ANLAGE 1 **DATUM: 17.08.2022**

NKI: CO_2-neutrale Energieversorgung für den grünen Zoo Wuppertal – COZ(W)OO

Akronym: $CO_{Z(W)OO}$

Antragsteller: Stadt Wuppertal

Projektsteckbrief	
Titel **Name des Projekts**	NKI: CO2-neutrale Energieversorgung für den grünen Zoo Wuppertal – COZ(W)OO
Kurzbeschreibung und Auflistung der Maßnahmen	In Deutschland gibt es über 800 Zoos und zooähnlichen Einrichtungen. Keinem Zoo ist es bislang gelungen, einen klimaneutralen Betrieb zu gewährleisten. Dies ist nicht verwunderlich, denn all diese Einrichtungen stehen vor der selben Herausforderung: komplexe und sehr unterschiedliche Anforderungen an die Tierhaltung erfordern einen hohen Energieeinsatz, damit die natürlichen Lebensräume der Tiere nachempfunden werden können. Mit diesem Modellvorhaben wollen wir einen Weg aufzeigen, wie auch unter diesen komplexen Anforderungen eine weitestgehend klimaneutrale Energieversorgung umsetzbar ist. Im Rahmen des Projektes CO_2-neutrale Energieversorgung für den Grünen Zoo Wuppertal, soll ein Nahwärmenetz auf Basis erneuerbarer Energiequellen entstehen und damit den aktuellen Zustand einer dezentralen, veralteten Energieversorgung mit fossilen Energieträgern ersetzen. Das Projekt kombiniert dabei innovative Wärmeerzeuger (Holzvergaser BHKW) und greift mittels Wärmepumpen auf bestehende Wärmequellen (hier: Flusswasser über Brunnenwasser) zurück oder nutzt Abwärme aus anderen Prozessen (hier: Kälteerzeugung). Die flexible Erzeugerstruktur mit einer gezielten Sektorenkopplung bietet dabei in Kombination mit einem energetischen Monitoring und intelligenter Steuerung von Erzeugung und Bedarf die Chance das im Gebäudebestand vorhandene hohe CO_2-Einsparpotential auch ohne unmittelbare energetische Sanierung der Gebäudehülle aufzuzeigen können ohne zukünftige Sanierungspotentiale zu verneinen. Der Zoo als Cluster unterschiedlichster Gebäude stellt dabei eine gute Vergleichsgröße zur Situation im Gebäudebestand von Quartieren dar. Die Erkenntnisse sind somit modellhaft auf Quartiersansätze übertragbar. Die Projektergebnisse werden über die bestehenden Netzwerke der Verbundpartner in kommunale und wissenschaftliche Fachkreise transferiert. Die Strahlkraft des Zoos soll dabei genutzt werden die Ergebnisse dauerhaft einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen.
Website des Antragstellers zur Projektdarstellung **(falls bereits bekannt)**	Das Projekt wird über die Seite des Zoos Wuppertal vorgestellt werden: https://www.wuppertal.de/zoo-wuppertal
THG-Minderung in t/Jahr	1616 t/Jahr

1. Einführung

Trotz einer äußerst schwierigen finanziellen Situation der Stadt Wuppertal in den vergangenen ca. 20 Jahren konnte ein Schwerpunkt der Modernisierung und Erneuerung der kommunalen Gebäude insbesondere auf Schulen und Kindertagesstätten, einschließlich deren energetischer Ertüchtigung, gelegt werden. In Folge der intensiven Bemühungen konnte der jährliche Energieverbrauch und CO_2-Ausstoß der städtischen Gebäude um ca. ein Drittel (verglichen mit dem Jahr 2000) vermindert werden. Demgegenüber konnten in dieser Zeit in anderen Liegenschaften, darunter fällt auch der Zoo, im Wesentlichen nur notwendige Unterhaltungsarbeiten durchgeführt werden. Seit 1937 befindet sich der Zoo im städtischen Besitz und wird seit 1955 vom Zoo-Verein Wuppertal e.V. unterstützt, der beträchtliche Mittel eingeworben und in den Bau einiger neuer Gehege bzw. die Erneuerung bestehender Anlagen investiert hat. Der Zoo-Landschaftspark und das angrenzende Zooviertel unterliegen einer Denkmalbereichssatzung. Darüber hinaus besteht Denkmalschutz für ausgewiesene Gebäude im Zoo. Dies erschwert die technische Sanierung im Zoo zusätzlich, da entsprechende Absprachen und gegebenenfalls Sonderaufwendungen erforderlich werden. Insgesamt weist der Zoo derzeit baulich und technisch einen Sanierungsbedarf auf; der dazu führt, dass er energetisch – gemessen an den Klimazielen – nicht dem heutigen Stand der Technik entspricht.

Die technische Situation im Zoo Wuppertal ist zurzeit durch ein verteiltes System autarker Heizzentralen geprägt, die jeweils einzelne Gehege versorgen. Die Anlagen basieren dabei auf Erdgas oder Öl als Energieträger oder können in Einzelfällen - mit sehr hohem Anspruch an die Versorgungssicherheit - auf beide Energieträger parallel zurückgreifen.

In der Vergangenheit wurde der Zoo in Gänze als einzelner Verbraucher betrachtet; eine messtechnische Differenzierung – eine Unterteilung der Kosten oder gar Zuweisung auf verschiedene Gehege bzw. Reviere – fand nicht statt. Denn zum einen wurden Tiere präsentiert, die keine speziell konditionierten Gehege brauchten, zum anderen war Energie so günstig, dass eine Messung als wirtschaftlich wenig sinnvoll erachtet wurde. Diese Einschätzung hat sich unter dem Eindruck eines intensiven Energiecontrollings in den übrigen städtischen Liegenschaften grundlegend gewandelt. Wie die Erfahrungen aus dem Energiecontrolling des Gebäudemanagements der Stadt Wuppertal zeigen, das erst eine hoch aufgelöste Erfassung der energierelevanten Verbrauchsstellen eine differenzierte Betrachtung und Einschätzung von Einsparpotentialen ermöglicht.

Eine rasante Entwicklung in der Tierhaltung, geprägt durch den gesellschaftlichen Wandel in der Wahrnehmung des Tierwohles, stellt die Zoologischen Gärten in Deutschland vor enorme Herausforderungen. Tiergehege, die noch vor wenigen Jahrzehnten als fortschrittlich galten, erweisen sich heute unter tierhalterischen Anforderungen als nicht mehr tragbar. Die bauliche und energetische Gebäudemodernisierung des Wuppertaler Zoos kann daher nur im Einklang mit der Neuorientierung in Bezug auf die Attraktivierung der Tierhaltung (mit Blick auf den Tierschutz und ein naturnäheres Erleben der Tiere) unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes vollzogen werden. Dies ist ein sukzessiver, länger dauernder Prozess, der die umfangreiche Sanierung von Gebäuden oder deren Neubau bei gleichzeitiger Bereitstellung des Lebensraums der Tiere erfordert. Da die Anforderungen des Tierschutzes stetig weiterentwickelt werden und die Erkenntnisse aus der Haltung permanent einfließen, unterliegt dieser Bereich einem stetigen Wandel und Weiterentwicklung, was wiederum Anforderungen an die Technik auslöst, die auch zukünftig in der Lage sein muss die sich wandelnden Anforderungen sicherstellen zu können.

Der Aufbau einer zukunftsfähigen und nachhaltigen CO_2-neutralen Energieversorgung muss hingegen kurzfristig und vordringlich umgesetzt werden, um nicht mit der ansonsten bald nicht mehr vermeidbaren Modernisierung von technischen Einzelanlagen eine ganzheitliche und bessere zukunftsfähige Lösung zu konterkarieren.

Der geplante Ansatz eines Nahwärmenetzes mit einem Anteil erneuerbarer Energien >90% geht weit über die Vorgaben des GEG hinaus und steht mustergültig für einen nachhaltigen Umbau

der Energieversorgung von Bestandsgebäuden. Unter den aktuellen gesetzlichen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen ist damit zu rechnen, dass eine CO_2-neutrale Energieversorgung bis 2035 oder 2045 allein durch eine umfassende Sanierung des Gebäudebestandes und der damit in Zusammenhang stehenden Gebäudehüllen nicht zu realisieren ist. Die aktuelle Sanierungsquote liegt bei rund 1 % und eine Steigerung auf nur 2 % erscheint bereits unrealistisch und würde darüber hinaus immer noch nicht ausreichen. Es wird daher erforderlich sein, auch bestehende noch nicht sanierte Gebäude mit erneuerbaren Energien zu versorgen, um damit den CO_2 Reduktionspfad einhalten zu können. Hierfür bietet sich neben anderen Strategien ganz eindeutig die Quartiersbetrachtung an, da über diesen Weg, ausgehend von einer zentralen Erzeugung, alle positiven Skaleneffekte verschieden intensiver Energieabnehmer ausgenutzt werden können. Diesem Gedanken entspricht das Zoo-Areal, dass sowohl in seiner Ausdehnung als auch seinem Energiebedarf einem städtischen Quartier entspricht. Der derzeitige Bedarf entspricht einem durchschnittlichen Verbrauch von rund 70 Drei-Personen-Haushalten im Bereich Wärme und 630 Drei-Personen-Haushalten im Bereich Strom und damit in etwa dem Bedarf eines nicht sanierten Stadtquartiers mit 1.800 bis 2.000 Bewohnern wie Rehsiepen in Wuppertal-Ronsdorf.

Die Umsetzung eines integrierten Energieversorgungskonzeptes für Strom und Wärme mit einem möglichst hohen Anteil von erneuerbaren Energien und der maximierten Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung ist zum jetzigen Zeitpunkt von sehr hoher Bedeutung, kann jedoch durch die Stadt Wuppertal aus Eigenmitteln nicht realisiert werden. Auch wenn die Stadt Wuppertal seit dem 01.01.2022 nicht mehr der Haushaltssicherung unterliegt, bestehen sehr enge finanzielle Grenzen des Haushaltes, um neben vielen weiteren Aspekten die Herausforderungen der Klimawende lokal aktiv zu beeinflussen. Der Rat der Stadt Wuppertal hat durch seinen Beschluss im Dezember 2021 das Ziel ausgegeben, bis 2035 klimaneutral zu sein und bezieht sich in seiner Definition auf CO_2-Neutralität als messbare Größe. Die Stadt dokumentiert damit ihren Willen zur Umstellung auf erneuerbare Energien im Rahmen ihrer Möglichkeiten. Die Realisierung des Referenzprojekts mit Leuchtturmcharakter ist daher nur mit einer finanziellen Unterstützung zu leisten. Ohne den geförderten Ansatz der Modellskizze bliebe dem Zoo keine andere Möglichkeit, als die vorhandenen dezentralen Anlagen – aus dem nur sehr geringen vorhandenen investiven Budget – durch neue dezentrale Anlagen zu ersetzen. Dabei bestehen technische Hürden in der Umsetzung.

Ein Ersatz der bestehenden Heizsysteme durch dezentrale Wärmepumpen ist aufgrund der aktuell erforderlichen Heizwassertemperaturen als nicht effizient einzustufen. Darüber hinaus besteht bei der Nutzung von Luft-Wasser-Wärmepumpen die Schwierigkeit, diese so an den einzelnen Gehegen zu integrieren, dass infolge der Schallemissionen keine negativen Auswirkungen für Tiere und Besucher auftreten. Die Umstellung auf mittels Holzpellets oder Holzhackschnitzel befeuerte dezentrale Heizkessel wird zum einen an dem nicht vorhandenen Platz zur Bevorratung des Brennstoffes und zum anderen am Problem einer wiederkehrenden Belieferung innerhalb des Zoos während der Öffnungszeiten beziehungsweise einer Nichterreichbarkeit einzelner Gehege massiv erschwert. Die Nutzung von Geothermie ist insofern problematisch, dass Teile des Zoos als hydrogeologisch kritischer Bereich ausgewiesen sind. Insofern ist eine Umstellung der Gehege auf eine annäherndCO_2-neutrale Energiequellen dezentral nicht realisierbar.

Infolge der beschriebenen technischen Schwierigkeiten zur dezentralen Versorgung über erneuerbare Energie, würden Anlagen bei einem Austausch daher aller Voraussicht nach als Hybridanlage mit dem rechtlich maximal möglichen Anteil fossiler Energieträger ausgeführt. Damit würde eine klimaneutrale Energiebereitstellung für den Zoo als Quartiersäquivalent aber um mindestens 20 Jahre verzögert werden.

Die technischen Erzeugeranlagen des vorgestellten Ansatzes– nicht das zugehörige Nahwärmenetz – würden perspektivisch ungefähr 2045 ihre technische Lebenserwartung erreichen und wären dann auszutauschen. Das deckt sich gut mit dem dann noch erforderlichen reduzierten Energiebedarf des sukzessive sanierten Zoos. Hieraus ergeben sich in der Gesamtbetrachtung dann zwei Möglichkeiten für die Anpassung der Erzeugungsanlagen. Zum einen können die Anlagen

auf den dann noch erforderlichen Energiebedarf hin abgestellt werden und damit voraussichtlich einen reinen Wärmepumpenbetrieb mit reduzierter BHKW Leistung ohne zusätzlichen Biomassekessel abbilden. Damit schlösse sich der Kreislauf des technischen und gebäude-technischen Sanierungsansatzes des Quartiers Zoos. Zum anderen ist es aber auch vorstellbar, die bestehende Infrastruktur auszuweiten und die vorhandene Überkapazität in der Erzeugung sinnvoll im naheliegenden Zooviertel einzusetzen und damit aus dem Zeitpunkt einer technischen Sanierung heraus wiederum einen Sanierungsimpuls in den Quartiersbestand zu geben. Hierzu wäre das Nahwärmenetz weiter auszubauen und die Anlagen auf, dass unter diesen Rahmenbedingungen hin technisch sinnvolle Maß zu erneuern. Damit wäre der Zoo die Keimzelle einer weitergehenden Ausweitung des Quartiersansatzes auf das naheliegende Zooviertel hinaus und würde perspektivisch auch die Emissionen in diesem Bereich reduzieren. Da das System entsprechend offen gedacht ist, lässt sich dieser Demand-Response Ansatz flexibel auf die dann geltenden energiewirtschaftlichen, umweltpolitischen und ökonomischen Rahmenbedingungen optimieren.

2. Darstellung der konkreten investiven Teilmaßnahmen

Ziel der im Projekt verankerten Maßnahmen ist es deutlich zu machen, wie mit bestehenden Techniken über den Ansatz eines neuen Nahwärmenetzes, sehr schnell eine CO2-neutrale Energieversorgung verteilter Energieabnehmer realisiert werden kann, ohne dabei zukünftige Sanierungsbestrebungen zur Verringerung des Energiebedarfs zu konterkarieren. Am Zoo als Cluster unterschiedlichster Gebäude wird deutlich, dass es eine Umstellung der Energieerzeugung, sowohl für Wärme als auch für Strom, mit ausreichender Flexibilität für kommende Sanierungsschritte geben muss. Hiermit setzt sich das Projekt im Grünen Zoo auseinander und zeigt auf, was bereits umsetzbar ist, welche Optionen für die langfristige Nutzung bereits in der ersten Planungsphase bedacht werden müssen und setzt sich von anderen statischen Ansätzen wie dem Energiekonzept des Zoos Frankfurt ab. Neben den variablen Energiequellen ist hier der Fokus vor allen Dingen auf das Netz und die Übergabe in den einzelnen Gebäuden zu richten.

In diesem Modellansatz wird daher explizit dargestellt, dass durch die Nutzung des Quartiersansatzes und damit der Einbindung einer großen Anzahl von Abnehmern auch unmittelbar auf erneuerbare Energien umgestellt werden kann und die technisch bedingten Nutzungszyklen genutzt werden können um den Gebäudebestand zu ertüchtigen. So gelingt unmittelbar der Umstieg auf die erneuerbaren Energieträger und sichert in der vorgestellten Konzeption auch deren langfristige Nutzung. Da im Bestand zurzeit noch keine Anforderungen an die Umrüstung der Heizwärmeversorgung auf erneuerbare Energien über das Gebäude-Energie-Gesetz bestehen und lediglich der Einbau von ölbefeuerten Heizungsanlagen ab 2025 ausgeschlossen und über die CO_2-Bepreisung der fossilen Energieträger ein passiver Anreiz gesetzt ist, geht der Umbau auf ein Nahwärmenetz mit vollständig auf erneuerbaren Energien basierendem Ansatz, erheblich über die gesetzlichen geforderten Erwartungen hinaus.

Erzeugung von erneuerbarer Wärme und Strom mit innovativen Technologien und hoher Flexibilität

Die Einbindung von Erneuerbaren Wärme- und Stromerzeugern erfolgt im Projekt über mehrere Erzeuger. Abbildung 1 gibt eine schematische Übersicht über die geplante Anlagentechnik. Die Überlegungen zum Aufbau der Erzeugerstruktur sowie die berechneten eingesparten CO2-Äquivalente beruhen auf Simulationen mit der Software Polysun. Nach eingehender Simulation und Abgleich mit den realen Nutzungsdaten aus dem Zoo, werden zunächst prioritär die Holzvergaser BHKWs für die Wärme- und Stromerzeugung genutzt. Die Abwärmenutzung aus den Kälteanlagen des Zoos erfolgt parallel und stellt weitere Wärmemengen bereit. Erst wenn diese Quellen nicht ausreichen, werden je nach Leistungsbedarf erst die Brunnenwasserwärmepumpe und

dann der Biomassekessel hinzugeschaltet. Der eingeplante Batteriespeicher nimmt Erzeugungsüberschüsse des BHKWs auf und stellt diese verzögert wieder dem Zoonetz zur Verfügung.

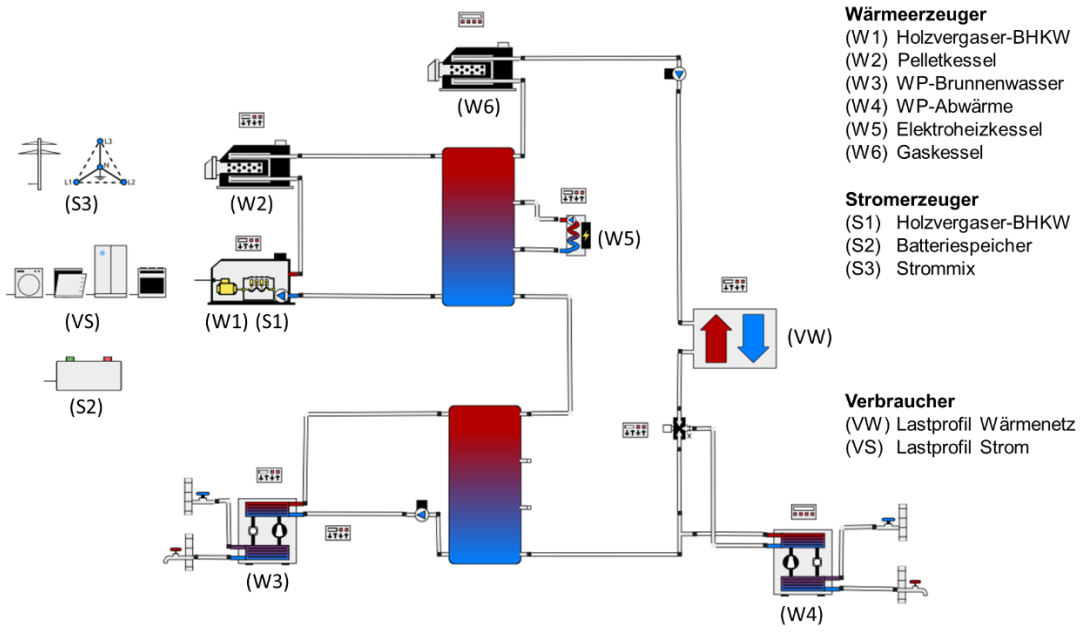


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Wärme- & Stromerzeuger und Verbraucher des Gesamtsystems

Die Wärme- und Stromerzeuger sollen dabei in einer neu zu errichtenden Heizzentrale realisiert werden. Der Standort dieser Heizzentrale ist in Abbildung 2 dargestellt und verortet. Aktuell wird diese Fläche nur für untergeordnete Zwecke genutzt wie die Lagerung von Wagen und Material die nicht zwingend an dieser Stelle verortet werden müssen, so dass keine Konkurrenznutzung besteht. Die in unmittelbarer Nachbarschaft liegende Zooschule wird zunächst dort verbleiben und wird nicht beeinträchtigt. Mittelfristig soll diese darüber hinaus an einen anderen Standort im Zoo verlegt werden. Der Standort vereinigt daher mehrere Vorteile in sich:

- Vorhandene Freiflächen zur Errichtung der Heizzentrale im Zoo können genutzt werden, ohne das bestehende Gebäude verändert werden müssen.
- Es besteht eine gute Erreichbarkeit zur Versorgung mit Holzbrennstoffen, ohne dass das enge Straßennetz des Zooviertels zusätzlich mit Lieferverkehr belastet wird.
- Der bereits vorhandene Einspeisepunkt von Brunnenwasser aus den zwei Wupperfiltratbrunnen an der Kornstraße liegt in unmittelbarer Nähe und kann genutzt werden.
- In unmittelbarer Nähe liegt ein Einspeisepunkt für erzeugte Strommengen ins das Stromnetz des Zoos.
- Die große Nähe zur geplanten PV-Anlage auf dem Stadiondach und damit der Möglichkeit einer Direktleitung in das Stromnetz des Zoos, schafft erst die Möglichkeit einer Einbindung der Stromerzeugung.
- Die Verfügbarkeit eines ausreichend großen Gasanschlusses zur Absicherung der Versorgungssicherheit im Falle einer Störung der Heizwärmeerzeuger auf Basis erneuerbarer Quellen

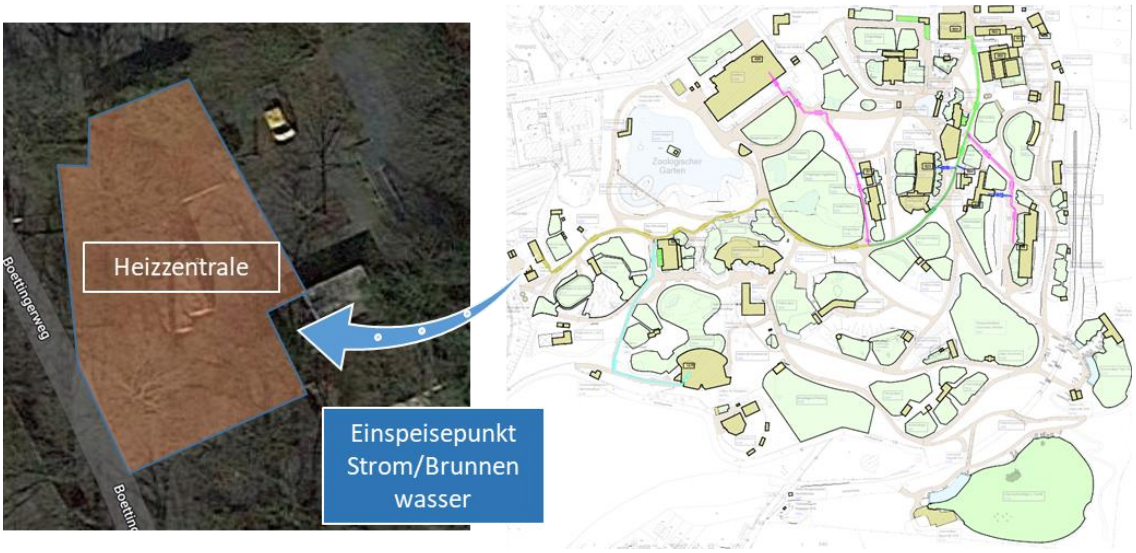


Abbildung 2: Verortung der Heizzentrale auf dem Gelände des Zoos

Die Heizzentrale nimmt alle Komponenten der Energieerzeugung auf. Da es sich um einen reinen Funktionsbau handelt wird dieser als Betonfertighalle ausgeführt und in Abstimmung mit dem Denkmalschutz entsprechend optisch beschichtet zur Eingliederung in das Zooviertel.

