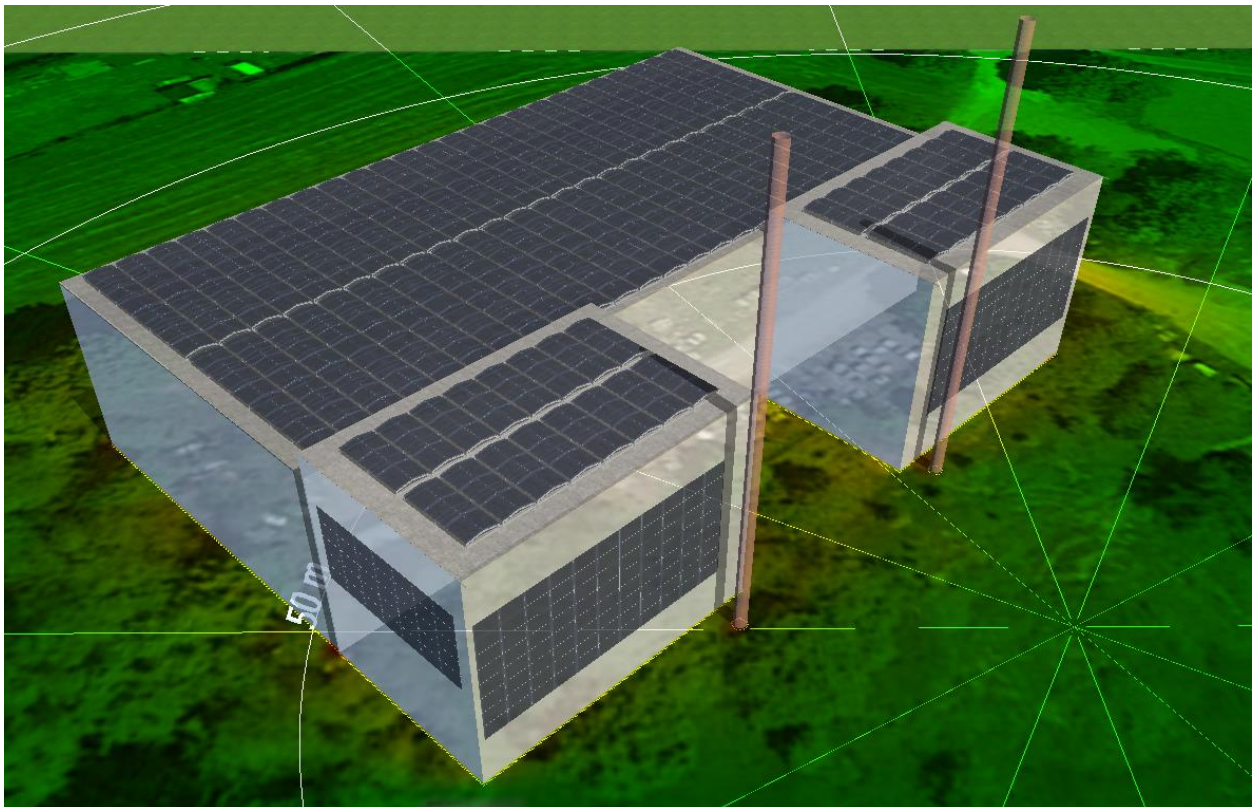
9. PV-Nutzung Heizzentrale

Verhältnismäßig wenig Änderungen ergaben sich während der Entwurfsplanungsphase in der Planung der gebäudenahen PV-Nutzung für die Heizzentrale.