Die Energiebereitstellung fußt im Modellprojekt auf zwei wesentlichen Energieträgern, die sowohl eine Hochtemperatur- als auch eine Niedertemperaturschiene bedienen können und damit eine Anpassung der erforderlichen Energiebereitstellung in Abhängigkeit des angeforderten Temperaturniveaus dauerhaft durch erneuerbare Energieträger sicherstellen. Nachfolgend werden Charakteristika zu den jeweiligen Wärme- und Stromerzeugern vorgestellt.

W1 / S1 Holzvergaser-BHKW ~~mit Holzpellets als Brennstoff~~

Das Holzvergaser-BHKW ist der vorrangige Wärme- und Stromerzeuger des Systems. Es ist so dimensioniert, dass ein annähernd ganzjähriger Betrieb mit >7000 Vollbenutzungsstunden möglich ist. Die Simulationen zeigen, dass mit einem ausreichend großen Pufferspeicher über das BHKW 57% des Wärme- und 65% des Strombedarfs des Zoos abgedeckt werden. Die Eigenverbrauchsquote liegt bei über 95%. Auftretende Erzeugungsspitzen der BHKWs, die zu einer Einspeisung ins öffentliche Netz führen könnten, werden prioritär über ein Lastmanagement und Prognosen auf ein Minimum begrenzt. Die dann noch verfügbaren Erzeugungsspitzen werden zunächst über ein Batteriesystem zwischengespeichert. Zunächst sind hier, um auch hoch hohe Erzeugungsspitzen entsprechend einspeichern zu können, Lithium-Ionen Speicher vorgesehen. Sollte die Technik der Salzwasserspeicher zukünftig ebenfalls entsprechende Ladeleistungen ermöglichen, so würden diese durch die Stadt Wuppertal aufgrund der insgesamt deutlich besseren Nachhaltigkeit bevorzugt. Sollten nach der Speicherung in der Batterie immer noch Restmengen verfügbar sein, oder das Nahwärmenetz keine ausreichende Abnahme bieten können, so wird die erzeugte elektrische Energie über einen Elektro-Heizkessel als Power-to-Heat Lösung dem Wärmenetz zur Verfügung gestellt.

In der Projektskizze und dem ursprünglichen Antrag wurden Holzpellets gegenüber Hackschnitzeln zum einen auf Grund der höheren Zuverlässigkeit im Holzversager durch den homogeneren Brennstoff und zum anderen durch die raumsparende Lagerung in Silos bevorzugt. Auf Grund der Diskussion um die Nachhaltigkeit von Holzbrennstoffen und der aktuellen Preisentwicklung wird in der Planungsphase der Einsatz von Holzhackschnitzeln erneut geprüft.

Auch wenn die Verbrennung von Holz keinen unmittelbaren Klimanutzen aufweist und nachhaltig erwirtschaftetes Holz als endliche Ressource angesehen werden muss, ist die Nutzung dieser Ressource in einem Holzvergaser aus nachfolgenden Gründen sinnvoll:

- Im Holzvergaser-BHKW werden aus dem Brennstoff sowohl Strom als auch Wäre erzeugt. Der exergetische Wirkungsgrad dieser Anlage ist damit deutlich höher als bei einer ausschließlich thermischen Nutzung und stellt die effizienteste Form der Nutzung der Ressource Holz dar
- Holzvergaser-BHKW sind als Technologie zur KWK noch nicht verbreitet. Sie stellen aber eine naheliegende Technologie zum Ersatz von Erdgas-BHKW dar und können somit zu einer Transformation von Wärmenetzen beitragen. Wir sehen im Vorhaben ein Modellprojekt mit Vorbild-funktion und hoher Strahlkraft.
- Eine ausschließliche Versorgung des Zoos mit Wärmepumpen ist durch den alten, teilweise denkmalgeschützten Bestand durch die Notwendigkeit von hohen Vorlauftemperaturen technisch nur schwer umsetzbar. Es ist Zielsetzung des Projekts einen Transformationspfad für Quartiere, der nicht eine Sanierung des Bestands voraussetzt, sondern diese perspektivisch innerhalb der flexiblen Erzeugerstruktur anstrebt, aufzuzeigen. In der aktuellen Konzeption zur Umsetzung „65 Prozent Erneuerbare Energien beim Einbau von neuen Heizungen ab 2024“ des BMWK ist die Nutzung von fester Biomasse bei Gebäuden mit technischen oder rechtlichen Dämmrestriktionen, wie z. B. denkmalgeschützten Gebäuden, ausdrücklich vorgesehen.

Die Lagerung der erforderlichen Brennstoffe erfolgt bei Einsatz von Pellets in Silos und im Falle von Holzhackschnitzeln in Lagern unmittelbar neben der Heizzentrale auf dem Zoogelände. Da dieser Bereich sehr gut an die Verkehrsinfrastruktur angeschlossen ist, ist damit die regelmäßige ohne zusätzliche Aufwendungen für die Schaffung einer Anlieferbarkeit sicherzustellen. Die erforderlichen Standzeiten zur Befüllung lassen sich ebenfalls ohne Beeinträchtigung des öffentlichen Verkehrs gewährleisten.

W2 Wärmepumpe unter Verwendung von Wupperfiltrat

Der Zoo verfügt über zwei geteilte Wassernetze zur Nutzung von Trink- und Brunnenwasser. Aktuell nutzt der Zoo Wuppertal bereits Brunnenwasser aus Wupperfiltrat, das in unmittelbarer Nähe des Zoos gewonnen und über zwei Brunnenanlagen an der Kornstraße über eine bestehende Leitung in den Zoo gepumpt wird. Diese Infrastruktur zur Bereitstellung von Brunnenwasser wird genutzt, um Wupperfiltrat mittels Wärmepumpe als Energiequelle zu nutzen. Das abgekühlte Brunnenwasser wird anschließend in den Zoobach gespeist, was einen Co-Benefit darstellt, der in einem separaten Unterpunkt näher beschrieben wird. Die Wärmepumpe wird in den Rücklauf des Nahwärmenetzes eingebunden. Die Effizienz der Wärmepumpe hängt maßgeblich von der Rücklauftemperatur ab. Ein Ziel des Projektes ist es daher diese durch ein Monitoring der Gebäudetemperaturen auf das für einen behaglichen Betrieb benötigte Minimum abzusenken.

W3 Wärmepumpe unter Verwendung der Abwärme von Kälteanlagen

Im Zoo besteht ein Abwärmepotential aus den Rückkühlwerken der Kälteanlagen im Wirtschaftsgebäude zur Kühlung von Futtermitteln. Die Abwärme liegt auf einem Temperaturniveau von ca. 40 °C vor, eine direkte Nutzung als Raumwärme ist im Bestand daher nicht möglich. In Verbindung mit einer Wärmepumpe ist jedoch eine effiziente Form der Nutzung des Abwärmepotentials mit einer Jahresarbeitszahl >4 möglich. Die Einbindung der Wärmepumpe in das Wärmenetz erfolgt dezentral im Netzrücklauf des Wirtschaftsgebäudes. Eine Aufgabe des Projektes ist es den Kältebedarf der Tiefkühlanlagen und den Wärmebedarf des Netzes miteinander zu koppeln. Bisher ist der Betrieb der Kälteanlagen nicht auf Laufzeiten hin optimiert, es kommt zu häufigen Taktungen. Der Zoo ist aber bereits gemeinsam mit der Neuen Effizienz und den Wuppertaler Stadtwerken im Förderprojekt Autoflex dabei, das Potential eines aktiven Lastmanagements zu untersuchen und für den Zoo positiv zu nutzen. Dies betrifft nicht nur die Kälteanlagen. Die hier gewonnenen Erfahrungen werden parallel zum Umbau der Energieversorgung nutzbar sein und unmittelbar in die Steuerung einfließen können.

W4 Biomassekessel

Da der Gebäudebestand des Zoos in weiten Teilen sanierungsbedürftig ist und damit einen erhöhten Energiebedarf aufweist, nicht zuletzt auch durch die Bedürfnisse der Tierhaltung, lässt sich mit den drei erstgenannten Erzeugern der Heizwärmebedarf aber nicht dauerhaft über die gesamte Heizperiode sicherstellen. Es werden entweder Holzpellets oder Holzhackschnitzel für die Bereitstellung der Mittel- und Spitzenlast genutzt. Hierbei kommt ein Kessel in Industrieausführung mit einer Modulationsweite von 105-350kW zum Einsatz, um die auftretenden Anforderungen aus dem Wärmenetz möglichst genau abfahren zu können und keine Verdrängung gegenüber den priorisierten Energieerzeugern infolge zu hoher Grundleistungen zu verursachen. Es ist das Ziel, für einen schonenden Umgang mit der endlichen Ressource nachhaltig erwirtschaftetes Holz, den Einsatz eben dieser zur ausschließlich thermischen Nutzung zu vermeiden. Das System bietet hierzu ausreichend Pufferspeicherkapazitäten sowie eine Flexibilität in der Erzeugung und zum anderen werden im Projektverlauf Potentiale zur Energieeinsparung und Lastverschiebung aufgezeigt. Der Einsatz von Holzbrennstoffen ist aber dem Einsatz von Erdgas als Ultima Ratio vorzuziehen.

W5 Elektroheizkessel

Die Funktion des Elektroheizkessels wurde schon unter W1 / S1 Holzvergaser BHKW beschrieben. Er stellt keinen eigentlichen Wärmeerzeuger dar. Vielmehr wird durch den Elektroheizkessel ausgeschlossen, dass das BHKW in das öffentliche Netz einspeist, da etwaige Überschüsse nach Beladung des Batteriespeichers über den Elektroheizkessel als Wärme in den Pufferspeicher eingebracht werden (Power-To-Heat).

Aufgrund des im Zoo zwingend erforderlichen unterbrechungsfreien Betriebes einer Vielzahl von Anlagen, die entweder dem Tierwohl oder der Sicherheit von Personal und Besuchern geschuldet sind, ist eine physische Trennung der Stromeigenerzeugung vom öffentlichen Netz jedoch nicht realisierbar. Dies stellt sicher, dass keine Beeinflussung des öffentlichen Netzes stattfindet.

W6 Erdgaskessel

Eine Absicherung der Wärmebereitstellung bei Ausfall eines anderen Wärmeerzeugers oder extremen langanhaltenden sehr kalten Witterungsbedingungen erfolgt über einen Erdgaskessel. Ziel ist es den Einsatz des Gaskessels auf ein Minimum zu begrenzen. Die bisherigen Simulationen prognostizieren einen Anteil des Gaskessels an der Gesamtwärmeerzeugung von maximal 6%. Bei der Beschaffung und Installation des Erdgaskessels wird aber trotzdem eine Umstellung auf Wasserstoff als perspektivischen Energieträger berücksichtigt um mögliche Lock-in-Effekte zu vermeiden. Da der Gaskessel nicht förderfähig ist, wird auf die genaue Auslegung an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. Bei Bedarf kann dies aber jederzeit nachgereicht werden.

Temperaturvariable Netzplanung in Kombination mit angepasster MSR-Ausführung

Die Verteilung der Wärme erfolgt über ein neu errichtetes Wärmenetz und dezentrale Wärmeübertragerstationen in den Gebäuden und Gehegen. Dies ist trotz der geringen Flächen in den bestehenden Heizzentralen unproblematisch, da die Wärmeübertragungsstationen sehr kompakt sind und die bestehenden Doppelkesselanlagen demontiert werden

Abbildung 3 gibt einen schematischen Überblick über die Lage der Heizzentrale sowie den Verlauf und die Ausbaustufen des Netzes. Das Netz wurde durch die Planungsabteilung der Wuppertaler Stadtwerke und die RWT Jagdt GmbH projektiert. Ein detaillierter Plan mit Nennweiten und Leistungen der Verbraucher und resultierenden Leistungen auf den Trassenabschnitten ist als Anlage beigefügt. Bei der Planung wurden sowohl der Gesamtlastgang als auch eine Betrachtung der einzelnen Abnahmestellen, unter Einberechnung der im Rahmen der Tierhaltung erforderlichen

Wärmemengen, berücksichtigt. Der Netzausbau erfolgt in mehreren Abschnitten, da die Arbeiten in offener Bauweise nur in den Zeiten geringerer Besucherströme erfolgen können.

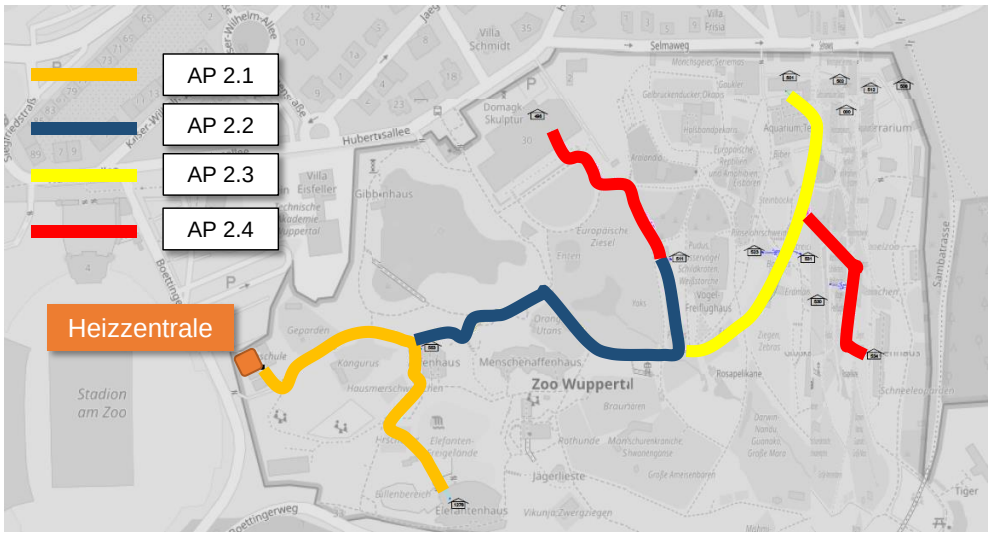


Abbildung 3: Schematische Darstellung von Verlauf und Ausbaustufen des Nahwärmenetzes

Da der Zoo als Landschaftspark dem Denkmalschutz untersteht, ist die Trassenführung weitestgehend außerhalb der asphaltierten Wegeführung zu planen, um keine weitergehenden Anforderungen auszulösen. Die Trassenabschnitte sehen die Anbindung der Gehege wie in Tabelle 1 beschrieben vor.

Tabelle 1: Zeitliche Umsetzung der Trassenabschnitte des Heizwärmenetzes und die dadurch angeschlossenen Gehege bzw. Gebäude

Trassenabschnitt	Gehege / Gebäude	Umsetzung in
AP 2.1	• Niederaffenhaus • Menschenaffenhaus • Elefantengehege	Q4 2024
AP 2.2	• Ehem. Direktorenhaus Verwaltung • Vogelwinterquartier	Q2 2025
AP 2.3	• Vogelhaus • Wirtschaftsgebäude 1 • Wirtschaftsgebäude 2 • Aquarium • Okapigehege • Faultier	Q3 2025
AP 2.4	• Zoosäle • großes Raubtierhaus • Rinderhaus	Q2 2026

Die Besonderheit des Nahwärmenetzes auf Stahlrohrbasis liegt darin, dass die Netzplanung auf variable Temperaturniveaus vorbereitet wird. Aufgrund der aktuell vorhandenen Gebäudestruktur, die nach jetzigem Kenntnisstand im Wesentlichen auch erst nach 2030, sukzessive verändert werden kann, ist zunächst ein Nahwärmenetz zur Bereitstellung hoher Vorlauftemperaturen erforderlich. Ausnahmen stellen das Neubauprojekt Karen (das jetzige alte Vogelhaus) und die Erweiterung mit Umbau der Elefantenanlage dar, die nach aktuellen Planungen bereits bis 2031 saniert oder ersetzt werden. In den Gebäuden werden die bestehenden dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen durch Wärmeübertrageranlagen ersetzt. Im Zuge der Umstellung werden auch die erforderlichen Mess- und Steueranlagen sowie die Aufschaltung auf eine zentrale Gebäudeleittechnik realisiert, um mittels dieser zentralen Eingriffsmöglichkeit den Abbau beziehungsweise

die Verschiebung von Lastspitzen zu ermöglichen. Die erforderlichen Energiemengen können dabei über die Einbeziehung von Wetterprognosedaten weiter reduziert und die in der Einbindung dieser Daten gewonnenen Erkenntnisse für die optimierte Energiebereitstellung weiterer städtischer Liegenschaften genutzt werden. Damit ergibt sich ein unmittelbarer Nutzen über den Zoo hinaus, der zum jetzigen Zeitpunkt aber noch nicht quantifiziert werden kann. Als Synergieeffekt werden die für die Verlegung des Nahwärmenetzes erforderlichen Tiefbauarbeiten zusätzlich genutzt, um parallel zum Nahwärmenetz die Lichtwellenleiter der GLT-Anbindung, die erforderlichen Querschnitte zur Stromübertragung an den Selmaweg und die Leitung zur Einspeisung des Brunnenwassers in den Zoobach zu verlegen.

Dies optimiert die Auslastung der Erzeugeranlagen und reduziert die Einsatzzeiten des erdgasbefeuerten Spitzenlastkessels auf das technische Minimum. Wenn die Umgestaltung der Gebäudestruktur und dessen Sanierung nach 2030 sukzessive beginnt, kann das Netz hierauf angepasst reagieren. Da die Vorlauftemperaturen dann reduziert werden, können je nach Sanierungsstand und/oder Anforderungen aus der Tierhaltung die Temperaturen soweit reduziert werden, dass die Wärmeübertrager nur noch als Systemtrenner fungieren oder aber es wird in einzelnen Bereichen noch eine Temperaturerhöhung mittels dezentraler Wärmepumpe durchgeführt. Diese Herangehensweise erlaubt es einzelne Hochtemperaturabnehmer auch in Niedertemperaturnetze sinnvoll einzubinden, ohne dass gesamte Netz auf einem ineffizient hohen Temperaturniveau betreiben zu müssen. Somit kann die sukzessive Umstellung eines Hochtemperaturnetzes möglichst frühzeitig eingeleitet werden und am Sanierungsgrad der Gebäude entlang gesteuert werden. Die bestehenden Technikbereiche stellen hierfür ausreichend Platz zur Verfügung, so dass hier keine baulichen Eingriffe erforderlich werden - zumal die erforderlichen dezentralen Wärmepumpen nicht mehr Platzbedarf als die bestehenden Kesselanlagen auslösen. Die dabei zu verwendenden Wasser-Wasser-Wärmepumpen stellen anders als die beschriebenen Luft-Wasser-Wärmepumpen schalltechnisch kein Problem dar.

Ausblick: Einbindung erneuerbarer Energiequellen im lokalen Kontext

An dieser Stelle sei vermerkt, dass der Zoo trotz des hohen Anteils des BHKWs noch 35% des Strombedarfs über das öffentliche Netz abdecken muss. Da das Lastprofil des Zoos langjährig sehr stabil ist und keinerlei ausgeprägte saisonal reduzierte Abnahmecharakteristika wie beispielsweise im Schulbau aufzeigt, bietet sich die zusätzliche Einbindung von PV-Strom an. Diesem Ansatz kann Rechnung getragen werden, in dem auf dem Dach des naheliegenden Stadions am Zoo eine PV-Anlage mit über 350 kWpeak Leistung projektiert und der dort erzeugte Strom unmittelbar dem Zoo zugeordnet wird. Eine Direktleitung über ein vorhandenes Leerrohr aus dem angrenzenden Stadion in den Zoo ist möglich. Die Errichtung der PV-Anlage ist aber als Folgeinvestition des Projektes anzusehen. Über Sie können zu den 65% des BHKWs weitere 13% des jährlichen Strombedarfs abgedeckt werden, wodurch ein Teil der Lücke zur CO_2-Neutralität des Zoos geschlossen wird.

Auch wenn die zugrundeliegenden Mechanismen unterschiedliche sind, zeigt sich auch hier die gute Übertragbarkeit auf ein Quartierskonzept. Durch die hohe Anzahl heterogener Abnehmer im Quartier, findet eine Dämpfung der Abnahmecharakteristika statt, so dass sich die Erzeugung aus erneuerbaren Quellen und der Bedarf über den Jahresverlauf in hohem Maße angleichen. Temporäre Überkapazitäten in der Erzeugung können über das Modell Talmarkt der WSW lokal angeboten werden und kommen damit zum einen unmittelbar einer lokalen Nutzung zugute und zum anderen ergibt sich hieraus eine weitere Möglichkeit zur Vorstellung des innovativen Ansatzes. Da dieser Bestandteil des Konzeptes nicht der Förderung unterliegt, sondern aus Eigenmitteln der Stadt realisiert werden soll, ist eine Einspeisung überschüssiger Strommengen anders als beim geförderten BHKW möglich und entspricht dem Gedanken des Quartiersansatzes zur bilanziellen Eigenstromversorgung auf lokaler Netzebene.

3. Konkreter Beitrag des Projektes zur Senkung der Treibhausgasemissionen

Der bisherige Ausstoß an CO_2-Äquivalenten pro Jahr (tCO_2eq/a) ergibt sich aus den Energieverbräuchen im Zoo. Zur Wärmeerzeugung werden bisher mit Ausnahme einer Erdwärmepumpe für die Freiflughalle Aralandia im Zoo Erdgas- und Ölkessel eingesetzt. Die Verbräuche an Erdgas, Öl und Strom der Jahre 2016 - 2020 sind in Abbildung 4. Diese werden über die Software Interwatt erfasst. Insgesamt gibt es im Zoo sieben Gashauptzähler, vier Ölverbraucher und drei Trafostationen.

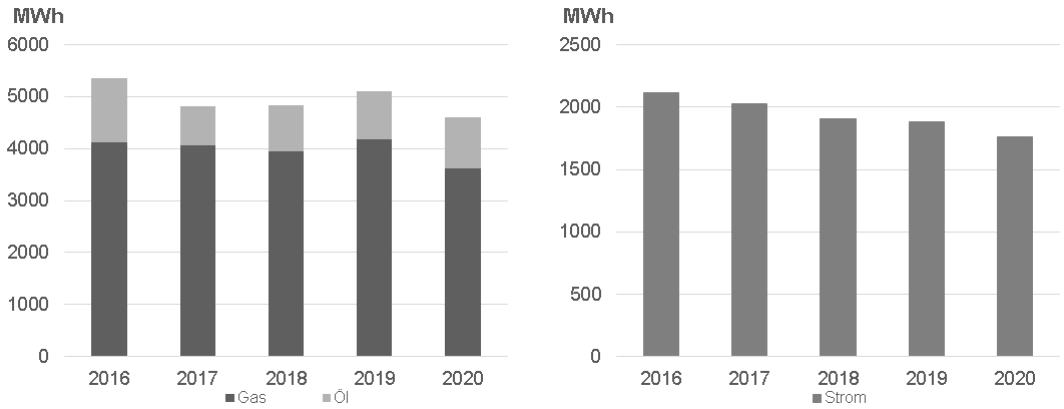


Abbildung 4: Verbräuche Erdgas und Heizöl sowie Strom in den Jahren 2016 bis 2020

In den vier Jahren von 2016 bis 2019 waren die Energieverbräuche für Erdgas und Erdöl nahezu konstant. In 2020 ist der Gasverbrauch gegenüber den Vorjahren um ca. 300.000 kWh geringer. Dieser Minderverbrauch ist dem Gaszähler am Wirtschaftsgebäude 1 zuzuordnen. Dies ist plausibel, da dort ein Defekt auftrat und die Wärme über eine mobile Heizölanlage erzeugt wurde.

Für Strom ist von 2016 bis 2020 ein Trend zur Einsparung erkennbar. 2018 und 2019 zeigen aber ähnliche Verbräuche, 2020 ist der Stromverbrauch erneut gesunken. Wenn die Zahlen für 2021 vorliegen, kann geprüft werden ob sich dieser Trend fortsetzt oder 2020 lediglich ein pandemiebedingt geringerer Verbrauch auftrat.

Für die Berechnung der Treibhausgaseinsparungen des Projektes ist eine weitere Bearbeitung der oben dargestellten Rohdaten erforderlich. Zunächst wurden die Daten für Erdgas und Öl witterungsbereinigt. Über das Wärmenetz werden zukünftig 87% des Verbrauchs aus 2019 abgedeckt. Die restlichen 13% werden in Gebäuden genutzt, die perspektivisch abgerissen werden oder so weit von der weiteren Bebauung entfernt sind, dass die Netzanschlusskosten über 1000 €/kW liegen und dadurch der Einsatz dezentraler Ablagen wirtschaftlicher ist. In Tabelle 2 sind die witterungsbereinigten Daten (Verbrauch 2019) und der resultierende Verbrauch für die Gebäude, die an das Netz angeschlossen werden (Verbrauch Netz), zusammen mit dem spezifischen CO_2-Äquivalent (gCO_{2eq}/kWh) und dem sich daraus ergebenden jährlichen Ausstoß an CO_2-Äquivalenten in Tabelle 2 dargestellt. Für Erdgas und Heizöl wurden die spezifischen CO_2-Äquivalente nach GEMIS[1,2] angenommen. Wegen der hohen benötigten Vor- und Rücklauftemperaturen zur Versorgung des Gebäudebestands ist kein Brennwerteffekt nutzbar, es wurden die Werte für den Heizwert angesetzt. Für den Strommix wird der vorläufige Wert für 2019 des UBA von 408 g/kWh verwendet und nicht der geschätzte Wert von 366 g/kWh für 2020, da auch das UBA 2020 pandemiebedingt als Ausnahmejahr ansieht.[3].

[1] IINAS Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien: GEMIS Version 4.95 - April 2017
[2] IINAS (2019): Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG- Emissionen des deutschen Strom-Mix im Jahr 2018 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050
[3] Umweltbundesamt: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid Emissionen in den Jahren 1990 - 2020

Tabelle 2 Jährliche Energieverbräuche des Bestands und der daraus entstehende Ausstoß an CO_2-Äquivalenten pro Jahr (tCO_{2eq}/a) aufgeschlüsselt auf die Energieträger, Öl und Strom

	Verbrauch 2019 kWh/a	Verbrauch Netz KWh/a	CO_2-Äq g/kWh	CO_2-Äq t/a
Erdgas	4.277.299	3.721.250	289	1075
Öl	987.486	859.113	374	321
Strom	1.829.810		408	747
Wärme	5.264.785	4.580.363		**2143**

Der Ausstoß an CO_2-Äquivalenten nach der Sanierung ergibt sich ebenfalls durch die Summe der einzelnen Energieträger. Der Wärmebedarf, der über das Netz bereitgestellt wird, entspricht aber nicht der Summe aus den Verbräuchen aus Öl und Gas, sondern der Summe der Endenergieverbräuche. Es wurde ein mittlerer Jahresnutzungsgrad der bestehenden Kessel von 75% angenommen, dies ergibt 4.580.363 kWh x 0,75 = 3.435.272 kWh. Das Wärmenetz wurde von den WSW dimensioniert und jährliche Netzverluste von 5% bestimmt. Die Wärmemenge, die durch die Wärmeerzeuger des Nahwärmenetzes erbracht werden muss liegt damit bei 3.616.076 kWh.

Um die Anteile der Wärme- und Stromerzeuger des in Abbildung 1 dargestellten, komplexen Systems zu bestimmen, wurden Simulationen mit der Software Polysun durchgeführt. Wärme- und Stromverbrauch werden als Lastprofil mit Stundenwerten berücksichtigt. Für den Stromverbrauch liegen stündliche Verbrauchsdaten, die an den Zählern der Trafostationen gemessen werden, vor. Das Lastprofil ergibt sich als einfache Summe dieser Messpunkte. Die Erstellung des Lastprofils Wärme ist komplizierter. Stündliche Gasverbräuche werden vom Energiecontrolling über die Software Interwatt nur für die Gaszähler am Elefantenhaus und dem Wirtschaftsgebäude erfasst. Alle weiteren Gaszähler erfassen nur täglich Daten, was für die Betrachtung von Lastspitzen eine zu hohe zeitliche Auflösung darstellt. Ölverbräuche werden sogar nur monatlich manuell abgelesen. Die beiden Zähler auf Stundenbasis erfassen aber 80% des gesamten Gasverbrauchs des Zoos. Es wird daher angenommen, dass das Lastprofil der weiteren Gaszähler und der Ölverbräuche dem dieser beiden Zähler entspricht. Mit dieser Annahme können die jährlichen Verbräuche der Ölzähler und der Gaszähler auf Tagesbasis zu den Verbrauchsdaten der Gaszähler auf Stundenbasis addiert werden. Abschließend wurde noch die für den Jahresverbrauch oben beschriebene Umrechnung eines Gasverbrauchs in eine benötigte Wärmemenge eines Wärmenetzes durchgeführt.

Diese Vorgehensweise bei der Erstellung des Lastprofils besitzt eine Unsicherheit bei der Erfassung der Lastspitzen. Mangels Messdaten auf Stundenbasis ist diese Problematik zum jetzigen Zeitpunkt aber nicht anders lösbar. Dies zeigt aber auf, dass für die Ermittlung der Lastspitzen und eine Prognose des kurzfristigen Energieverbrauchs zur optimalen Steuerung der Wärmeerzeuger, Messdaten der einzelnen Verbraucher mit hoher zeitlicher Auflösung notwendig sind. Ein optimaler Betrieb kann nicht vorab festgelegt oder durch Simulationen ermittelt werden. Vielmehr handelt es sich um einen iterativen Prozess, dessen Grundlage die Verbrauchsdaten aller Verbraucher sind. Die Simulationen stellen somit nur einen ersten Ausgangspunkt dar, zeigen aber dennoch, welches Potential zur Senkung der Treibhausgasemissionen vorhanden ist. Für die Simulation wurden die Wärmeerzeuger so gesteuert, dass der Einsatz des Gaskessels in der Spitzenlast minimiert und gleichzeitig der Autarkiegrad in der Stromversorgung maximiert wird. Dabei wurde beachtet, dass alle Wärmeerzeuger durchschnittliche Laufzeiten erreichen, die für die Maschine verträglich sind. Dies ist insbesondere für das Holzvergaser-BHKW wichtig.

Blockheizkraftwerk	**Burkhardt ECO 190**	
Elektrische Leistung	kW	190
Leistung	kW	610
Gesamtnutzungsgrad	%	78,5
Thermischer Nutzungsgrad	%	47,5
Elektrischer Nutzungsgrad	%	31
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Eaux]	MWh	4.403
Energie vom/zum System [Qaux]	MWh	2.090
Erzeugte elektrische Energie BHKW/Generator (AC) [Einv]	MWh	1.365
Betriebsdauer	h	7.217
S/W oder W/W-Wärmepumpe WP Brunnenwasser	**Vitocal 350-G PRO BW 352.A156**	
Jahresarbeitszahl (ohne Pumpenleistung)		3,52
Energie vom/zum System [Qaux]	MWh	692
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Eaux]	MWh	196
S/W oder W/W-Wärmepumpe 4	**WP Max-HIQ F14x1,5**	
Jahresarbeitszahl (ohne Pumpenleistung)		3,94
Energie vom/zum System [Qaux]	MWh	171
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Eaux]	kWh	43.569
Kessel Pelletkessel	**350 kW Pellets**	
Leistung	kW	380
Gesamtnutzungsgrad	%	91,8
Energie vom/zum System [Qaux]	MWh	477
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Eaux]	MWh	519
Kessel Elektroheizkessel	**Elektro 200 kW ohne Wärmeverlust**	
Leistung	kW	200
Gesamtnutzungsgrad	%	95
Energie vom/zum System [Qaux]	kWh	17.817
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Eaux]	kWh	18.755
Kessel Gaskessel	**VITOPLEX 200 Typ SX2A 560 kW**	
Leistung	kW	609
Gesamtnutzungsgrad	%	86,5
Energie vom/zum System [Qaux]	MWh	214
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Eaux]	MWh	248

Abbildung 5: Zusammenstellung der technischen Komponenten und deren spezifischen Kennwerte aus der Simulation

In der Simulation wurden für die jeweiligen Komponenten technische Daten aus Datenblättern der Hersteller hinterlegt. Ein Auszug aus den Simulationsergebnissen der Komponenten ist in der Abbildung 5 dargestellt. Daraus lassen sich die verbrauchten bzw. erzeugten Strom- und Wärmemengen sowie die Effizienz der Komponente ablesen.

Abbildung 6 gibt eine Übersicht über die Anteile der Wärmeerzeuger an der Wärmebereitstellung für das Wärmenetz. Mit 57% wird der Großteil über das Holzvergaser-BHKW erzeugt. Die Anteile der Brunnenwasser-Wärmepumpe von 19% und die des Pelletkessels mit 13% sind gemeinsam zu betrachten. Die Wärmeerzeuger decken mit 160 kW (Brunnen WP) und 105-350 kW (Pelletkessel) einen ähnlichen Leistungsbereich ab. Hier besteht eine Flexibilität, die intern bei der Erhöhung des Eigenanteils am Stromverbrauch durch gleichzeitige Nutzung von BHKW und Wärmepumpe aber auch extern durch gezielte Ansteuerung der Wärmepumpen / Elektroheizkessel durch den Energieversorger im Rahmen eines Smart Grid genutzt werden kann.

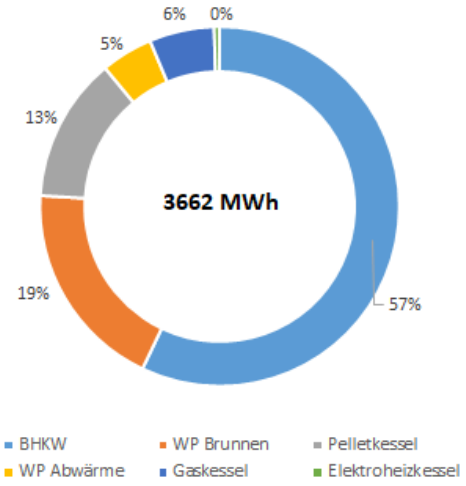


Abbildung 6: Anteile der Wärmeerzeuger an der Wärmebereitstellung für das Wärmenetz

Die Wärmepumpe zur Nutzung der Abwärme aus Kälteanlagen deckt in der Grundlast 5% des jährlichen Wärmebedarfs ab. Sie ist mit 8657 Betriebsstunden durchgängig in Betrieb aber durch die feste Leistung der Kälteanlagen in ihrer Leistung auf 30 kW limitiert. Nur 6% des Gesamtwärmebedarfs werden fossil durch den Spitzenlastkessel erzeugt. Durch Lastverschiebungspotentiale und eine optimierte Steuerung wird angenommen, dass dieser Anteil noch weiter verringert werden kann. Die Simulationsergebnisse mit einer vereinfachten Steuerung zeigen aber bereits, dass eine fast vollständige Bereitstellung von Wärme aus Erneuerbaren Energien möglich ist. Über den Elektroheizkessel werden nur 18 MWh erzeugt. Dies verdeutlicht, dass dieser für die Wärmeerzeugung keine Rolle spielt und nur dazu dient sicher zu stellen, dass der vom BHKW erzeugte Strom nicht in das öffentliche Netz eingespeist wird.

Bei der Bilanzierung der Stromverbräuche und –erzeugung ist zu berücksichtigen, dass die Wärmepumpen elektrisch angetrieben werden und somit den Stromverbrauch gegenüber dem Bestand erhöhen. Das Holzvergaser-BHKW hat ebenfalls einen Eigenbedarf von 8 kW. Abbildung 7 stellt die Stromverbräuche und –quellen des Systems dar. Das Holzvergaser-BHKW erzeugt 1365 MWh elektrischen Strom wovon 1315 MWh direkt im Zoo genutzt werden können. Dies entspricht einer Direktverbrauchsquote von 96%. Bei den restlichen 50 MWh ist sichergestellt, dass diese nicht in das öffentliche Netz eingespeist werden. 30 MWh gehen in die Batterieladung und 19 kWh werden über den Elektroheizkessel in Wärme umgewandelt. Abzüglich Umwandlungsverluste der Batterie können 23 MWh als Batterieentladung von den Verbrauchern genutzt werden. Damit verbleiben 790 MWh, die aus dem Netz bezogen werden müssen.

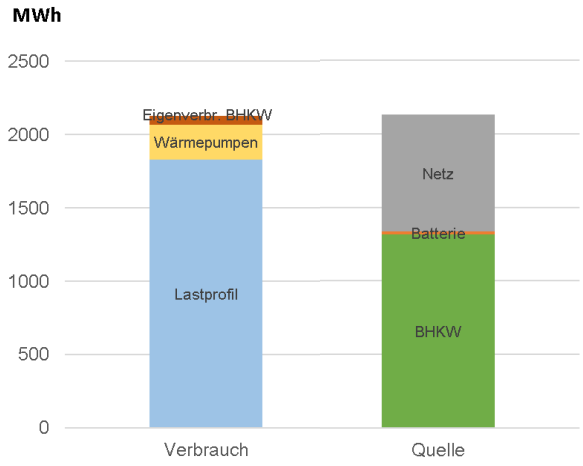


Abbildung 7: Stromverbrauch des Systems und Aufschlüsselung auf Herkunft des Stroms

Mit diesen Auswertungen zum Wärme- und Strombedarf lassen sich die Treibhausgasemissionen auf die Energieträger aufschlüsseln und der resultierende Ausstoß an CO_2-Äquivalenten berechnen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 Bilanz für den Stromverbrauch und -erzeugung sowie der entstehende Ausstoß an CO_2-Äquivalenten pro Jahr (tCO_{2eq}/a) für die jeweiligen Energieträger

Energieträger	Verbrauch MWh/a	CO_2-Äq g/kWh	CO_2-Äq t/a	
Hollzpellets[4]	4.922	29	143	
Erdgas	214	289	62	
Netzbezug Strom	790	408	322	
		Summe	**527**	
		Differenz	**1616**	**-75%**

[4] Bei Einsatz von Holzhackschnitzeln anstelle von Pellets liegen die spezifischen CO_2-Äquivalente laut GEMIS bei 26 g/kWh statt 29 g/kWh, was einer Differenz von nur 15 t/a entspricht.

Durch den Einsatz des klimafreundlichen Energieträgers Holz in einem Holzvergaser-BHKW und Biomassekesseln sowie dem Einsatz von Wärmepumpen ergibt sich für das Wärmenetz eine Einsparung von 1524 t CO_2-Äquivalenten gegenüber dem Bestand, was einer deutlichen Reduktion der THG-Emissionen um 71% entspricht. Es ist anzumerken, dass bei der Wärmeversorgung die Dekarbonisierung besser gelingt als beim Strombedarf. Im Kontext der Energiewende ist dies aber positiv zu bewerten, da die THG-Emissionen des Strommix perspektivisch sinken.