Vorbehaltlich einer Mehrung/Minderung der installierbaren Leistung von $\pm 10\%$ durch das Zusammenspiel mit der Detailplanung der Architektur innerhalb der Werkplanung, sowie weiterer Effizienzsteigerung bei den PV-Modulen stellt sich die Aufteilung der möglichen PV-Nutzung wie folgt dar

Installationsfläche -	Modul-Zahl Stk.	Leistung kW _{Peak}	Ertrag/a kWh/a
Dach Wochenlager	800	356	366.680
Dächer Kesselhäuser	192	85	87.550
Fassaden Kesselhäuser	211	94	70.890
Gesamt	1.203	535	52.5120

Nachfolgend dargestellt ein Bild aus der Ertragssimulation mit Hilfe der Planungssoftware PVSol-Premium:



Eine Zusammenstellung relevanter Strom-Verbrauchs- und PV-Erzeugungsdaten anhand modellierter Lastgänge findet sich in folgender Tabelle:

Netzpumpen

spezifische Stromaufnahme Hauptpumpen (KSB Etanorm 125-100-250)	0,2188 kW/m ³
spezifischer Wärmeinhalt Heizungswasser	0,0300 m ³ /kW

Krananlage

Stromverbrauch Steuerung	0,5000 kW
spezifischer Stromverbrauch der Brennstoffförderung	0,0002 kWel/kWth

Kennwerte Strom

Netzpumpenstrom max	136	kW
Hilfsstrom Hackgutkessel max	216	kW
Hilfsstrom Summe max	355	kW
Jahresstrombedarf Netzpumpen	342.432	kWh
Jahresstrombedarf Krananlage	15.547	kWh
Jahresstrombedarf Kessel	541.780	kWh
Jahresstrombedarf gesamt	899.758	kWh

Auswertung PV ohne TÖK-ORC

Hilfsstrombedarf gesamt	899.758	kWh
Eigenverbrauch PV (absolut)	198.189	kWh
Eigenverbrauch PV (Rate)	39,13	%
Erzeugung PV	506.479	kWh
Überschusseinspeisung PV	308.289	kWh
Hilfsstrom Netzbezug	701.569	kWh
Autarkiegrad	22,03	%

10. Heiz- und Kühlaufgaben innerhalb der Heizzentrale

10.1. Rückkühlung Räume mit elektrischen Verlustlasten

Für die Rückkühlung der elektrischen Schaltanlagen innerhalb der Heizzentrale musste während der Entwurfsplanungsphase der innerhalb der vorangegangenen Planung noch zu konservativ angenommene Rückkühlbedarf deutlich, d.h. um Faktor 4 nach unten korrigiert werden. Ebenso wurde vom System einer Luft-Wasser-Wärmepumpe auf eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe gewechselt. Der Wärmeentzug in den drei Räumen ELT-Anschlussraum und den beiden Leitwarten erfolgt über wassergeführte Kühlkassetten. Der Kaltwasser-Zwischenkreis der Kühlkassetten führt zu einem Kaltwasser-Speicher, welcher als hydraulische Weiche zwischen den Kühlkassetten und der zur Rückkühlung verwendeten Wasser-Wasser-Wärmepumpe dient. Als Wärmesenke der Wärmepumpe dienen die Pendelleitungen der 4 Stück 120 m³-Pufferspeicher. Somit ist eine in Bezug auf die verhältnismäßig kleine Wärmepumpe nahezu unerschöpfliche Wärmesenke bereitgestellt.

Aufgestellt werden soll die Wärmepumpe zzgl. Kaltwasser-Speicher neben der zentralen Druckluftherzeugung auf der Galerie über den Räumlichkeiten Umkleiden, Werkstatt, Labor im südwestlichen Anbau des Wochenlagers.