Es ist zu berücksichtigen, dass diese Berechnung auf eher konservativen Annahmen beruht. Das Projekt wird durch ein umfassendes Monitoring hinsichtlich des Stromverbrauchs Effizienz- und Lastverschiebungspotentiale aufzeigen. Erste Ansätze für eine solche Optimierung sind bereits im Projekt Autoflex angelegt. In diesem Forschungsprojekt der Wuppertaler Stadtwerke, der Bergischen Universität Wuppertal und der Neuen Effizienz sollen die Flexibilitätsoptionen von Verbrauchern erhöht werden, um ihren Stromverbrauch dem Energieangebot anzupassen und damit auch die Integration Erneuerbarer Energien zu fördern. Zu Projektbeginn werden daher bereits Daten aus dem Projekt Autoflex zur Verfügung stehen und miteinfließen.

Auf der Wärmeseite besteht die Möglichkeit zur Einsparung durch eine smarte, prognosebasierte Steuerung der Wärmeerzeuger und –verbraucher. Diese Effekte können aber vor Projektstart nur abgeschätzt und nicht seriös quantifiziert werden und bleiben daher in der Berechnung unberücksichtigt.

Fördermitteleffizienz

Die investiven Mittel des Projektes, die beantragt werden, sind ausführlich in der beigefügten Tabelle dargestellt. Diese Kosten werden anhand der technischen Lebensdauern auf jährliche Kosten umgerechnet und in der Tabelle als jährliche Kosten ausgewiesen.

Für die technische Lebensdauer werden die in VDI 2067 genannten Werte übernommen. Für Dienstleistungen wie z. B; Planungskosten wurden 20 Jahre angesetzt. Auszüge finden sich in Tabelle 4. Die vollständige Berechnung ist im Anhang beigefügt. Diese Betrachtung führt zu **176.539 €/a** und damit zu Kosten von **109 €/t a** eingespartes CO_2. –Äquivalent.

Tabelle 4 Technische Lebensdauern von Anlagen nach VDI 2067 der Hauptkomponenten

Komponente	Lebensdauer
Heizzentrale	50
Pelletkessel	20
BHKW	15
Wärmepumpe	15
GLT	10
Übergabestation	30
Nahwärmenetz	30
Brunnenwasserleitung	40
Stromkabel zur Verteilung im Zoo	40
Stromspeicher	10

4. Nachweis der Treibhausgaseinsparungen

Das Gebäudemanagement verfügt über große Erfahrung und Kompetenz im Monitoring von Energieanlagen. Der hierfür zuständige Funktionsbereich 3 verfügt über neun Mitarbeiter*Innen, die die rund 850 Gebäude der Stadt einem Energiecontrolling in den Bereichen Strom, Wärme und Wasser unterziehen. Auch dadurch ist es gelungen den Energieverbrauch der städtischen Gebäude seit 2000 um ein Drittel zu senken. Im Projekt finden ein Monitoring und Energiecontrolling auf mehreren Ebenen statt. Diese drei Ebenen sind die Erfassung der Energieverbräuche und

Treibhausgasemissionen durch ein detailliertes Zählerkonzept, die Gebäudeleittechnik zur Überwachung und Regelung der Anlagen sowie die Verknüpfung mit energietechnischen Simulationen zur Ermittlung und Prognose des optimalen Anlagenbetriebs. Diese drei Ebenen werden nachfolgend genauer beschrieben.

Ebene 1: Erfassung der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen durch ein detailliertes Zählerkonzept

In der Vergangenheit wurde der Zoo in Gänze als einzelner Verbraucher betrachtet. Eine messtechnische Differenzierung – eine Unterteilung der Kosten oder gar Zuweisung auf verschiedene Gehege bzw. Reviere – fand kaum statt. Durch steigende Energiekosten ist der Wunsch nach einem detaillierteren Zählerkonzept entstanden, was bislang aber noch keinen Eingang in ein geändertes Erfassungssystem gefunden hat. Somit stellt das Projekt neben der reinen Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Quellen auch die Möglichkeit dar, die Datenerfassung deutlich zu verfeinern und daraus ein Energiecontrolling, welches dem Standard der anderen städtischen Liegenschaften entspricht, zu realisieren.

Grundsätzlich werden alle Strom- und Wärmeerzeuger (bzw. Verbraucher im Falle der Wärmepumpen) mit Zählern versehen, die Daten in viertelstündlicher Auflösung bereitstellen. Alle dezentralen Übergabestationen in den Gehegen werden mit entsprechenden Wärmemengenzählern ausgestattet. Alle Daten fließen in die Controllingsoftware Interwatt ein und werden dort über automatisierte Regeln weiterverarbeitet. So wird sichergestellt, dass nicht nur auf aktives Handeln von Mitarbeitern eine Auswertung erfolgt, sondern das bei unüblichen Verbrauchsabweichungen aus dem System heraus Meldungen und Warnungen an zuständige Stellen vollautomatisch abgesetzt werden. So können Leckagen aber auch schleichend verlaufende Abnormalitäten erkannt werden. Im Projekt ist es somit möglich den Verbrauch der einzelnen Gehege zeitlich zu erfassen und untereinander zu vergleichen. Unverhältnismäßig hohe Energieverbräuche und zu unnötigen Zeiten auftretende Verbräuche können darüber detektiert werden.

Kenngrößen, die durch das Energiecontrolling ermittelt werden, und die Grundlage für weitere Betrachtungen darstellen, sind:

- Strom- und Wärmeerzeugung bzw. Verbrauch aller Strom- und Wärmeerzeuger
- Wirkungsgrade bzw. Jahresarbeitszahlen der Strom- und Wärmeerzeuger
- Treibhausgasemission je Strom- und Wärmeerzeuger sowie Ermittlung der eingesparten t CO_2 gegenüber dem Bestand
- Absoluter Energiebedarf aller Gehege sowie spezifischer Bedarf pro m^2
- Netzverluste

Ebene 2: Gebäudeleittechnik zur Überwachung und Regelung der Anlagen

Über das reine Energiecontrolling mittels Zählererfassung hinaus, wird eine umfassende Gebäudeleittechnik installiert, die mit umfangreicher Messtechnik die verschiedenen Energieerzeuger und Verbraucher überwacht und regelt. In diesem Zusammenspiel zwischen Energiecontrolling und Gebäudeleittechnik besteht besonderes Potential zur Optimierung des Energieverbrauchs und damit auch ein Ansatzpunkt zur Reduzierung des verbrauchsbedingten CO_2- Ausstoßes. Während die Zählerdaten lediglich die Potentiale aufzeigen, stellt die Gebäudeleittechnik ein Werkzeug für die Umsetzung dar. Sie erlaubt ein tieferes Verständnis für den Anlagenbetrieb und eine Interpretation der Zählerdaten. Der Einsatz von zentraler Gebäudeleittechnik ist Standard für alle Gebäude, die vom Gebäudemanagement der Stadt Wuppertal betreut werden. Sie wird von einem eigenen Team mit sieben Mitarbeiter*innen betreut, die in ständigem Austausch mit den Mitarbeiter*Innen des Energiecontrollings und der Heizungs- und Lüftungstechnik stehen.

Die Gebäudeleittechnik ist besonders wichtig, um das komplexe Zusammenspiel der Wärmeerzeuger zu koordinieren. Die Leittechnik ist insofern ein wichtiger Baustein hin zur Errichtung eines Low-Ex-Netzes, da über diese die minimalen Vorlauftemperaturen für einen behaglichen Betrieb

der jeweiligen Gehege und Gebäude eingestellt werden. Alle Gehege und Gebäude werden daher mit Raumtemperaturfühlern ausgestattet. Ziel ist es die Netztemperaturen möglichst weit abzusenken, um die Wärmeverluste des Netzes zu verringern und die Effizienz der Wärmepumpen zu erhöhen.

Kenngrößen, die über die Gebäudeleittechnik erfasst werden sind z: B.:

- Verfügbarkeit der Strom- und Wärmeerzeuger in Folge von Störungen
- Prozentualer der Anteil der Stunden, in denen die Raumtemperatur über der Solltemperatur liegt, je Gehege. Dies ist ein Maß für die Zuverlässigkeit der Wärmeversorgung. Vermeintliche Energie- und Treibhausgaseinsparungen können leider auch lediglich eine Unterversorgung darstellen.
- Absolute und durchschnittliche Laufzeiten der Wärmeerzeuger. Dies ist besonders wichtig für das Holzvergaser-BHKW, das eine hohe durchschnittliche Laufzeit benötigt.

Ebene 3: Verknüpfung mit energietechnischen Simulationen zur Ermittlung und Prognose des optimalen Anlagenbetriebs

Die dritte Ebene des Monitorings stellt die Verknüpfung der Gebäudeleittechnik mit energietechnischen Simulationen dar. Simulationen stellen immer nur eine erste Annäherung an die Realität dar. Die Messwerte der Gebäudeleittechnik (Temperaturen, Drücke, Durchflüsse) erlauben es aber die in der Simulation verwendeten Modelle bzw. deren Eingangsdaten zu verfeinern und an die Realität anzupassen. Auf der anderen Seite sind die erstmalig verwendeten Regelstrategien noch nicht optimiert. Durch die Simulationen kann aber eine Vielzahl von Regelstrategien getestet werden. Die optimalen Strategien werden dann in der Gebäudeleittechnik umgesetzt. Vor allem in den ersten Betriebsjahren ist durch den sukzessiven Abgleich eine Optimierung der Verbrauchssituation zu erwarten.

Es ist auf Grund der Vielzahl der Strom- und Wärmeerzeuger und der komplexen Verbrauchsstruktur aber auch möglich und sogar eher wahrscheinlich, dass mit einer klassischen Regelung auf Basis von gemessenen Ist-Werten kein optimaler Anlagenbetrieb für das Gesamtsystem erreicht werden kann. Vielmehr ist eine Prognose der über die nächsten Stunden auftretenden Verbräuche notwendig, um die Strom- und Wärmeerzeuger gezielt steuern zu können. Beispielhaft können folgende Szenarien oder Effekte auftreten, die über eine klassische Regelung mit Soll-Ist-Vergleichen nicht abgedeckt werden können:

- Vermeidung des Einsatzes eines erdgasbefeuerten Spitzenlastkessels durch Erhöhung der Netztemperaturen über die eigentliche Solltemperatur infolge eines erwarteten Kälteeinbruchs
- Gezielte Abschaltung von Wärmeerzeugern zu Gunsten des Holzvergaser-BHKWs
- Verhinderung des Einschaltens eines Wärmeerzeugers, wenn die Prognose keinen kontinuierlichen Betrieb, sondern Taktung ermittelt

Eine prognosebasierte Anlagenoptimierung wurde vom Gebäudemanagement der Stadt Wuppertal bisher nicht angewendet und geht über den Stand der Technik hinaus. Die bislang bestehenden Umsetzungen von Nahwärmenetzen weisen ein dauerhaft konstantes Energieniveau auf Erzeugerseite und allenfalls ein optimiertes Regelverhalten der Gebäudeleittechnik ohne Rückmeldekanal an die Erzeugerseite auf. Da die Steuerung von Erzeugung und Bedarf in Wärmenetzen bisher üblicherweise entkoppelt sind, soll in diesem Projekt explizit die Kopplung von Erzeuger- und Abnehmerseite vorgenommen werden.

Dazu wird das System in einer geeigneten Software modelliert und rückwirkend der theoretisch optimale Anlagenbetrieb inkl. aller oben genannten Kenngrößen für diesen Betrieb ermittelt. Die wichtigste Kenngröße stellt in diesem Zusammenhang die prozentuale Abweichung der realen

Treibhausgasemissionen zu den optimierten Treibhausgasemissionen der Simulationen dar. Dieser Teil des Monitorings wird durch die Einbindung eines Forschungsinstituts über einen Auftrag unterstützt. Im Projektteam des Gebäudemanagements bestehen durch eine Promotion im Bereich der Simulation und Optimierung enegietechnischer Anlagen mittels evolutionärer Algorithmen in diesem Themenfeld Kompetenzen, so dass eine zuverlässige Betreuung der Schnittstelle gewährleistet ist. Eine vollumfängliche Entwicklung der Algorithmen zur Bestimmung der optimalen Anlagensteuerung auf Basis von charakteristischen Parametern und die Übertragung der Ergebnisse in eine möglicherweise KI-gesteuerte Gebäudeleittechnik ist aber zeitlich und fachlich nicht darstellbar.

Durch das Forschungsinstitut werden zudem Quartalsreports des Monitorings erstellt damit eine wissenschaftlich fundierte Evaluation der durchgeführten Arbeiten sichergestellt ist. Als Benchmarking dienen dabei die sukzessive abnehmenden CO_2-Emissionen Es wird ein Leitfaden zur standardisierten Auswertung entwickelt, damit auch nach Ende der Projektlaufzeit ein Benchmarking vergleichbar zu den Quartalsreports möglich ist. Dadurch wird eine Verstetigung der Projektziele erreicht.

5. Darstellung der nicht-investiven Begleitmaßnahmen

Nicht-investive Begleitmaßnahmen stellen Aufträge für die Öffentlichkeitsarbeit sowie die Unterstützung des im vorherigen Abschnitts beschriebenen Monitorings dar.

Monitoring zur Bewertung der Projektwirkung

Beim Monitoring muss innerhalb des Projektes zwischen einem Projektmonitoring / Evaluation und einem technischen Monitoring unterschieden werden. Das Projektmonitoring wird stadtintern aber außerhalb des GMW angesiedelt, um das Vier-Augen-Prinzip zu gewährleisten. Es entstehen nur Personalkosten innerhalb der Stadt. Das technische Monitoring wurde im vorherigen Abschnitt bereits detailliert beschrieben. Das Gebäudemanagement der Stadt Wuppertal besitzt umfangreiche Erfahrung im Energiecontrolling und dem Betrieb einer Gebäudeleittechnik. Die prognosebasierte Anlagenoptimierung stellt jedoch für das Gebäudemanagement Neuland dar. Es ist daher wie erwähnt die Einbindung eines Forschungsinstituts in Form eines Auftrags notwendig. Dies eröffnet aber auch eine weitere Möglichkeit der wissenschaftlichen Verbreitung der Projektergebnisse.

Beteiligung und Information der Zielgruppe sowie Öffentlichkeitsarbeit

Neben dem unmittelbaren Ziel, Energie ressourceneffizient und möglichst CO2-frei bereitzustellen, ist mit der Umsetzung des Energiekonzepts für den Grünen Zoo Wuppertal insbesondere die Idee verbunden, der breiten Öffentlichkeit, dem schulischen Bereich, aber auch der Fachöffentlichkeit die Möglichkeiten einer modernen, dezentralen, möglichst CO2-freien Energieversorgung auf Quartiersebene zu demonstrieren.

Die durch das Projekt geplante Öffentlichkeitsarbeit geht über die üblichen Potenziale einer Medienarbeit oder kommunalen Veröffentlichungen weit hinaus, wodurch die Vergabe eines Auftrags erforderlich ist. Vielmehr kann von einem Wissenstransfer gesprochen werden, der, basierend auf Expertisen einzubindender Partner, das Projekt zu einem Erlebnisraum erweitert.

Eine geeignete Institution für Wissenstransfer wird von der Stadt Wuppertal beauftragt und die dafür notwendigen Mittel werden zum überwiegenden Teil aus Eigenmitteln zur Verfügung gestellt, da die zuwendungsfähigen Ausgaben auf 30.000 € begrenzt sind.

Die Adressierung der Öffentlichkeitsmodule folgt einer systematischen Zielgruppeneinordnung über verschiedene Ansätze des Wissenstransfers.

1. Säule: Veröffentlichung in Fachkreisen
2. Säule: Transfer über bestehende kommunale Netzwerke
3. Säule: Einordnung in das integrierte Klimaschutz Konzept (IKSK) der Stadt Wuppertal
4. Säule: Öffentlichkeitsarbeit unmittelbar im Zoo vor Ort für alle Besuchende
5. Säule: Eingliederung in das pädagogische Konzept des Zoos und der Zooschule

Hierbei soll herausgestellt werden, dass das energetische Wärmekonzept des Projekts und damit des Zoos Wuppertal einen Impuls für viele andere, insbesondere Zoologische Gärten als Best-Practise liefert. Die Veröffentlichung in Fachkreise (insb. Zoos) und der Transfer in andere Kommunen steht daher im Fokus des direkten Transfers. (Säulen 1+2+3). Zur Steigerung der allgemeinen Akzeptanz für Klimaschutzmaßnahmen und der dazu notwendigen Infrastruktur-Bauprozesse soll der hohe Besucherstrom direkt genutzt werden. Hierzu sind die Säulen 4+5 vorgesehen, die zwar keinen direkten Transfer auslösen, aber Notwendigkeit und den Nutzen von Infrastrukturmaßnahmen aufzeigen und damit den Prozess begleiten.

Im Folgenden werden die konkreten Maßnahmen unter den jeweiligen Zielgruppeneinordnungen erläutert. Abschließend ist eine Tabelle zur Darlegung der geplanten Ausgaben für die jeweiligen Maßnahmen aufgeführt.

1. Säule: Veröffentlichung in Fachkreisen

Der laterale Transfer orientiert sich an der Übertragung des Konzepts und der Ergebnisse insbesondere an die Zoo-Community. Die Herausforderung der auf kleinem Raum divergierenden Bedarfe an Wärme, Kälte und anderen, stromintensiven Prozessen (Lüften, Pumpen, usw.) ist dort identisch und kann einfach übertragen werden. Der vertikale Transfer folgt der Zielsetzung, das Konzept bzw. das Energiesystem auf andere Quartiere oder Energiesysteme zu übertragen. Hierzu sollen insbesondere kommunale Energieversorger, Energiegenossenschaften, Stadtplaner und der VKIG eingebunden werden.

Maßnahme M1: Kontinuierliche Publikation der Projektergebnisse in Fachzeitschriften und -konferenzen

Der laterale Transfer wird insbesondere durch Akteure geleistet, die das Monitoring und die Bewertung des Projekterfolgs übernehmen. Die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Erkenntnisse sollen in (wissenschaftlichen) Fachzeitschriften publiziert und auf Fachkonferenzen präsentiert werden.

Aus dem Kontext der anderen beteiligten Projektpartner und der angesprochenen möglichen zukünftigen Anwender ergeben sich weitere unterschiedliche Veröffentlichungswege. Dies sind unter anderem:

- Präsentation auf dem jährlichen Kongress der kommunalen Energiebeauftragten, mit über 200 Teilnehmenden aus bundesdeutschen Kommunen durch das GMW
- Mehrteilige Veröffentlichung in Fachzeitschriften über die Projektlaufzeit wie dem Gebäudeenergieberater, der Verbandszeitschrift "Arbeitsplatz Zoo" und den Zeitschriften „energiewirtschaftliche Tagesfragen“ sowie „Die Gemeinde“, „Build-Ing“
- Vorstellung auf der jährlich stattfindenden Jahreshauptversammlung des *Verbands der Zoologischen Gärten e. V.* und dem jährlichen *EAZA Directors Day* und der *EAZA Annual Conference*, um auf nationaler und internationaler Ebene die Entscheidungsträger in den zoologischen Einrichtungen zu informieren
- Vorstellung auf der jährlich stattfindenden Zootechnikertagung mit Teilnehmenden aus zahlreichen Zoos des In- und Auslandes, Ausrichtung der Tagung in Wuppertal zur Präsentation vor Ort geplant

Maßnahme M2: Organisation und Durchführung der jährlichen Zootechnikertagung in Wuppertal

Die Projektergebnisse sollen auf der jährlich stattfindenden Zootechnikertagung vorgestellt werden, um die Projektergebnisse an ein zoospezifisches Fachpublikum transferieren zu können.

Damit eine praxisnahe Darstellung der Projektergebnisse erfolgen kann, soll die Tagung in einem Jahr vor Ort im Wuppertaler Zoo ausgerichtet werden. Bei der Fachtagung kann mit bis zu 60 Teilnehmenden gerechnet werden. Kosten für den Veranstaltungsort werden aufgrund der örtlichen Möglichkeiten im Wuppertaler Zoo nicht anfallen. Die Kosten für ein Catering könnten über ein Sponsoring durch ein Wuppertaler Unternehmen abgedeckt werden. Die übrigen Jahresberichte können auf den Zootechnikertagungen auch an anderen Orten vorgestellt werden.

2. Säule: Transfer über bestehende kommunale Netzwerke

Angegliedert an die vorherigen Säulen greift die Transfer-Säule 2 auf bestehende Netzwerke im interkommunalen Bereich oder bestehende Formate (z. B. über laufende Projekte wie „SDE21“, „bergisch.circular“ o. ä.) aus dem Umfeld lokaler Akteure zurück, bei denen nicht der Zoobetrieb im Vordergrund steht. Insbesondere die Potenziale in der Sektorenkopplung oder der Beitrag zu Zirkulärem Bauen durch die adaptive Wärmeinfrastruktur ist für kommunale Akteure von besonderem Interesse. Das Gebäudemanagement ist stark im Verband der kommunalen Immobilien- und Gebäudewirtschaftsunternehmen VKIG engagiert und kann über diesen den Transfer unterstützen.

3. Säule: Einordnung in das integrierte Klimaschutz Konzept (IKSK) der Stadt Wuppertal

Der Rat der Stadt Wuppertal hat am 24.06.2020 ein integriertes Klimaschutzkonzept beschlossen. Die Klimaleitstelle der Stadt Wuppertal begleitet die im IKSK aufgezeigten 10 Handlungsfelder für den Klimaschutz und die Klimafolgeanpassung. Hierunter fallen unter anderem die Punkte effiziente Wärmeversorgung, Erneuerbare Energien, Stadt als Vorbild und die Klimabildung. All diese Punkte vereinen sich im Förderprojekt und unterstützen damit vorbildlich die Anstrengungen der Stadt Wuppertal den Klimaschutz lokal voranzubringen. Die Klimaleitstelle und ihre Klimamanager*innen begleiten alle Aktivitäten rund um das IKSK und stellen diese auf der Microsite Wuppertal Klimaschutz fortlaufend dar.

Maßnahme M3: Darstellung des Projektes auf der Microsite Klimaschutz der Stadt Wuppertal

Das Projekt kann auf der Microsite Klimaschutz der Stadt Wuppertal aufgenommen und darüber online kommuniziert werden. Dies bietet die Möglichkeit, das Projekt lokal verstärkt in den Fokus zu rücken und die Vernetzung der verschiedenen bereits jetzt und zukünftig beteiligten Teilnehmer*innen im IKSK für eine Multiplikation zu nutzen. Für diese Maßnahme fallen keine Kosten an.

Maßnahme M4: *Darstellung des Projektes in der Gemeinschaft der Global-Nachhaltigen Kommunen*

Die Stadt Wuppertal entwickelt zurzeit ein Konzept zur Entwicklung zu einer Global-Nachhaltigen Kommune. Über den Agenda-Prozess 2021 initiiert entwickelt sich deutschlandweit ein großes Netzwerk von Kommunen, die sich über den Prozess mit den „Sustainable Development Goals – SDGs“ auseinandersetzen. In diesen Arbeitskreisen soll über das Konzept, die Projektentwicklung und im Anschluss die Ergebnisse berichtet werden und auf die Möglichkeiten der Erlebnisräume (Säulen 4+5) verwiesen werden. Ein Transfer in den Kommunalen Bereich wird hierdurch verstärkt.

4.Säule: Öffentlichkeitsarbeit unmittelbar im Zoo vor Ort für alle Besuchende

Den Zoo besuchen im Jahr rund 600.000 Menschen, die weit über die bergische Region hinaus verortet sind und damit eine breite Basis für die Vorstellung des Projektes darstellen.[5] Grundlegend ist dabei die Erlebbarkeit der Maßnahme. Es ist anzunehmen, dass nicht alle Besuchenden mit den im Zoo angesiedelten Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit erreicht werden können. Aber unter der Annahme, dass lediglich 30 % der Zoobesuchenden die Maßnahmen wahrnehmen, können auf diesem Wege bereits eine Vielzahl an Menschen im Jahr über das Projekt informiert

[5] An der Stelle ist anzumerken, dass infolge der COVID 19-Pandemie die Zahl der Besuchenden auf 350.000 im Jahr gesunken ist. Sobald sich die pandemische Lage beruhigt hat, ist wieder mit steigenden Besucherzahlen zu rechnen.

werden. Mit einer Besucherbefragung lässt sich nachträglich die tatsächliche Reichweite der Maßnahmen validieren.

Maßnahme M5: Erlebnispfad „Energiesystem Zoo“

Da sich das Nahwärmenetz im Bereich der öffentlich zugänglichen Besucherwege bewegen wird, kann der Weg der grünen Energie auch entsprechend in der Wegeführung widergespiegelt werden. Es ist angedacht sowohl den Energieweg selbst als auch dessen energetische Größe durch unterschiedlich farbliche Markierungen in der Wegeführung abzubilden. An verschiedenen Stellen des Erlebnispfades „Energiesystem Zoo“ (z. B. heißestes/kältestes Gehege im Zoo, Übergabepunkte, Photovoltaikflächen auf Dächern, usw.) werden **Infotafeln** aufgestellt, die eine jeweilige Situation oder Funktion verständlich aufzeigen, erläutern und in den Gesamtzusammenhang setzen. Der Energieerlebnispfad umfasst ca. 8-12 verschiedene Stationen, eine Verortung in bestehenden Wegeplänen (virtuell und Print) ist vorgesehen.

Herzstück des Erlebnispfads ist die **Schema-Visualisierung**. Die schematische Darstellung ermöglicht es, die Resilienz und die Reaktionsfähigkeit des Energiesystems zu repräsentieren und szenarisch abzubilden. Hierüber können Veränderungen im Energiebedarf (z. B. Sanierung eines Geheges, etc.), in der Erzeugung (Einbau einer PV-Anlage oder Wärmepumpe) oder klimatische Veränderungen eingebaut und deren Wirkung abgelesen werden. Hierzu sollen aus Eigenmitteln zusätzliche Stellen geschaffen werden, die fachgruppenspezifische Führungen anbieten. Finanziert werden würde die Stelle aus den Einsparungen der Energiekosten, die durch das Projekt zu erwarten sind. Dadurch wird verdeutlicht, welche positiven externen Effekte eine Förderung des Projektes mit sich bringen würde. Unter der Annahme, dass bis zu 25 Teilnehmende pro Führung möglich sind und durchschnittlich zwei Führungen pro Woche angeboten werden könnten, können mit der Maßnahme voraussichtlich bis zu 2.600 Personen pro Jahr erreicht werden. Die Führungen sollen nicht nur für Zoobesucher*innen angeboten, sondern teils zielgruppenspezifisch ausgerichtet werden. So könnten Führungen sich konkret an z. B. Unternehmen oder andere zoologische Einrichtungen richten und entsprechende Schwerpunkte gelegt werden.

5. Säule: Eingliederung in das pädagogische Konzept des Zoos und der Zooschule

Ein besonderer Wert wird auf die Kommunikation mit Jugendlichen gesetzt.

*Maßnahme M6: Organisation von Schüler*innen-Exkursionen*

Über das Schulprojekt „Energie gewinnt“ besteht seitens des Antragstellers eine sehr intensive Verbindung zu dem Großteil der Schulen Wuppertals. Für die teilnehmenden Schulen sind Exkursionen (ca. 10 pro Jahr) vorgesehen, in denen die Wirkung des Energie-Projekts erläutert wird. Unter der Annahme, dass 10 Exkursionen pro Jahr mit jeweils bis zu 30 Schüler*innen stattfinden, können bis zu 300 Schüler*innen pro Jahr mit der Maßnahme erreicht werden.

Maßnahme M7: Durchführung eines Junior Uni-Kurses

Weiterhin bestehen enge Kontakte zur „Junior-Uni“, einer außerschulischen Lehreinrichtung, die bundesweit als Vorreiterprojekt gilt. Hierzu ist ein regelmäßiger Kurs pro Jahr vorgesehen, der auf dem Zoogelände durchgeführt wird. Unter der Annahme, dass pro Halbjahr ein Kurs angeboten wird, an dem bis zu 10 Schüler*innen teilnehmen, können bis zu 20 Schüler*innen pro Jahr mit der Maßnahme erreicht werden

Maßnahme M8: Einbindung in das Lehrprogramm der Zooschule

Das Projekt wird von der Planung, über die Umsetzung bis hin zum laufenden Betrieb mit in das edukative Programm des Zoos und deren Bildungseinrichtung, das Zoopädagogische Zentrum, einbezogen. Für die Einbindung der Zooschule ist ein regelmäßiger Kurs (zwei Mal pro Jahr) sowie eine mehrtägige Projektwoche (ein Mal pro Jahr) vorgesehen, an dem jeweils bis zu 30 Schüler*innen (bis zu 90 Schüler*innen pro Jahr) teilnehmen können. Die Kursinhalte werden gemeinschaftlich mit den Projektpartnern entwickelt.

Die Zooschule als Teil des Zoopädagogischen Zentrums stellt ganzjährig Unterricht für Schulklassen jeglicher Schulformen und aller Altersstufen zur Verfügung. Im Jahr 2019 besuchten insgesamt ca. 4.200 Schüler*innen die Zooschule. Die hier tätigen Zoopädagog*innen haben bereits seit längerem neben den klassischen und lehrplangebundenen Themen die Bildung für Nachhaltigkeit (BNE) mit ihren verschiedenen Facetten in die Angebote integriert. Die Tiere des Grünen Zoos sind Inhalt des Lernens, aber auch „Türöffner" für die komplexen globalen Themen wie etwa den Klimawandel, der u. a. die Fragen der Energieversorgung nach sich zieht. Die Verknüpfung von Problembewusstsein mit Ansätzen zu zukunftsfähigen Problemlösungen, von globalen Herausforderungen und lokalen Handlungsoptionen und der Frage was jeder Mensch dazu beitragen kann, findet sich in der BNE-Forderung nach Gestaltungskompetenz. Dies bedeutet, neben dem Problembewusstsein auch exemplarische Handlungsoptionen zu thematisieren. Hier greift das Projekt, indem es eine kontextgebundene Maßnahme lebenspraktisch auf die Realität des Zoos anwendet und den Zoobesucher*innen wie den Schüler*innen ein Beispiel vorstellt und zur Diskussion einlädt.

Zielgruppenübergreifende Öffentlichkeitsarbeit /Begleitmaßnahmen

Maßnahme M9: Medien- und Informationsmaterial für Öffentlichkeitsarbeit und Wissenstransfer

Im (über-)regionalen Transfer soll eine räumliche Verbreitung der Ergebnisse im Vordergrund stehen. Hierzu wird über den Kontakt zu (lokalen) Pressestellen sowie über eigene Informationskanäle (Soziale Medien, Internetseiten, Zoozeitung des Zoovereins, Internetseite der Klimaleitstelle der Stadt Wuppertal, etc.) und über weitere lokale Akteure und Projekte (s. Transfer-Säule 5) auf das Projekt aufmerksam gemacht und Ergebnisse kommuniziert.

Das Projekt verzeichnet einen technologisch komplexen Charakter, den es einer breiten Zielgruppe (nicht nur Fachexpert*innen, sondern auch Schüler*innen und Zoobesucher*innen) nachvollziehbar darzulegen gilt. Für eine erfolgreiche Öffentlichkeitsarbeit und einem wirksamen Wissenstransfer ist daher die Erarbeitung von entsprechenden Medien- und Informationsmaterialien notwendig. Für das Projekt wird zu diesem Zweck ein Erklärfilm, der die Projektidee und -umsetzung visuell veranschaulicht, produziert.

Maßnahme M10: Erarbeitung und Gestaltung einer Abschlussbroschüre

Die Ergebnisse aus dem Projekt gilt es außerdem an andere (zoologische) Einrichtungen zu transferieren, sodass diese von den Erfahrungen profitieren und für eine Neugestaltung eigener Energiesysteme nutzen können. Um einen möglichst ganzheitlichen und anschaulichen Wissenstransfer zu ermöglichen, ist zum Ende des Projektes eine Abschlussbroschüre geplant, die alle relevanten Erkenntnisse zusammenfasst und für die Weiterverwertung aufbereitet. Zu diesem Zweck soll eine Abschlussbroschüre gestaltet und als Online- sowie Printversion (Stückzahl: 1000) zur Verfügung gestellt werden.

Maßnahme M11: Durchführung einer Besucher:innenumfrage

Die tatsächliche Reichweite der verschiedenen Maßnahmen, insbesondere des Erlebnispfades, sollen durch eine Besucherumfrage im Zoo validiert werden. Zu diesem Zweck ist die Konzeptionierung, Gestaltung und Kommunikation einer Umfrage geplant. Die Umfrage kann zum einen Informationen über die tatsächliche Reichweite der Maßnahmen liefern und zum anderen ein Feedback über die Wirksamkeit der Maßnahmen einholen, um diese gegebenenfalls hinsichtlich ihrer Effektivität zu überarbeiten.

Geplante Ausgaben für Öffentlichkeitsarbeit /Begleitmaßnahmen

Für eine harmonisierte Transfermodellierung und Konzeptionierung einer Strategie für Öffentlichkeitsarbeit, die Erstellung des Energie-Erlebnispfads und die Konzeptionierung der schematischen Darstellung des Energiesystems wird auf eine geeignete Institution für Wissenstransfer zurückgegriffen. Die Institution wird von der Stadt Wuppertal beauftragt und die dafür notwendigen Mittel werden aus Eigenmitteln zur Verfügung gestellt. Für die Umsetzung der geplanten Maßnahmen sind jedoch folgende Sachkosten vorgesehen:

	Art (z. B. Flyer, Broschüre, Workshop) und Inhalt	Anzahl/ Jahr	Personen/ Jahr	Einzelpreis Q4/2021	Summe inkl. Preissteigerungen
Informationsmedium	Infotafeln	12	180.000	700 €	9.940 €
Informationsmedium	Schema-Visualisierung	1	2.600	15.000 €	17.507 €
Beteiligungsformat	Führungen	104	2.600	---	---
Beteiligungsformat	Schüler*innen-Exkursion	10	300	---	---
Beteiligungsformat	Junior Uni-Kurs	2	20	---	---
Beteiligungsformat	Kurs in der Zooschule	2	60	?	?
Beteiligungsformat	Projektwoche in der Zooschule	1	30	?	?
Informationsmedium	Platzierung auf der Microsite Klimaschutz	1	undefiniert	---	---
Informationsmedium	Publikation von Projektergebnissen	undefiniert	undefiniert	---	---
Veranstaltung	Zootechnikertagung	1	60	---	---
Informationsmedium	Erklärfilm	1	undefiniert	2.500 €	2.918 €
Informationsmedium	Abschlussbroschüre	1.000	undefiniert	0,70 €	847 €
Umfrageformat	Besucher:innenumfrage	2	undefiniert	---	---

6. Risikoanalyse

Für die Risikoanalyse der in der Skizze getroffenen Annahmen, wurde seitens des Gebäudemanagements eine größere Gruppe von Fachkollegen aus den Disziplinen Hochbau, Tiefbau, Denkmalpflege, Projektmanagement, HLS und GLT hinzugezogen. Die hieraus ermittelten Risiken werden im Folgenden dargestellt und soweit möglich, auch die gegebenen Vermeidungsstrategien oder Reaktionsmöglichkeiten aufgezeigt.

Wie im Meilensteinplan in Abschnitt 11, Abbildung 8 dargestellt, durchläuft das Vorhaben zunächst einen rund 6-monatigen Prozess der Ausschreibung und Vergabe von Fachplanungsleistungen, an den sich eine 10-monatige Planungsphase anschließt. Hierbei handelt es sich um:

- Architektur
- Baugrundgutachten
- Brandschutzkonzept
- Statik
- Ingenieurbüro für Nahwärmenetz und Heizzentrale
- Außenanlagenplaner, falls nicht durch Ingenieurbüro abgebildet
- Schallschutzgutachten

Trotz der aktuell hohen Auslastung bei den Planungsbüros wird nicht erwartet, dass es nicht zu Vergabe dieser Leistung kommt. Um dieses Risiko zu minimieren, wird das Gebäudemanagement geeignete Planungsbüros aktiv auf dieses Projekt hinweisen und um Teilnahme an den Ausschreibungen bitten, so dass über das übliche Portal der Zentralen Vergabestelle der Stadt Wuppertal hinaus ein zusätzlicher Bewerberkreis angesprochen wird.

Der Prozess der denkmalpflegerischen Begleitung wird bereits vor der Veröffentlichung der Ausschreibungen der Fachplaner angestoßen, um bereits dezidierte Vorgaben für die Fachplaner zu erarbeiten und damit die denkmalpflegerischen Genehmigungen entsprechend einfließen zu lassen. Der Zoo Wuppertal befindet sich im denkmalgeschützten Zoo-Viertel und es unterliegen einzelne Gehege weiterhin dem unmittelbaren Denkmalschutz sowie der gesamte Zoo als Parkfläche der Denkmalbereichssatzung unterliegt. Es sind daher umfangreiche Abstimmungen zu treffen, die diesen Bedürfnissen Rechnung tragen. Die hieraus resultierenden Risiken werden durch die im Folgenden dargestellten Strategien minimiert.

1. Die Eingriffe in den einzelnen Gehegen werden auf Arbeiten in den Technikbereichen begrenzt, die darüber hinaus keinen weiteren Eingriff in die Gebäudestruktur darstellen. Erfahrungsgemäß ist dies durch die genehmigenden Behörden genehmigungsfähig und bedarf keines erhöhten Aufwandes in der Ausführung. Da im Bestand keine denkmalgeschützte Technik vorhanden ist, unterliegt diese selbst nicht dem Denkmalschutz.
2. Die Trassenführung wurde in der Vorskizze noch analog der bestehenden Wegeführung vorgesehen. Da die bestehende Wegeführung und deren Oberflächengestaltung durch das Parkpflegewerk tangiert wird, soll die Trassenführung nun soweit möglich parallel zur bestehenden Wegeführung in den Außenanlagen erfolgen. Dies minimiert die Eingriffe erheblich und macht eine Abstimmung mit der Denkmalpflege einfacher.
3. Die Heizzentrale wird in der Peripherie des Zoos angesiedelt und damit nicht in unmittelbarer Sichtbeziehung zu weiteren Gehegen und dem Zooviertel. Darüber hinaus soll eine entsprechende Farb- oder Motivgestaltung der Gebäudehülle, nach Vorgaben der Denkmalpflege vorgenommen werden. Da in diesem Bereich des Zoos darüber hinaus ein weiteres Technikgebäude und die Zooschule bestehen, ordnet sich die Heizzentrale in dieses Ensemble ein. Sollte es aus der denkmalpflegerischen oder bauordungsrechtlichen Beurteilung unerwartet zu Verzögerungen kommen, besteht die Möglichkeit die Heizzentrale in der baulichen Ausführung in der Projektlaufzeit nach hinten zu verlängern, da die Trassenausführung hiervon nicht betroffen ist und damit genügend Puffer gegeben wäre.
4. Die Standortwahl für den Bau der Heizzentrale ist aufgrund der zur Verfügung stehenden Flächen und der denkmalrechtlichen Besonderheiten sehr eng eingegrenzt. Sollte sich im Zuge der Baugrunduntersuchung ein erhöhter Aufwand für die Gründung herausstellen, so kann hierauf nicht durch eine Änderung des Bauplatzes reagiert werden. Dies kann für das Projekt ein erhebliches Risiko in Form von Mehrkosten darstellen.

Dennoch kann es nicht ausgeschlossen werden, dass eine denkmalrechtliche Erlaubnis verwehrt oder keine Baugenehmigung erreicht wird. In diesem Fall wird Meilenstein 1.4 nicht erreicht und das Projekt abgebrochen, wenn absehbar ist, dass die Genehmigungen auch mit Nachbesserungen nicht erlangt werden können.

Die Ausstattung der Heizzentrale wie zuvor beschrieben beinhaltet zwei Risiken. Dies sind der Betrieb des Holzvergaser-BHKWs und die Brunnensituation. Da die Stadt Wuppertal über keine eigenen Erfahrungen im Betrieb von Holzvergaser-BHKWs verfügt, soll das Betriebsrisiko darüber minimiert werden, indem der Betrieb an einen externen Dienstleister mit entsprechender Qualifikation vergeben wird. Die Laufzeiten des BHKWs hängen wesentlich von der optimierten Einstellung von BHKW und Brennstoff aufeinander ab. Ist dies nicht gegeben, führt dies zu einem erhöhten Verschleiß des BHKWs und damit einer Erhöhung der Wartungsfrequenz, was wiederum mit erhöhten Stillstandszeiten verbunden ist. Vor diesem Hintergrund bevorzugt die Antragstellerin nach Information bei unabhängigen Experten von der Enegieagentur NRW und C.A.R.M.E.N. e.V. den Einsatz von Holpellets gegenüber Holzhackschnitzeln aus Landschaftspflegematerial und Gehölzschnitt, da die Brennstoffqualität von Holzpellets deutlich homogener ist. Durch die Auswahl zertifizierter Pellets, wie beispielsweise DIN EN PLUS Ware lässt sich die Brennstoffqualität sehr genau definieren und über einen langen Zeitraum homogen halten. Vorteil der Hackschnitzel im Sinne der Nachhaltigkeit ist aber, dass diese lokal in Kooperation mit dem Holzener-

giehof der GESA gGmbH oder dem stadteigenen Betriebshof, der die Landschaftspflege im Stadtgebiet durchführt, hergestellt werden können. Eine abschließende Entscheidung erfolgt im Rahmen der Fachplanung.

Der Brunnen, der als Wärmequelle für die Wärmepumpe dient, wurde 1975 mit einer Entnahmeleistung von 50m³/h genehmigt und liegt damit über den erforderlichen rund 20m³/ Dauerleistung. Da der Brunnen und die zugehörige Leitung bei Fertigstellung des Vorhabens rund 50 Jahre in Betrieb sind, sind sowohl Leitung als auch Brunnen mit Risiken versehen.