10.2. Beheizung Lager (Ersatzteile) und Abfuhr Verlustwärme aus Hackgutkesselhäusern

Für das Lager (Ersatzteile) im südwestlichen Anbau des Wochenlagers stellte sich als Raum ohne dauerhaften Personenaufenthalt, sowie situiert außerhalb der thermischen Hülle die Frage nach der wirtschaftlichen und ökologischen Sinnhaftigkeit einer festen Raumbeheizung. Da sich ohne Frage ein höherer Komfort für Wartungs- und

Instandhaltungspersonal ergibt, wenn im Winter Reparaturen innerhalb eines zumindest überschlagenen Raumes erledigt werden können, denn in einem vollkommen unbeheizten, lag die Idee nahe die sich anders kaum nutzbare Verlustwärme zumindest des südlichen Hackgut-Kesselhauses hierfür zu nutzen. Aus der Erfahrung anderer Projekte stellt sich in Kesselhäusern ohne mechanischer Belüftung während der Heizperiode unter der Decke eine Lufttemperatur von bis zu 50 °C ein. Diese wird i.d.R. über einen verhältnismäßig höheren Anteil an Verbrennungsluftöffnungen im oberen Teil der Außenwände als Verlustleistung über das Prinzip der freien Konvektion nach Außen gelüftet.

Ohne dieses Prinzip der freien Abfuhr unnützer Wärme stören zu wollen, wurde zum Abschluss der Entwurfsplanung für das südliche Hackgutkesselhaus ergänzend eine mechanische Warmluftabsaugung als Luftheizung für das Lager (Ersatzteile) geplant.

Die konservativen Auslegungsparameter lauten:

- Warmluft-Quelle Kesselhäuser: 40 °C
- Raumluft-Soll-Temperatur Lager (Ersatzteile): 10 °C
- Heizlast Lager (Ersatzteile) bei 80 W/m²: 22 kW

Es resultieren hieraus folgende Größen der Luftheizung:

- Benötigter Volumenstrom bei $\Delta 30$ K und 22 kW: 2.000 m³/h
- Benötigter Rohrdurchmesser bei 3 m/s: DN500

Als Einbauteile für dieses System des Warmluft-Recyclings werden lediglich:

- Brandschutz-Klappe am Ausgang des Kesselhauses
- Luftfilter-Einbaukasten mit grob und Feinfilter
- Rohrventilator mit Steuerung über Raumtemperaturfühler im Lager (Ersatzteile)

10.3. Beheizung der Räume innerhalb der thermischen Gebäudehülle

Für alle Räume innerhalb der thermische Hülle wurde eine klassische Fußbodenflächenheizung mit einer Spreizung von VL/RL = 45/38 °C geplant.

Hierzu zählen die Räume Labor, Werkstatt, Umkleiden/Duschen im südwestlichen Anbau des Wochenlagers, sowie die Aufenthaltsräume im „schwebenden Gebäudeteil“ zwischen den beiden Hackgut-Kesselhäusern

11. Bilanzierung der Wärmeerzeuger im abgestimmten Konzept zum Abschluss

Analog zum Vorplanungsbericht sollen zum Abschluss dieser Erläuterung zur Entwurfsplanungsphase die wesentlichen Bilanzierungs-Kennwerte aufgezeigt werden (vgl. auch Anhang 3):

Anteile Endenergie:

- Strom (ohne WP > 500 kW)	0,7 %
- Strom (für WP > 500 kW)	5,5 %
- Hackschnitzel	93,6 %
- Erdgas	0,1 %

Verteilung Endenergienutzung:

- Erneuerbare Energien	99,87 %
- davon verbrennungsfreie Wärmeerzeugung	21,17 %
- Wärme aus BHKWs	0,08 %