1. Die bestehende Brunnenleitung zeigt bislang keine Anzeichen für Schäden da Förderleistung und Wasserqualität unbeeinträchtigt sind. Ungeachtet dessen, wird die Leitung im Rahmen des Pumpenaustausches in den Brunnen inspiziert und gegebenenfalls mit einem Inliner versehen. Hierfür sind Kosten im Projekt vorgesehen und damit das Risiko einer defekten Brunnenleitung so weit möglich reduziert.
2. Die aktuell eingesetzten Pumpen in den zwei Brunnen sind noch auf die zuletzt erforderliche Brunnenwassermenge konzipiert. Diese werden im Rahmen des Projektes ausgetauscht und sind damit neuwertig und mit keinem weiteren Risiko versehen. Der Austausch dieser Pumpen erfolgt aus Eigenmitteln.
3. Sollte sich der Brunnen während der Projektlaufzeit, beispielsweise aufgrund sich ändernder Klimabedingungen als nicht ergiebig genug für den Betrieb der Wärmepumpe darstellen, so könnte dies über den vermehrten Einsatz des Biomassekessels aufgefangen werden um die Wärmeversorgung auch dann vollständig über erneuerbare Quellen abzudecken.

Da der Zoo Wuppertal in seinen Anfängen auf das Jahr 1879 zurückgeht, besteht bezüglich der in der Vergangenheit verlegten Infrastrukturleitungen nicht in allen Teilen letztendliche Kenntnis über deren genauen Lage. Es ist daher nicht auszuschließen, dass es im Zuge der Nahwärmenetzverlegung zu Konflikten mit bestehenden Leitungen kommt die in der Planungsphase nicht gänzlich ausgeschlossen werden können. Dies beinhaltet prinzipiell drei Risiken.

1. Die Trassenführung trifft während der Bauarbeiten auf bestehende Leitungen für Wasser, Abwasser oder Strom und diese werden im Rahmen der Arbeiten beschädigt. Dieses Risiko wird entsprechend in den Ausschreibungen berücksichtigt und ist dann durch unmittelbar einzuleitende Reparaturarbeiten der ausführenden Firma zu beheben. Substanzielle Auswirkungen auf das Projekt sind nicht zu erwarten, da hierdurch allenfalls Verzögerungen im Bereich von wenigen Tagen entstehen.
2. Die Trassenführung der Nahwärmetrasse ist aufgrund einer Ballung von nicht verlegbaren Bestandsleitungen anzupassen. Eine Verlegung der Trassen stellt technisch keine Schwierigkeit dar, da die Trasse beispielsweise nicht mit speziellem Gefälle ausgeführt werden muss. Jedoch sind gewisse Biegeradien einzuhalten bei der Umfahrung von Hindernissen. Dies könnte zu einer Massenmehrung mit dementsprechenden Mehrkosten sowie Bauzeitenverzug führen.
3. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass auf der Trassenführung felsiger Untergrund ansteht. Sollte dies der Fall sein, verzögert sich die Bauausführung erheblich und es würden deutliche Mehrkosten entstehen.

Gegebenenfalls eintretenden verlängerten Bauzeiten kann durch zwei Maßnahmen begegnet werden. Es ist denkbar die zusätzlichen Ausführungszeiten an die jeweils 5-monatigen Trassenbauabschnitte anzuschließen. Sollte dies aus organisatorischen Gründen des Zoobetriebs nicht denkbar sein, so können ausstehende Arbeiten zu Beginn der folgenden Trassenbauphase angegliedert werden. Über diese zwei Alternativwege ist insgesamt eine Fertigstellung in der Projektzeit sichergestellt. Sollte dieser Fall eintreten, kann es lediglich passieren, dass einzelne Gehege erst zu einem späteren Zeitpunkt an die Heizzentrale angeschlossen werden und die CO_2-Reduzierung in diesen Gehegen um wenige Monate verzögert beginnt. Dieser Effekt stellt für das Gesamtergebnis nach Fertigstellung des Vorhabens aber keine Gefahr dar, da dann sicher alle

geplanten Gehege und Gebäude an das Netz angeschlossen sind und damit die Umstellung in Gänze abgeschlossen sein wird. Selbst wenn dieser Fall auf dem letzten Trassenabschnitt eintreten sollte, verbleiben nach Meilensteinplan fünf Monate zur Trassenanpassung und Ausführung. Da dieser Abschnitt darüber hinaus sehr kurz ist, besteht in den geplanten drei Monaten zur Ausführung bereits zusätzlich ein gewisser Puffer.

Da neben dem Bau der Nahwärmeversorgung weitere Großprojekte im Zoo Wuppertal anstehen, wie beispielsweise die Erweiterung der Elefantenanlage, kann dies zu Kollisionen der verschiedenen Baustellenbereiche und Anlieferverkehre führen. Um diesbezüglich frühestmöglich Risiken zu erkennen und entsprechend entgegensteuern zu können, wird durch das Gebäudemanagement und den Zoo ein Multiprojekt-Management mit aufeinander abgestimmten Bauzeitplänen erstellt. Dies stellt sicher, dass die einzelnen Projekte ohne gegenseitige Beeinflussung durchgeführt werden können.

Da die Modellskizze von April 2021 aus der ersten Antragsstufe im Wesentlichen auf Kostenannahmen und Erfahrungswerten der Jahre 2015-2020 basiert, bildet sie in keinster Weise die im zurückliegenden Jahr und aktuell weiterhin stattfindenden erheblichen Baupreissteigerungen ab. Wie sich beispielsweise bei der Kostenaktualisierung für die Baukosten der Heizzentrale zeigt, übertreffen die vorliegenden Angebote, die im BKI Index abgebildeten Preissteigerungen um ein Vielfaches. So deuten die vorliegenden Angebote auf eine Kostensteigerung um den Faktor 2,3 allein in diesem Bereich hin. Dies stellt für das Projekt ein erhebliches Risiko dar, da die Stadt Wuppertal nur sehr begrenzt in der Lage ist diese Preissteigerungen über eine Erhöhung des Eigenanteils aufzufangen. Die aktuell stattfindende Energiemarktentwicklung führt aktuell sogar zur weiteren Beschleunigung der Kostenentwicklung. Sollte diese Entwicklung weiterhin ungebremst stattfinden und sich im Rahmen der Planungen ab 2023 durch die Fachplaner ein hoher Mehraufwand an Mitteln konkretisieren, könnte dies zum Abbruch des Projektes infolge fehlender Haushaltsmittel führen. Diese Entscheidung wird letztlich durch den Stadtrat auf Basis der Kostenberechnung nach Leistungsphase 3 getroffen, in dem ein Durchführungsbeschluss erteilt oder verwehrt wird (Meilenstein 1.3)

Da diese Problematik für Bauprojekte im Allgemeinen gilt, führt das Gebäudemanagement ein quartalsweises Finanzcontrolling aller Projekte durch und ist dadurch in der Lage entsprechende Entwicklungen auf breiter Basis frühzeitig zu erkennen. Dieses Risiko lässt sich aber zurzeit nur beschreiben und da es ursächlich außerhalb der Einflusssphäre der Antragstellerin liegt, sind auch keine Minimierungsstrategien über die üblichen Ausschreibungspraktiken hinaus anwendbar.

7. Ziele, Zielgruppe(n), Thema und Akteure der geplanten Maßnahmen

Im Rahmen des Projektes CO2-neutrale Energieversorgung für den Grünen Zoo Wuppertal soll ein Nahwärmenetz auf Basis verschiedener nachhaltiger erneuerbarer Energiequellen entstehen und damit den aktuellen Zustand einer dezentralen, veralteten Energieversorgung mit fossilen Energieträgern ersetzen. Hierbei werden verschiedene innovative Ansätze zusammengeführt, die am Beispiel des Zoos aufzeigen, das die erneuerbaren Energieträger auch in einem alten noch nicht sanierten Gebäudebestand nahezu 100 % des Bedarfs abdecken können ohne dabei zukünftige Sanierungspotentiale zu verneinen.

Oftmals wird der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern in Kombination mit einer flankierenden Sanierung der Gebäudehülle geplant und nur unter dieser Maßgabe für sinnvoll erachtet. Wie mit diesem Projekt gezeigt werden soll, ist es sehr wohl möglich bereits die technische Basis auf erneuerbare Energieträger umzustellen ohne damit direkt eine Gebäudesanierung koppeln zu müssen und dies darüber hinaus nicht nur für ein Gebäude, sondern auf Quartiersebene zu denken. Gleichwohl eine Sanierung der Gebäudehülle und damit Reduzierung des Wärmebedarfs zweifelsohne sinnvoll ist, stellt diese in der Regel deutlich größere finanzielle Anforderungen an

die Eigentümer und bringt höhere Eingriffe in das Gebäude mit sich. Wichtig ist, dass bei einer abgestuften Vorgehensweise - wie hier geplant - die Technik auf die Perspektive einer Optimierung der Gebäudehülle reagieren kann und nicht durch die frühe Festlegung verschiedener Komponenten langfristige Einschränkungen entstehen. In diesem Spannungsfeld bewegen sich viele Immobilienbesitzer, was dazu führen kann, dass aus mangelnder Entscheidungsfähigkeit aufgrund vermeintlicher technischer Hindernisse ein Sanierungsstopp entsteht. Dies gilt in besonderem Maße für Gebäude die unter Denkmalschutz stehen und damit Veränderungen an der Gebäudehülle zusätzlichen Anforderungen unterliegen.

Dem wird im Projekt Rechnung getragen, in dem das Nahwärmenetz so konzipiert wird, dass verschiedene regenerative Quellen eingebunden werden, die jeweils verschiedene Temperaturniveaus in der Lage sind zu bedienen. Damit kann die Wärmelieferung im Gesamtnetz variabel an die Bedürfnisse der Gebäude und im Fall des Zoos damit auch an die Bedürfnisse der Tierhaltung angepasst werden. Mit diesem Ansatz werden Lock-in-Effekte vermieden, die bei klassischen Wärmenetzen aufgrund der fehlenden Variabilität der Erzeugung entstehen. Die im weiteren aufgezeigten technischen Lösungen gehen dabei über die reine Bereitstellung von Wärme hinaus und sorgen mittels BHKW Lösungen - mit erneuerbaren Energiequellen als Träger - auch für den Aufbau einer weitestgehend CO_2-neutralen witterungsunabhängigen Stromversorgung des Zoos.

Der Reiz des Projekts liegt in der Modularität des Maßnahmen-Sets, das eine Übertragbarkeit auf verschiedene Quartierssituationen ermöglicht. Dabei kombiniert das Projekt innovative Wärmeerzeuger, greift auf bestehende Wärmequellen (hier Flusswasser über Brunnenwasser) zurück oder nutzt Abwärme aus anderen Prozessen (hier Kälteerzeugung). Intelligente Mess-Steuer-Regeltechnik gewährleistet sowohl das Monitoring als auch eine automatisierte Steuerung sowohl von Verbrauchs- als auch von Erzeugermodulen. Darüber hinaus generiert der systemische Ansatz eine Adaption an klimatische Veränderungen oder technologische Innovationen. Mit Hilfe von dynamischen, KI-basierten Optimierungsalgorithmen kann ein Lastverschiebungspotenzial gehoben werden, welches durch die Energiespeicherkapazität des Gesamtverbunds aus Wärmenetz und Gebäudebestand vorhanden ist. Damit kann der Zoo Wuppertal exemplarisch für z.B. Wohnquartiere seinen Beitrag zur bestmöglichen Nutzung erneuerbarer Energien darstellen – der Zoo wird zum öffentlichkeitswirksamen und begehbaren Labor der Sektorenkopplung.

Da mittel- bis langfristig eine Sanierung des Gebäudebestandes im Zoo zu erwarten ist, ist bei der Netzauslegung auf eine Variabilität der zu leistenden Energieniveaus und Energiemengen zu legen. Dem wird Rechnung getragen, in dem das Netz in der Lage ist auch nur das geringe Temperaturniveau der Wärmepumpe zu transportieren und in einzelnen Gebäuden eine Nachverdichtung über sekundäre Wärmepumpen zuzulassen. Diese Idee entspricht sehr gut der zu erwartenden Sanierungssituation im Immobilienbestand von Quartieren und ihrer heterogenen Besitzstrukturen. Auch dort wird die Sanierung uneinheitlich über längere Zeiträume stattfinden, so dass ein entsprechend variables Bereitstellungssystem erforderlich wird. Hierbei bietet es sich an, die technische Lebensdauer der Erzeuger von rund 20 Jahren als äußeren Sanierungsfahrplan vorzugeben und sich in der Sanierungsplanung daran orientierend aufzustellen. Mit einem solchen Konzept kann sehr schnell eine erhebliche Reduzierung des CO_2-Ausstoßes realisiert und dennoch ein gewünschter Sanierungsdruck auf die Immobilienbestände - bei gleichzeitiger langfristiger Planung der einzelnen Schritte – aufrechterhalten werden. Die gewählte flexible Erzeugerstruktur mit einer gezielten Sektorenkopplung bietet dabei in Kombination mit einem energetischen Monitoring und intelligenter Steuerung von Erzeugung und Bedarf die Chance das im Gebäudebestand vorhandene hohe CO_2-Einsparpotential auch ohne unmittelbare energetische Sanierung der Gebäudehülle aufzuzeigen.

Der Aufbau des Nahwärmenetzes stellt zunächst einen in sich geschlossenen Prozess dar, der die vorgestellten Bereiche des Zoos umfasst. Eine unmittelbare Ausweitung des Projektes und des Nahwärmenetzes ist nicht geplant, da keine weiteren städtischen Liegenschaften in Nähe des Zoos liegen, so dass sich das Projekt nicht in einen größeren baulichen oder energetischen Kontext stellt. Durch die vorgestellten Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit wird das Projekt aber

einer breiten Fachöffentlichkeit und einem großen Publikum vorgestellt. Die Wuppertaler Stadtwerke die innerhalb der Stadtgrenzen ein ausgedehntes Fernwärmenetz unterhalten, haben das Projekt in der Phase der Projektskizze mit ihrem Know-How unterstützt und sind an den Ergebnissen im Sinne einer Umsetzbarkeit auf Quartiersebene interessiert. Die Stadt Wuppertal verfügt unter ihren Liegenschaften über große Bestände die bislang in der Mehrzahl mittels fossile Energieträger beheizt werden und von bestehenden Fernwärmetrassen zu weit entfernt sind, als dass ein Anschluss möglich wäre. Diese Objekte könnten aber als Keimzelle für den Start von Quartiersprojekten dienen und damit in Kooperation mit den Stadtwerken den klimapolitisch sinnvollen Ausbau von Nahwärmekonzepten voranbringen. Für eine derartige Weiterentwicklung und Fortführung des Projektes sind darüber aber hinaus sicherlich weitere Akteure erforderlich, wie beispielsweise Immobiliengesellschaften mit größeren Objektbeständen in ausgesuchten Quartieren. Hierzu wird aktuell – ebenso über die Nationale Klimaschutzinitiative – ein Kommunales Netzwerk zur Steigerung der Energieeffizienz in Wuppertal gegründet. Hierüber sollen Erkenntnisse aus solchen hier vorliegenden Leuchtturmprojekte transportiert und in die lokale breite Anwendung überführt werden. Über die aufgeführten Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit findet ein Transfer der gewonnenen Erkenntnisse in die wesentlichen Betreibergruppen von Wärmenetzen und potentiellen Energielieferanten aus verschiedenen erneuerbaren Energiequellen in Deutschland statt. Es ist mit einem erheblichen Informationsgewinn für Immobilienbesitzer, Ökologen, Kommunen, Energieversorger und nicht zuletzt Betreiber größerer Liegenschaften unter realen Betriebsbedingungen zur Skalierbarkeit eines Nahwärmenetzes - auf Basis erneuerbarer Energien und ihrer unterschiedlichen Energieniveaus – zu rechnen. Über das Gebäudemanagement werden alle kommunalen Betreiber und Abnehmer von Wärmenetzen angesprochen und die Daten beispielsweise über den Arbeitskreis der kommunalen Energiebeauftragten als auch den Verband kommunaler Immobilien- und Gebäudewirtschaftsunternehmen VKIG verbreitet. Der Zoo wird die Ergebnisse über seine bestehenden Netzwerke und die Zootechnikertagungen an ein zoospezifisches Fachpublikum transferieren.

8. Darstellung des Beitrags zu den Förderzielen

In Deutschland gibt es über 800 Zoos und zooähnlichen Einrichtungen, von denen die meisten deutlich kleiner sind, als der Grüne Zoo Wuppertal oder eher als Tierpark bezeichnet werden können. Der Verband der Zoologischen Gärten (VdZ) zählt 65 Zoos als Mitglieder, wovon 53 in Deutschland ansässig sind. Keinem Zoo ist es bislang gelungen, einen klimaneutralen Betrieb zu gewährleisten. Dies ist nicht verwunderlich, denn all diese Einrichtungen stehen alle vor der selben Herausforderung: komplexe und sehr unterschiedliche Anforderungen an die Tierhaltung erfordern einen hohen Energieeinsatz. Damit die natürlichen Lebensräume der Tiere nachempfunden werden können, müssen sehr unterschiedliche Temperaturen in verschiedenen Medien sichergestellt werden. Ob tropische Wärme in einem Aquarium oder arktische Kälte einer Eisscholle gewährleistet werden muss, hängt von den Erfordernissen einer artgerechten Tierhaltung ab. Entsprechend sind die Anforderungen an eine sichere und gleichzeitig sehr diverse Energieversorgung in allen Zoologischen Gärten besonders groß. Mit diesem Modellvorhaben wollen wir einen Weg aufzeigen, wie auch unter diesen komplexen Anforderungen eine weitestgehend klimaneutrale Energieversorgung unter Nutzung verschiedener erneuerbarer Energiequellen umsetzbar ist.

Der Zoo Wuppertal kann dabei sehr gut **als Musterbetrachtung für die Mehrzahl aller Zoos und darüber hinaus für Quartiersansätze im Allgemeinen** genutzt werden, da sowohl seine benötigten Energiemengen, seine Leitungslängen als auch die Spannweite der Wärmedichten in vergleichbarer Größenordnung zu den zuvor genannten Verbraucherstrukturen passen. Der derzeitige Bedarf des Zoos Wuppertal entspricht einem durchschnittlichen Verbrauch von rund 700 Drei-Personen-Haushalten im Bereich Wärme und 600 Drei-Personen-Haushalten im Bereich Strom und damit in etwa dem Bedarf eines nicht sanierten Stadtquartiers mit 1.800 bis 2.000 Bewohnern wie Rehsiepen in Wuppertal-Ronsdorf (ohne gewerbliche Energieverbräuche). Das geplante Nahwärmenetz des Zoos verfügt über rund 1,2 km Leitungslänge. Damit passt auch dies

zum Quartiersansatz, da infolge der höheren zu erwartenden Anschlussdichte mit einem vergleichbaren Leitungsnetz alle infrage kommenden Gebäude erschlossen werden können. Da im urbanen Bereich die Belegungsdichte innerhalb der Verkehrswege höher als im Zoo zu erwarten ist, sind bei einer Übertragung auf den Quartiersansatz für die Koordinierung des Tiefbaus zusätzliche Ansätze zu veranschlagen. Somit wird mit diesem Projekt der Ansatz eines neu zu bauenden Nahwärmenetzes mit dezentraler Energiebereitstellung umgesetzt und damit ein Feldlabor für einen Erfahrungsgewinn derartiger Netzstrukturen geschaffen.

Der im Projekt gewählte Ansatz bietet die Möglichkeit, ein hochadaptives Netz auf Grundlage der Nutzung erneuerbarer Energien im Realbetrieb über einen langen Zeitraum an die variierenden Rahmenbedingungen der Abnehmer anzupassen und damit den Nachweis zu führen, dass auch bei früher Festlegung eines Nahwämekonzeptes keine Lock-in Effekte infolge technischer Parameter entstehen müssen. In diesem Projekt soll modellhaft der nächste **Schritt von Heizwassernetzen zu LowEx Netzen** beschritten werden, um damit perspektivisch auch in der Fläche neue Anwendungen erneuerbarer Energien in einem langfristigen Wärmenetzansatz zu manifestieren. Wärmenetze haben sehr lange Betriebsdauern und sind nicht selten länger als 60 Jahre in Betrieb, so dass es wichtig ist dieses Netz auch langfristig auf Basis erneuerbarer Energien betreiben zu können. Gelingt dies nicht, so ist zu befürchten, dass im Zuge von Sanierungsschritten wieder eine Umstellung auf viele dezentrale Anlagen erfolgt. Dies ist unter dem Gesichtspunkt einer möglichst ressourcenschonenden Verwendung von Materialien aber zu verhindern und der langfristigen Nutzung bestehender Infrastruktur der Vorrang zu gewähren.

Besonderen **Modellcharakter hat dabei die Flexibilität sowohl des verwendeten Nahwärmenetzes als auch der zentralen Erzeugung**. Je nach Gestaltung von Umfang und Geschwindigkeit des Ausbaupfades im Zoo Wuppertal, kann über die Zeitschiene von 20 Jahren entweder eine Umstellung auf geringere Energieniveaus und damit die zunehmende Nutzung von Umweltwärme realisiert werden, oder aber ein weiterer Netzausbau vorangetrieben werden, um somit weitere Gebäude als Teil des Nahwärmenetzes in die Nutzung erneuerbarer Energieträger einzubinden. Der hochadaptive Ansatz ermöglicht damit sowohl eine Ausbaustrategie der erneuerbaren Energiequellen auf niedrigem Energieniveau als auch eine Nutzung von erneuerbaren Energiequellen auf hohem Energieniveau, je nach Bedarfsstruktur in der Zukunft.

Der Einsatz der **Holzvergaser BHKW** Technik ist dabei herauszuheben, da die **innovative Technik zur gekoppelte Wärme- und Stromproduktio**n in den letzten 10 Jahre zwar wesentlich weiterentwickelt wurde, aber bislang aufgrund fehlender Betriebserfahrungen im großen Maßstab noch nicht den Stellenwert erfährt, der ihr im Kontext der Kreislaufwirtschaft und zukunftsfähiger Energiekonzepte zustehen würde. Die im Projekt angelegte Nutzung und Veröffentlichung über den Zoo und die weiteren Projektpartner, bietet die Möglichkeit diese Technik einer sehr breiten Öffentlichkeit vorzustellen und die Übertragbarkeit aus der Modellskizze in die Nutzung zu zeigen. Je nach Übertragungsszenario und vorhandenen Ressourcen (Platz, Material, Personal) kann hierbei auch der Brennstoff Holzhackschnitzel zum Einsatz kommen und damit der Ressourceneinsatz der Vorkette minimiert werden. Im kommunalen Umfeld besteht oftmals ein erheblicher Anfall von verwertbarer Biomasse für eine derartige Nutzung, die aber infolge fehlender Vernetzung zwischen anfallender Biomasse und abnehmender Gebäudeseite nicht realisiert wird. Hier können die gewonnenen Erkenntnisse aus einem langjährigen Betrieb unter kommunalen Bedingungen die brachliegenden Möglichkeiten sowohl in klimapolitischer als auch monetärer Hinsicht offenlegen. Ein **hoher Innovationsgrad** besteht auch für die **Wärmepumpen**, die mit Brunnenwasser aus Filtrat und Abwärme eher **unübliche Wärmequellen** erschließen. Vor allem die Nutzung der Abwärme aus Kälteanlagen, der eine Synchronisation des Kälte- und Wärmebedarfs und damit Lastverschiebungen oder Energiespeicher voraussetzt, besitzt wegen der Vielzahl an Kälteanlagen, deren Abwärme ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird, Modellcharakter.

Darüber hinaus ist die **modellhafte Kombination aus Klimaschutz und Klimafolgeanpassung durch die vorgestellte Art der Brunnenwassernutzung** herauszustellen. Auch wenn im Zoo die Nutzung von Wupperwasser aus Brunnen im Mittelpunkt steht, so können die auftretenden

positiven Effekte auch für eine generelle Brunnenwassernutzung herangezogen werden. Die Wupper und Flüsse im Allgemeinen werden bislang oftmals nicht als Wärmequelle, sondern eher als Wärmesenke betrachtet. Dies führt trotz aller Begleitung durch den Wupperverband und die Wasserschutzbehörden zu einer – wenn auch nur lokal wirksamen – Erwärmung der Wupper. Die aktive Abkühlung von Gewässern, wie der hier beispielhaft betrachteten Wupper, durch deren Nutzung als Wärmequelle, kann - zumindest in Teilen - der durch industrielle Einleitungen und den generellen Klimawandel auftretenden Erwärmung entgegenwirken. Der heimischen Flora und Fauna werden Lebensräume erhalten, da unter diesen Bedingungen Vorteile gegenüber eingetragene Konkurrenzpflanzen und Lebewesen aus wärmeren Klimaregionen bestehen. Wie die technische Konzeption des Projektes zeigt, kann dieser Effekt auch über größere Entfernungen genutzt werden und ist nicht auf Objekte in unmittelbarer Nähe zum Gewässer beschränkt. In einer ersten Projektphase war eine unmittelbare Nutzung der Wupper als Wärmequelle konzipiert und wäre technisch und wirtschaftlich umsetzbar gewesen. Lediglich die Möglichkeit zur Nutzung einer schon bestehenden Brunnenwasseranlage und dem damit verbundenen geringeren Verbrauch grauer Energie bei gleichem Energieertrag für das Nahwärmenetz hat zu den Umplanungen geführt.

Bislang wird das Potential der Brunnenwasserwärmepumpe infolge wasserrechtlicher Beschränkungen oftmals limitiert. Der hier gewählte Ansatz bereits genehmigte Brunnen einer Sekundärnutzung zuzuführen, bietet ein hohes, bislang vernachlässigtes Nutzungspotential. In Deutschland sind allein rund 1300 Trinkwasserbrunnen gemeldet und es ist von einer deutlich höheren Anzahl bei Brauchwasserbrunnen auszugehen. Da Brunnen einer sehr langfristigen Nutzung unterliegen und damit oft mit deutlich höheren Entnahmemengen als unter heutigen Nutzungsbedingungen erforderlich genehmigt worden sind, da in den letzten Jahrzehnten der Wasserbedarf im Bundesdurchschnitt deutlich rückläufig war, liegt hier ein großes energetisch nutzbares Potential vor. Die schon für den Zoo beschriebenen positiven Effekte einer Abkühlung des genutzten Wassers treten auch in diesem Kontext auf und beeinflussen die Wasserqualität positiv. Dabei muss das zur energetischen Nutzung geförderte Wasser nicht ungenutzt abgeleitet werden, sondern kann wie im Zoo Wuppertal für weitere positive biologische Effekte genutzt werden. Die tertiäre Nutzung besteht hier in einer gezielten Einleitung in den Zoobach zur Aufrechterhaltung eines Fließquerschnittes auch in den Monaten von verringerten Niederschlägen und damit auch zu einer Stabilisierung der nachgelagerten Zooteiche.

Hieraus lässt sich gut erkennen, dass die im Projekt gewonnenen Daten und Betriebserfahrung sehr gut geeignet sind, um an anderer Stelle für dezentrale Energieversorgungsansätze in anderen Zoos und Quartieren genutzt zu werden. Die **bundesweite Sichtbarkeit des Projektes** ist **durch die Realisierung im Zookontext** wesentlich erhöht gegenüber der Umsetzung in kleinen Quartieren oder beispielsweise einem Schulzentrum, da der Zoo durch seine Kombination von hohe Besucheranzahlen, seiner Zooschule und der Veröffentlichung in der Fachöffentlichkeit eine sehr hohe Wahrnehmung erfährt. Der gut **skalierbare Ansatz des Projektes** bietet im Rahmen der Veröffentlichung des Projektes die hohe Chance, **Nachahmungsprojekte** zu **initialisieren**, die auf die zu erwartenden Betriebserfahrungen aufsatteln und auf die lokal verfügbaren Quellen abstellen.

9. Beihilfe

Bei der Förderung zur Errichtung eines Nahwärmenetzes mit allen zugehörigen Komponenten handelt es sich tatbestandsrechtlich nicht um eine EU-Beihilfe. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass Zuwendungen an den Zoo mangels unternehmerischer Tätigkeit und in Ermangelung einer zwischenstaatlichen Handelsbeeinträchtigung primärrechtliche keine EU-Beihilfe darstellen. Eine entsprechende Einschätzung durch das Ressort 403.15 EU-Beihilfen und Steuerberatung liegt dem Förderantrag als Anlage bei.

10. Maßnahmen- und Umsetzungsplan

Dem Antrag liegt eine Tabelle mit allen ermittelten Kosten und deren Verteilung auf die Projektjahre bei. Die darin enthaltenen Kosten wurden auf der Grundlage von bestehenden Rahmenzeitverträgen, Richtpreisangeboten und zurückliegenden Ausschreibungsergebnissen aus der kürzeren Vergangenheit ermittelt. Die entsprechenden Unterlagen sind dem Antrag ebenfalls als PDF-Datei beigefügt, so dass diese zur Kontrolle der eingereichten Kosten unmittelbar zur Verfügung stehen. Um die Preisentwicklung zwischen den ermittelten Kosten und der infolge Preissteigerung zu erwartenden Angebote für die Ausführungszeit zu berücksichtigen, wurde eine Fortschreibung des BKI-Indexes vorgenommen und in den entsprechenden Quartalen berücksichtigt. Die hierfür angesetzten Werte wurden der Tabelle beigefügt.

Der Eigenmittelansatz der Stadt Wuppertal erfolgt mit 20% auf die förderfähigen Kosten zuzüglich der Kostenanteile die im Rahmen des Projektes nicht förderfähig aber technisch erforderlich sind. Hierunter ist beispielsweise der Gaskessel inklusive Anschluss und Peripherie zu verstehen.

Die Verteilung der Kosten auf die einzelnen Quartale der Projektjahre entspricht den in Abbildung 8 dargestellten Ausführungszeiten und den in Punkt 11 dargestellten Meilensteinen.

		2023	2024	2025	2026	2027	Gesamt	Förderfähig	Fördermittel
300	Bauwerk - Baukonstruktionen						515.157		
	Betonfertighalle Heizzentrale inkl. Fundamentierung			515.157			515.157	x	515.157
400	Bauwerk - Technische Anlagen								
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen						43.193		
	Sanitärinstallation			9.825			9.825	x	9.825
	Gasanschluss			27.778			27.778	-	0
	Abwasser, Regenwasser			5.590			5.590	x	5.590
420	Wärmeversorgungsanlagen						1.758.468		
	Holzvergaser + BHKW, 190 kWel			851.864			851.864	x	851.864
	Anlagenzertifikat BHKW			25.000			25.000	x	25.000
	Mittellastkessel Pellets 350 kW			104.168			104.168	x	104.168
	Abgas Pelletkessel			13.889			13.889	x	13.889
	Pelletzuführung und Ascheabführung			20.834			20.834	x	20.834
	Wärmepumpe 160 kW Brunnenwasser			131.946			131.946	x	131.946
	Spitzenlast- und Reservekessel Erdgas			69.445			69.445	-	0
	Erdgasleitung Zentrale			4.167			4.167	-	0
	Abgas Erdgaskessel			13.889			13.889	-	0
	Wärmeverteilung Anteil Pellets / Wärmepumpe			166.668			166.668	x	166.668
	Wärmeverteilung Anteil Erdgas			41.667			41.667	-	0
	Montage Anteil Pellets/Wärmepumpe			22.222			22.222	x	22.222
	Montage Anteil Erdgas			5.556			5.556	-	0
	Pufferspeicher 35 m³			48.612			48.612	x	48.612
	Wärmepumpe Abwärme Kälteanlagen 30 kW				24.069		24.069	x	24.069
	Modifikation Kältekreis, Ersatz der Verflüssiger				22.059		22.059	x	22.059
	Hausübergabestationen								
	Wärmeübergabestationen 1. Trassenabschnitt			45.563			45.563	x	45.563
	Wärmeübergabestationen 2. Trassenabschnitt				50.076		50.076	x	50.076
	Wärmeübergabestationen 3. Trassenabschnitt				28.033		28.033	x	28.033
	Wärmeübergabestationen 4. Trassenabschnitt					28.318	28.318	x	28.318
	Elektroheizkessel Power to Heat			40.424			40.424	x	40.424
430	Raumlufttechnische Anlagen						10.928		
	Belüftung Holzvergaserraum			8.150			8.150	x	8.150
	Zu- und Abluftanlagen Heizzentrale			2.778			2.778	x	2.778
440	Starkstromanlagen						425.115		
	Batteriespeicher 67 kWh			74.306			74.306	x	74.306
	NSHV-Verteilung Energiezentrale + Zähler			45.834			45.834	x	45.834
	Verkabelung BUS-System			5.556			5.556	x	5.556
	Elektroinstallation BHKW			13.528			13.528	x	13.528
	Elektroinstallation Pellets / Wärmepumpe			38.889			38.889	x	38.889
	Elektroinstallation Anteil Erdgas			9.722			9.722	-	0
	Beleuchtung			3.472			3.472	x	3.472
	Blitzschutz			4.861			4.861	x	4.861
	Kabel zwischen Böttinger Weg und Selmaweg			49.662	179.284		228.946	x	228.946
450	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen								
	Glasfaserkabel								
480	Gebäudeautomation						212.721		
	MSR Holzvergaser BHKW								
	MSR weitere Wärmeerzeuger Heizzentrale			69.445			69.445	x	69.445
	übergeordnete Regelung, Anbindung an die Gebäudeleittechnik			42.014			42.014	x	42.014
	MSR Wärmepumpe Abwärme Kälteanlagen				10.421		10.421	x	10.421
	MSR Verflüssiger Kälteanlagen				8.268		8.268	x	8.268
	MSR Wärmeübergabestationen 1. Trassenabschnitt			20.418			20.418	x	20.418
	MSR Wärmeübergabestationen 2. Trassenabschnitt				10.368		10.368	x	10.368
	MSR Wärmeübergabestationen 3. Trassenabschnitt				20.842		20.842	x	20.842
	MSR Wärmeübergabestationen 4. Trassenabschnitt					30.945	30.945	x	30.945
490	Sonstiges						50.222		
	Demontage Altanlagen 1. Trassenabschnitt			12.418			12.418	x	12.418
	Demontage Altanlagen 2. Trassenabschnitt				6.306		6.306	x	6.306
	Demontage Altanlagen 3. Trassenabschnitt				12.676		12.676	x	12.676
	Demontage Altanlagen 4. Trassenabschnitt					18.821	18.821	x	18.821

		2023	2024	2025	2026	2027	Gesamt	Förderfähig	Fördermittel
500	Außenanlagen								
510	Erdbau						813.436		
	Graben Erschließung			48.180			48.180	x	48.180
	Wärmenetz Tiefbau 1. Trassenabschnitt			223.700			223.700	x	223.700
	Wärmenetz Tiefbau 2. Trassenabschnitt				151.455		151.455	x	151.455
	Wärmenetz Tiefbau 3. Trassenabschnitt				304.459		304.459	x	304.459
	Wärmenetz Tiefbau 4. Trassenabschnitt					76.889	76.889	x	76.889
	Kopflöcher (10 Stück)			8.754			8.754	x	8.754
520	Gründung, Unterbau								
530	Oberbau								
540	Baukonstruktion in Außenanlagen								
550	technische Anlagen in Außenanlagen						638.047		
	Brunnensanierung zur Erschließung der Wärmequelle			236.987			236.987	x	236.987
	Einleitung Brunnenwasser			6.110	10.124		16.233	x	16.233
	Wärmenetz Rohrbau 1. Trassenabschnitt			124.221			124.221	x	124.221
	Wärmenetz Rohrbau 2. Trassenabschnitt				93.072		93.072	x	93.072
	Wärmenetz Rohrbau 3. Trassenabschnitt				90.946		90.946	x	90.946
	Wärmenetz Rohrbau 4. Trassenabschnitt					76.589	76.589	x	76.589
560	Einbauten in Außenanlagen								
570	Vegetationsflächen								
590	Sonstige Maßnahmen								
700	Baunebenkosten								
730	Architekten- und Ingenieurleistungen						992.915	x	992.915
	Honorar KG300	15.302	90.112	61.208		11.902	178.523,75		
	Honorar KG300 Tragwerk	4.840	32.389			1.861	39.090,68		
	Honorar KG410	1.597	6.970	5.809		871	15.247,37		
	Honorar KG420	34.750	151.636	116.771	7.812	20.735	331.704,75		
	Honorar KG430	450	1.962	1.635		245	4.291,52		
	Honorar KG440	9.579	41.797	21.978	12.853	5.225	91.431,16		
	Honorar KG480	6.547	28.570	15.891	4.887	6.602	62.495,84		
	Honorar KG490	1.796	7.838	2.230	2.160	3.122	17.146,36		
	Honorar KG 510	15.995	42.169	34.734	51.704	13.082	157.684,41		
	Honorar KG550	13.283	35.019	25.995	12.463	8.539	95.298,98		
740	Gutachten						82.061	x	82.061
	Betreutung VgV-Verfahren	19.860					19.860		
	Baugrundgutachter		5.958				5.958		
	Brandschutzsachverständiger		1.950				1.950		
	Prüfstatiker (Rechnerischer Nachweis Standsicherheit 1/1 Honorar)		11.040				11.040		
	Prüfstatiker (Prüfung Konstruktionszeichnungen 1/2 Honorar)		5.520				5.520		
	Prüfstatiker (Prüfung Nachweis statisch-konstruktiven Brandschutz 1/20 Honorar		2.208				2.208		
	Prüfstatiker (Prüfung Konstruktionszeichnungen auf Übereinstimmung mit Nachweis 1/10 Honorar		1.104				1.104		
	Sachverständiger Lüftung			1.258			1.258		
	Sachverständiger Elektrotechnik			1.258			1.258		
	Sicherheitskoordinator			20.865			20.865		
	Sachverständiger Schallschutz		11.040				11.040		
770	allgemeine Baunebenkosten					4.103	4.103	x	4.103
	Material Öffentlichkeitsarbeit						31.211	x	31.211
	Infotafeln			4.085	5.855		9.939,72		
	Schema Visualisierung			17.507			17.507,17		
	Erklärfilm			2.918			2.917,86		
	Abschlussbroschüre					847	846,69		
	Auftrag Öffentlichkeitsarbeit			17.459	17.821	4.512	39.791,87	x	39.792
	Auftrag Monitoring			24.724	20.158	5.103	49.985,00	x	49.985
	Dienstreisen		682	1.343	1.313	726	4.063	x	4.063
	Gesamt	123.999	477.965	3.590.934	1.159.481	319.036	5.671.416		5.499.192

11. Zeitplan und vorgesehene Meilensteine

Eine zeitliche Darstellung der Arbeitspakete und zugehörigen Meilensteine ist in Abbildung 10 gegeben. Im Folgenden werden die Meilensteine bzw. Teilziele der Arbeitspakete beschrieben.

AP1 Planung, Genehmigung und Vergabe

Dieses Arbeitspaket umfasst die Leistungsphasen 1 bis 7 nach HOAI für alle Komponenten. Da das Zoogelände hohen denkmalpflegerischen Ansprüchen genügen muss, ist als Sonderpunkt gegenüber der Abstimmung mit der Bauordnung noch eine intensive Abstimmung mit der unteren Denkmalschutzbehörde und dem Landschaftsverband Rheinland erforderlich. Als Meilensteine sind in diesem Arbeitspaket aktuell vorgesehen:

M1.1 Abschluss der VGV-Verfahren für Architekten- und Ingenieurleistungen
Nach Erreichen dieses Meilensteins sind alle erforderlichen Planer und Ingenieure über öffentliche Vergabeverfahren ausgewählt, so dass die Planung sowohl der Hochbaugewerke, der technischen Anlagen als auch der Außenanlagen beginnen kann.

M1.2 Fertigstellung der Entwurfsplanung aller Gewerke
Der Meilenstein bildet die Abgabe der Entwurfsplanung aller Fachdisziplinen ab, so dass auf dieser Grundlage die entsprechenden Bauanträge eingeholt werden können. Eine projektbegleitende Abstimmung mit der genehmigenden Baubehörde und den denkmalpflegerisch zu beteiligenden Institutionen findet parallel zu den Entwurfsplanungen statt um den anschließend erforderlichen Genehmigungsprozess optimal vorzubereiten.

M1.3 Kostenermittlung auf Entwurfsplanung und Durchführungsbeschluss
Wesentlicher Teil der Entwurfsplanung ist die Durchführung einer Kostenberechnung nach DIN 276. Sollten die Kosten erheblich über den beantragten Projektmitteln liegen und ein erhöhter Eigenanteil durch die Antragstellerin nicht darstellbar sein, so stellt dies ein Abbruchkriterium für das Projekt dar. Meilenstein ist der Erhalt des Durchführungsbeschlusses durch den Rat der Stadt Wuppertal.

M1.4 Erhalt der Baugenehmigung und denkmalrechtlichen Erlaubnis
Der Meilenstein 1.4 sichert die Baugenehmigung und die denkmalpflegerische Erlaubnis der durchzuführenden Arbeiten. Sollte es in diesem Meilenstein zu Verzögerungen der Genehmigung der Hochbaugewerke kommen, so werden die nachfolgenden Arbeiten im AP 2 entsprechend angepasst. Dies ist im Arbeitsplan als entsprechende Optionalzeit im AP 2 dargestellt. Ist absehbar, dass eine Baugenehmigung und eine denkmalrechtliche Erlaubnis nicht erreicht werden, wird das Projekt abgebrochen.