Primärenergiefaktor 0,268

CO₂-Einsparung ggü. Gesamt aus Erdgas -8.365 t/a

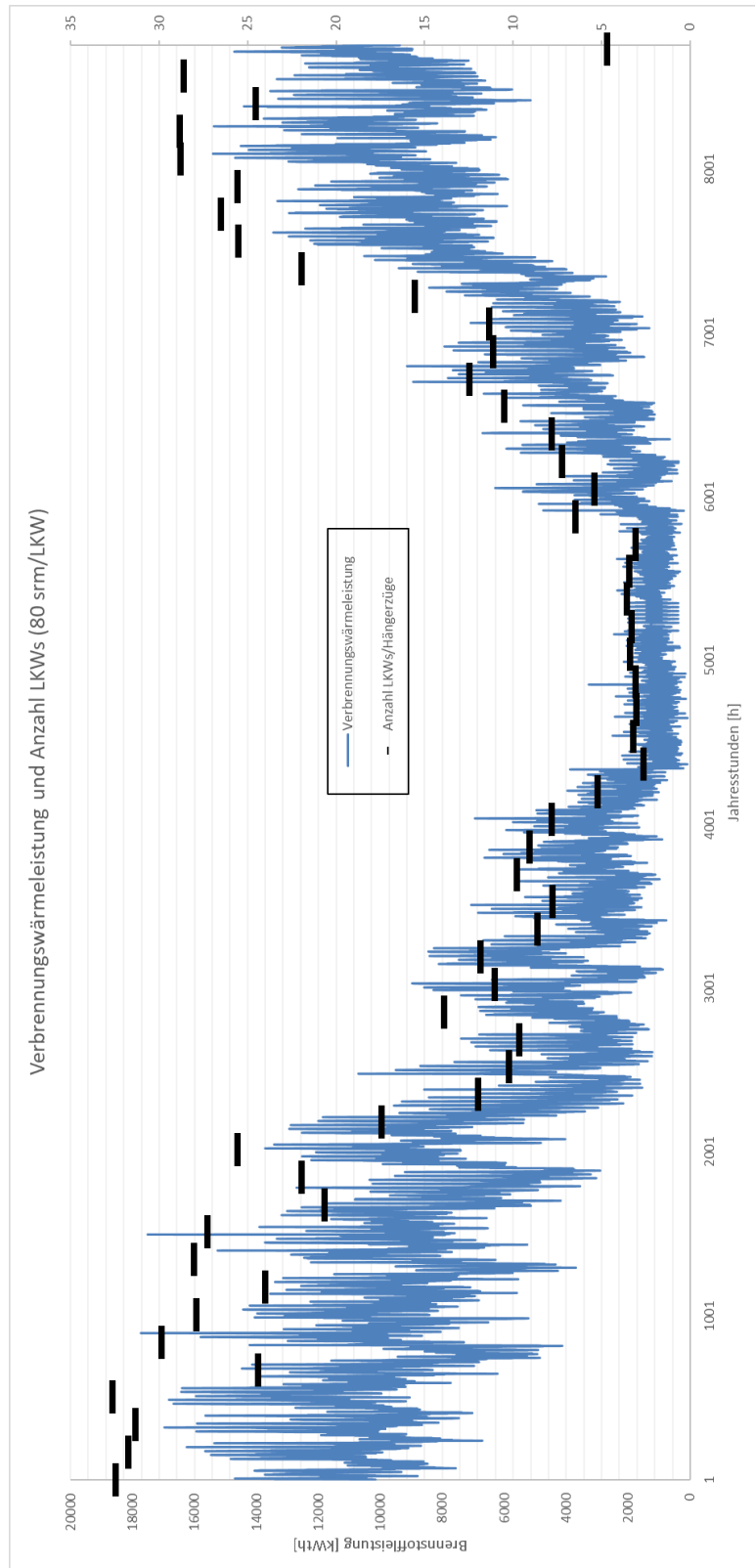
Aufgestellt:

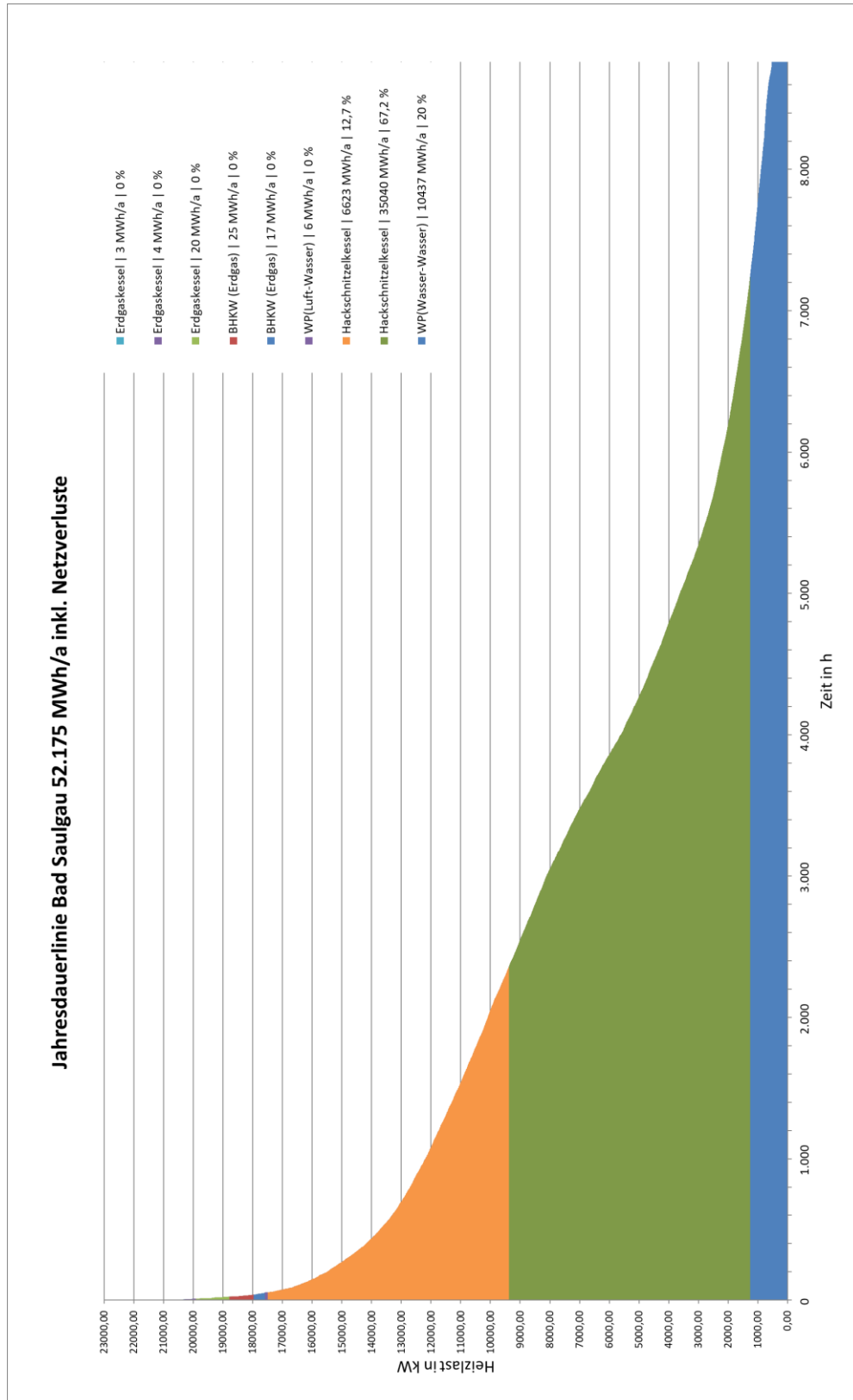
Wildpoldsried, den 03.04.2024
Knecht Ingenieure GmbH

Anerkannt Bauherr

Unterschrift

Datum, Unterschrift

Anhang 1: Lastgang der Verbrennungswärmeleistung und die hieraus resultierende Anzahl an LKWs zur Lieferung des Brennstoffs

Anhang 2: Geordnete Jahresdauerlinie mit bestehenden und geplanten Wärmeerzeugern der Nahwärme Bad Saulgau

03.04.2024

Seite 25 von 25