M1.5 Erteilung des Zuschlags in den Vergabeverfahren HLS und Außenanlagen
Bei Erreichen dieses Meilensteins, werden die ausführenden Firmen für die gesamte Projektlaufzeit benannt und damit auch die Gesamtkosten für die zu vergebenden Leistungen abschließend festgestellt (vorbehaltlich der beschriebenen Risiken in der Ausführung, wie beispielsweise unklare Altleitungsführung und damit anfallenden Zusatzarbeiten).

M1.6 Erteilung des Zuschlags in den Vergabeverfahren Hochbau

AP2 Bauliche Umsetzung

Meilensteine der baulichen Umsetzung sind die Inbetriebnahme der Heizzentrale sowie jeweils die Fertigstellung eines Trassenabschnitts inkl. Anbindung des Gebäudes / Geheges an das Netz. Im Einzelnen gliedert sich dies wie folgt auf:

M2.1 Fertigstellung 1. Trassenabschnitt
Die Fertigstellung von Heizzentrale und erstem Trassenabschnitt sind weitestgehend parallel geplant. Da voraussichtlich aber der erste Trassenabschnitt ehr fertiggestellt werden kann als die Heizzentrale ist diese als erster Meilenstein vorgesehen. Die Umsetzung beeinhaltet dabei sowohl die Verlegung des Nahwärmenetzes als auch der Elektrokabel zur Anbindung der Trafostation am Selmaweg. Dies trägt auch der Tatsache Rechnung, dass die in AP1, Meilenstein M1.3 benannten Risiken zu Verzögerungen im Hochbau führen können. Parallel zu den im Zoo, finden die Arbeiten an der Brunnenwasserleitung statt, so dass die Versorgung mit Brunnenwasser für die Heizzentrale gesichert ist.

M2.2 Fertigstellung Heizzentrale
Unmittelbar nach Fertigstellung des ersten Trassenabschnittes wird die Heizzentrale betriebsbereit fertiggestellt, so dass die ersten Gehege über die neue Heizzentrale versorgt werden können. Sollte es hier zu Verschiebungen kommen, erfolgt der Anschluss zu einem späteren Zeitpunkt der als Optionalzeit eingetragen ist. Dies führt zu keinen Verzögerungen der Meilensteine M2.3-M2.5.

M2.3 Fertigstellung 2. Trassenabschnitt
Bei Erreichen des Meilensteins sind die Trassenabschnitte bis zur Zoodirektion fertiggestellt und die entsprechenden Gebäude zum Umschluss vorbereitet. Je nach Zustand der Heizzentrale erfolgt unmittelbar der Umschluss oder zu einem späteren Zeitpunkt. Die Elektrokabel werden begleitend weiter verlegt.

M2.4 Fertigstellung 3. Trassenabschnitt
Der Meilenstein stellt die Verbindung der Gehege rund um das Wirtschaftsgebäude 1 sicher und liefert damit auch den Elektroanschluss der Trafostation mit der Erzeugung im Bereich der Heizzentrale über die BHKWs.

M2.5 Fertigstellung 4. Trassenabschnitt
Der letzte Meilenstein der baulichen Umsetzung liefert den Anschluss an das Raubtierhaus und das Rindergehege. Das Netz ist zu diesem Zeitpunkt vollständig fertiggestellt und die abschließende Einregulierung des Netzes und der Heizzentrale kann durchgeführt werden. Dies spiegelt sich im AP 3 wieder.

AP3 Monitoring & Controlling

Ziel des Arbeitspaketes ist es die Projektwirkung über ein fortlaufendes Benchmarking zu erfassen. Dazu gehört es dem Betrieb der Energieanlagen und Verbraucher zu überwachen. Die Optimierung wird dabei wissenschaftlich unterstützt. Meilensteine sind:

M3.1 + M3.2 Aufschaltung 1. Trassenabschnitt
Diese beiden Meilensteine fallen zusammen, da der Einbau der Zähler deren Aufschaltung und Einbindung in die Energiecontrollingsoftware Interwatt als auch die Inbetriebnahme der Gebäudeleittechnik parallel erfolgt. Da es sich um getrennte Gewerke handelt und diese nicht zwingend parallel ausgeführt werden müssten, werde diese als getrennte Meilensteine im Meilensteinplan ausgewiesen.

M3.3 Aufschaltung 2. Trassenabschnitt
Aufschalten der Energiezähler in die Controllingsoftware Interwatt und Inbetriebnahme der Gebäudeleittechnik für den zweiten Trassenabschnitt

M3.4 Aufschaltung 3. Trassenabschnitt
Aufschalten der Energiezähler in die Controllingsoftware Interwatt und Inbetriebnahme der Gebäudeleittechnik für den dritten Trassenabschnitt

M3.5 Aufschaltung 4. Trassenabschnitt
Aufschalten der Energiezähler in die Controllingsoftware Interwatt und Inbetriebnahme der Gebäudeleittechnik für den letzten Trassenabschnitt

M3.6 Startwert Benchmarking liegt vor
Nach Installation der Zähler in der Heizzentrale und deren Anbindung an die Energiecontrollingsoftware, werden die ersten Verbrauchsdaten ermittelt. Aua diesen werden die Treibhausgasemissionen des Systems berechnet, die zusammen mit denen des Bestands die Grundlage für das Benchmarking bilden.

M3.7 Quartalsberichte
Es wird ein Leitfaden zur standardisierten Auswertung entwickelt. Mit diesem werden Quartalsreports erstellt, in denen das Benchmarking der sukzessive abnehmenden CO_2-Emissionen fortgeschrieben wird.

M3.8 Abschlussbericht
Nach Erreichen des Meilensteins M3.8 kann die abschließende Beurteilung und der Stand der erreichten Projektwirkung dargestellt werden. Dies mündet im Abschlussbericht der den Status Quo der Projektwirkung zum Ende der Projektlaufzeit darstellt mit einem Ausblick auf zukünftige Entwicklungen in der Abnahmestruktur des Quartiers Zoo.

M3.9 Modellierung des Systems abgeschlossen
Vor der Optimierung des Systems durch Algorithmen muss dieses in einer geeigneten Software modelliert werden. Dieser Meilenstein ist somit die Grundlage für weitere Arbeiten im Unterarbeitspaket.

M3.10 Erste Algorithmen zur Optimierung
Die Steuerung des Systems wird kontinuierlich über Algorithmen optimiert. Grundlage ist die Betrachtung von rückwirkenden Betriebszuständen, die über die ersten Daten aus dem Energiecontrolling und der Gebäudeleittechnik charakterisierbar sind. Damit werden die Algorithmen trainiert. Sie werden mit weiteren Daten immer weiter verbessert und erlauben dann auch eine prognosebasierte Steuerung.

M3.11 Wissenschaftlicher Abschlussbericht
Die Projektergebnisse werden wissenschaftlich fundiert dokumentiert. Dies betrifft insbesondere die Beschreibung der Optimierungsalgorithmen. Dieser Bericht richtet sich an Spezialist*innen und wird in vereinfachter Form auch den weiteren Zielgruppen wie Kommunen und Energieversorgern zugänglich gemacht.

AP4 Öffentlichkeitsarbeit und Transfer

Die Öffentlichkeitsarbeit ist ein kontinuierlicher Prozess und beginnt mit der Aufstellung des ganzheitlichen Konzepts, verläuft über den gesamten Projektzeitraum mit begleitender Presse- und Öffentlichkeitsarbeit und wirkt über einzelne Bausteine (z.B. Energieerlebnispfad) weit über den Projektzeitraum hinaus.

Meilensteine des Arbeitspaktes während der Projektphase sind:

M4.1 Fertigstellung der Anzeigetafeln im Eingangsbereich des Zoos und analog zum ersten Trassenabschnitt
Die für den Energieweg konzipierten farblichen Markierungen und Infotafeln werden im Eingangsbereich und auf dem ersten Trassenabschnitt aufgestellt. Im Eingangsbereich wird eine Echtzeitanzeige der erzeugten Energiemengen installiert.

M4.2 Fertigstellung der Anzeigetafeln analog zum zweiten Trassenabschnitt

M4.3 Fertigstellung der Anzeigetafeln analog zum dritten Trassenabschnitt

M4.4 Fertigstellung der Anzeigetafeln analog zum letzten Trassenabschnitt

M4.5 Fertigstellung des Energielehrpfads und Schema-Visualisierung
Der Energielehrpfad wird mit allen farblichen Markierungen und den zugehörigen Infotafeln fertiggestellt. Die Schema-Visualisierung des Gesamtsystems wird abgeschlossen und als interaktives Display in den Lehrpfad eingebunden.

M4.6 Kurse der Junior-Uni durchgeführt
Der Fachbereich Bauingenieurwesen, Elektrotechnik und Informatik der Wuppertaler Junior-Uni erarbeitet ein spezielles Kursangebot rund um das Zooprojekt und den Einsatz erneuerbarer Energien. Diese Kurse finden jährlich statt.

M4.7 Erster Tagungsbeitrag
Die Erkenntnisse aus dem Projekt werden in der Fachöffentlichkeit publiziert. Der erste Tagungsbeitrag ist während der Laufzeit vorgesehen und stellt den Fortschritt des Projektes dar.

M4.8 Veröffentlichung der Ergebnisse in Fachzeitschrift
Die gewonnenen Ergebnisse über die Zeit der Projektbearbeitung und den weiteren Betrieb werden in Artikelform in Fachzeitschriften wie Gebäude-Energieberater, TGA-Fachplaner, etc. veröffentlicht.

AP5 Projektleitung

Dieses Arbeitspaket umfasst die Koordination des Projektes und der Projektpartner. Ferner erfolgt über die Projektleitung die Kommunikation zum Projektträger sowie die Erstellung der regelmäßigen Zwischenberichte, die Koordination der Statustreffen und die Erstellung des Verwendungsnachweises mit abschließendem Sachbericht. Meilensteine dieses Arbeitspaketes sind Monitoring und Evaluation des Projektfortschritts inkl. Dokumentation zu den Zeitpunkten, an denen die anderen Arbeitspakete besondere Meilensteine erreichen. Im Einzelnen sind dies:

M5.1 Kostenermittlung und Durchführungsbeschluss
Dieser Meilenstein stellt die Überprüfung eines Abbruchkriteriums durch das Projektmonitoring dar. Wird im Stadtrat kein Durchführungsbeschluss erwirkt, wird das Projekt abgebrochen. Dieser Meilenstein ist daher mit M1.3 verknüpft.

M5.2 Erhalt der Baugenehmigung und denkmalrechtlichen Erlaubnis
Dieser Meilenstein stellt die Überprüfung eines Abbruchkriteriums durch das Projektmonitoring dar. Wenn absehbar ist, dass keine Baugenehmigung oder denkmalrechtlichen Erlaubnis erhalten werden könne, wird das Projekt abgebrochen. Dieser Meilenstein ist daher mit M1.4 verknüpft.

M5.3 Aufschaltung 1. Trassenabschnitt und Bau der Heizzentrale
Zu diesem Zeitpunkt sollen der 1. Trassenabschnitt (Meilenstein 3.1) errichtet und der der Heizzentrale abgeschlossen sein (Meilenstein 3.2). Dies ist Anlass für das Projektmonitoring den Planungs- und Bauprozess vor allem hinsichtlich Termin- und Kostentreue zu evaluieren um Rückschlüsse für spätere Bauabschnitte ziehen zu können.

M5.4 Erster Tagungsbeitrag
Mit dem ersten Tagungsbeitrag (Meilenstein 4.7) sind alle Säulen des Wissenstransfers im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit bedient worden. Dies ist Anlass für das Projektmonitoring zu evaluieren, ob ein zielgruppenspezifischer Wissenstransfer erfolgt ist und zu prüfen, wie vor dem Hintergrund von einem Jahr Restlaufzeit des Projektes insbesondere der Transfer in Fachkreise optimiert werden kann.

M5.5 Ein Jahr Betrieb des Wärmenetzes
Das Wärmenetz ist ein Jahr Betrieb. Dies ist Anlass die Wirkung des Projektes über die Treibhausgasemissionen zu erfassen. Da die Simulation des Systems abgeschlossen ist und erste Optimierunsalgorithmen vorliegen, sind geeignete Werkzeuge für eine Optimierung des Betriebs vorhanden.

M5.6 Abschlussbericht
Eine rückwirkende Evaluation des Projektes findet zu Projektende statt und wird im Abschlussbericht dokumentiert. Dieser stellt den Meilenstein dar.

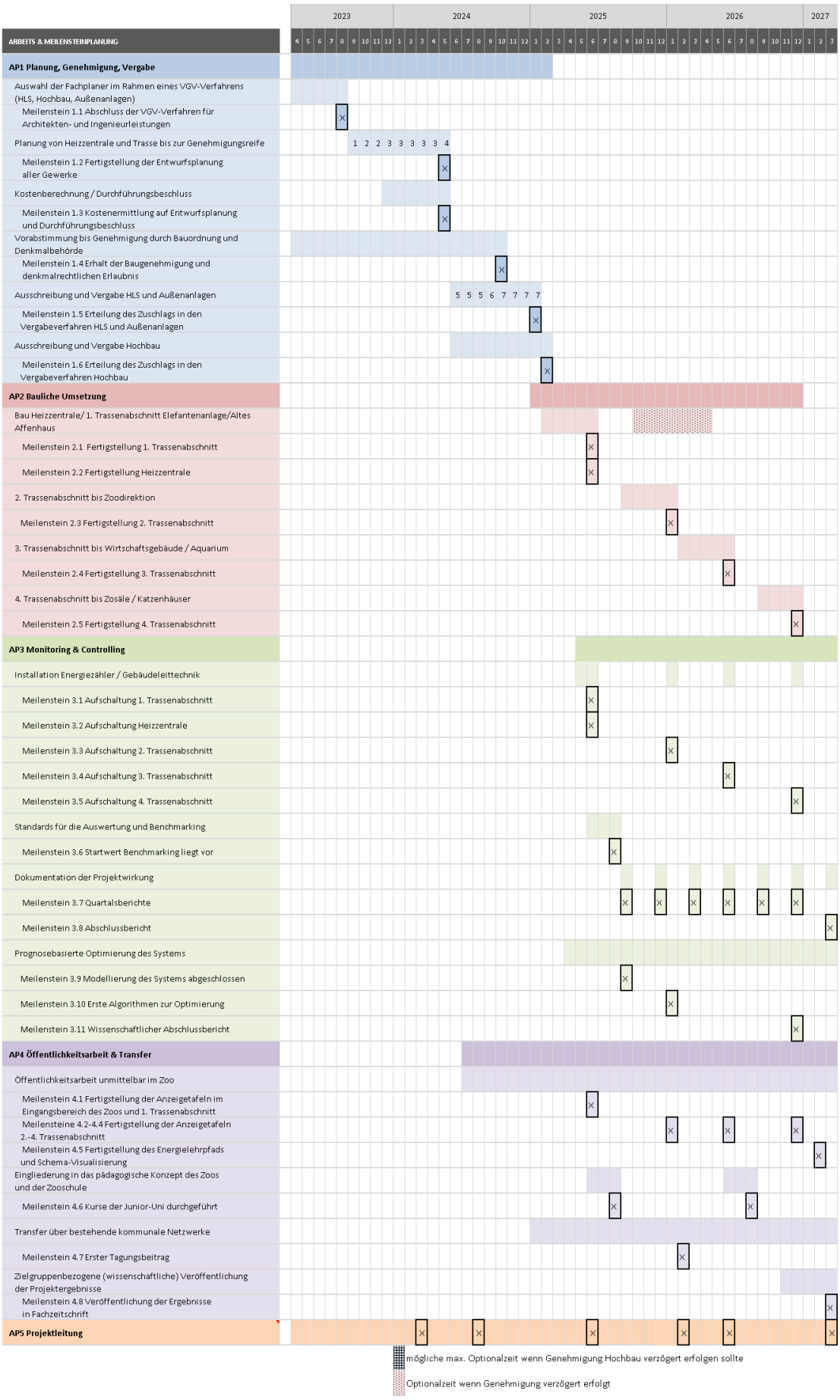


Abbildung 8: Darstellung der Arbeitspakete und Meilensteine

Meilensteine / Maßnahmen

Meilenstein / Maßnahme	Bezeichnung	aktueller Stand der Umsetzung (begonnen, vollständig erbracht, zur Hälfte erbracht, verschoben etc.)	geplante Fälligkeit gemäß Arbeitsplan (Datum)	tatsächliche Fälligkeit (Datum)	Erläuterung (Gründe für mögliche Änderungen, kurze Darstellung der ergriffenen Maßnahmen zur termingerechten Erreichung)
M1.1	Abschluss VGV	noch nicht erbracht	August 2023		Vergabeverfahren erbringt keine geeigneten Bieter, Wiederholung erforderlich
M1.2	Fertigstellung Entwurfsplanung	noch nicht erbracht	Mai 2024		Verzögerung durch baurechtliche- und denkmalpflegerische Abstimmung möglich
M1.3	Kosten auf Entwurfsplanung	noch nicht erbracht	Mai 2024		Eigenmittelquote kann nicht sichergestellt werden, Abbruchkriterium
M1.4	Erhalt Baugenehmigung	noch nicht erbracht	Oktober 2024		Genehmigung für Hochbau erfolgt verspätet, Ausweichtermin schon im Balkenplan eingeplant
M1.5	Zuschlag für Arbeiten HLS und Tiefbau	noch nicht erbracht	Januar 2025		Vergabeverfahren erbringt keine geeigneten Bieter, Wiederholung erforderlich
M1.6	Zuschlag Hochbauarbeiten	noch nicht erbracht	Februar 2025		Vergabeverfahren erbringt keine geeigneten Bieter, Wiederholung erforderlich
M2.1	Fertigstellung Trassenabschnitt 1	noch nicht erbracht	Juni 2025		Anpassung des Trassenverlaufs infolge Baugrund oder querender Trassen erforderlich, Bauzeitenpuffer vorhanden
M2.2	Fertigstellung Heizzentrale	noch nicht erbracht	Juni 2025		
M2.3	Fertigstellung Trassenabschnitt 2	noch nicht erbracht	Januar 2026		Anpassung des Trassenverlaufs infolge Baugrund oder querender Trassen erforderlich, Bauzeitenpuffer vorhanden
M2.4	Fertigstellung Trassenabschnitt 3	noch nicht erbracht	Juni 2026		Anpassung des Trassenverlaufs infolge Baugrund oder querender Trassen erforderlich, Bauzeitenpuffer vorhanden

M2.5	Fertigstellung Trassenabschnitt 4	noch nicht erbracht	Dezember 2026	Anpassung des Trassenverlaufs infolge Baugrund oder querender Trassen erforderlich, Bauzeitenpuffer vorhanden
M3.1	Aufschaltung Trassenabschnitt 1	noch nicht erbracht	Juni 2025	
M3.2	Aufschaltung Heizzentrale	noch nicht erbracht	Juni 2025	
M3.3	Aufschaltung Trassenabschnitt 2	noch nicht erbracht	Januar 2026	
M3.4	Aufschaltung Trassenabschnitt 3	noch nicht erbracht	Juni 2026	
M3.5	Aufschaltung Trassenabschnitt 4	noch nicht erbracht	Dezember 2026	
M3.6	Ermittlung Benchmark	noch nicht erbracht	August 2025	
M3.7	Quartalsberichte	noch nicht erbracht	quartalsweise ab September 2025	
M3.8	Abschlussbericht	noch nicht erbracht	März 2027	
M3.9	Systemmodellierung abgeschlossen	noch nicht erbracht	September 2025	
M3.10	Optimierungsalgorithmus 1.Durchlauf	noch nicht erbracht	Januar 2026	
M3.11	wissenschaftlicher Abschlussbericht	noch nicht erbracht	Dezember 2026	
M4.1	Fertigstellung Anzeigetafeln Eingang und Trassenabschnitt 1	noch nicht erbracht	Juni 2025	
M4.2	Fertigstellung Anzeigetafeln Trassenabschnitt 2	noch nicht erbracht	Januar 2026	
M4.3	Fertigstellung Anzeigetafeln Trassenabschnitt 3	noch nicht erbracht	Juni 2026	

M4.4	Fertigstellung Anzeigetafeln Trassenabschnitt 4	noch nicht erbracht	Dezember 2026
M4.5	Fertigstellung Energielehrpfad	noch nicht erbracht	Februar 2027
M4.6	Erster Kursdurchgang der Junior-Uni	noch nicht erbracht	August 2025/August 2026
M4.7	Tagungsbeitrag	noch nicht erbracht	Februar 2026
M4.8	Veröffentlichung in Fachzeitschrift	noch nicht erbracht	März 2027
M5.1	Fertigstellung Entwurf	noch nicht erbracht	März 2024
M5.2	Baugenehmigung	noch nicht erbracht	August 2024
M5.3	1.Bauabschnit	noch nicht erbracht	Juni 2025
M5.4	1.Tagungsbeitrag	noch nicht erbracht	Februar 2026
M5.5	Ein Jahr Betrieb des Wärmenetzes	noch nicht erbracht	Juni 2026
M5.6	Projektabschluss	noch nicht erbracht	März 2027