

Nahwärmekonzept Schulzentrum Lüdinghausen

Nahwärmenetze

Als Nahwärmenetz bezeichnet man eine Wärmeverteilung an mehrere Abnehmer, die durch einen zentralen Wärmeerzeuger gespeist wird. Der Unterschied zur Fernwärme ist nicht klar definiert. In der Regel sind damit Wärmenetze gemeint, die wesentlich kleiner als durch große, konventionelle Heizkraftwerke gespeiste Netze sind (z.B. Stadtwerke Münster).

Vorteile

- Geringerer Wartungsaufwand der Wärmeerzeuger (nur wenige Wärmeerzeuger an einer zentralen Stelle)
- Komplizierte, regenerative Brennstoffe wirtschaftlicher nutzbar (z.B. Holzhackschnitzel, Power-to-Heat)
- Günstigere Brennstoffkosten durch große Abnahmemenge
- Evtl. Flexibilität bei der Brennstoffnutzung (bei unterschiedlichem Brennstoffeinsatz)
- Wirtschaftlicher Einsatz von (Saisonal-) Speichern möglich
- Aufbau von Redundanz ist einfacher. Bei Störungen ist das Netz eher Träge (bei hinreichender Speicherkapazität) und es kommt nicht sofort zu einer Auskühlung der Gebäude
- Als Ergebnis geringere Wärmekosten und Treibhausgasemissionen möglich

Nachteile

- Höhere Verluste in der Wärmeverteilung
- Hohe Investitionskosten für das Netz (jedoch lange Lebensdauer, in der Regel wesentlich länger als die Wärmeerzeuger)
- Bei Wärmeverkauf an Dritte Abrechnungsaufwand
- Bei gleicher Technik gegenüber einer dezentralen Lösung höherer Brennstoffbedarf und CO₂-Emissionen

Wirtschaftlichkeit

Ein Nahwärmenetz ist nicht immer die bessere Lösung gegenüber einer klassischen dezentralen Versorgung. Es müssen bestimmte Bedingungen erfüllt sein, bevor man die Detailplanung eines Nahwärmenetzes beginnt. Positive Indikatoren sind:

- **Großer Wärmebedarf auf relativ kleiner Fläche/Strecke:** Überschlägig kann dies berechnet werden über die Wärmelinienichte. Da der größte investive Unterschied eines Nahwärmenetzes gegenüber der dezentralen Lösung das Netz ist, kann die genutzte Wärme im Verhältnis zur Netzlänge als Indikator dienen (wie viele kWh Wärme kommen auf einen Meter Netz?). Je größer die Wärmelinienichte ist, desto geringer wird der Anteil der Netzkosten am Wärmepreis.

Wichtige Werte:

- Ab 500 kWh/(m*a) ist bei Belieferung Dritter eine Förderung durch die KfW möglich

- Ab ca. 2.500 kWh/(m*a) ist ein Nahwärmenetz mit hoher Wahrscheinlichkeit auch ohne Förderung wirtschaftlich zu betreiben
- Das in Lüdinghausen berechnete Netz hat eine Wärmliniendichte von ca. 4.600 kWh/(m*a)
- **Hohe Spreizung Vorlauf/Rücklauf, geringes Temperaturniveau:** Da bei der Wärmeverteilung in einem Nahwärmenetz Wärmeverluste über die Leitungen entstehen, ist eine hohe Temperaturspreizung zwischen Vorlauf und Rücklauf (d.h. die Verbraucher senken die Temperatur im Netz stark ab) sowie ein generell eher niedriges Temperaturniveau der Wirtschaftlichkeit des Netzes zuträglich. Dies wird im Bestand dadurch erreicht, dass vor Planung und Bau des Netzes zunächst die Hydraulik in den Gebäuden optimiert wird. In Neubauten kann beispielsweise eine Fußbodenheizung mit geringem Temperaturbedarf die Temperatur im System optimieren.
- **Einsatz kostengünstiger Brennstoffe möglich:** Durch die Zentralisierung der Wärmeerzeugung ist es möglich, Brennstoffe einzusetzen, die im Handling bei Kleinanlagen zu kompliziert wären. Diese sind (wie etwa Holzhackschnitzel) im Preis pro kWh günstiger als verbreitetere Brennstoffe wie Erdgas oder Holzpellets. Zudem kann von Sonderkonditionen bei hohen Abnahmemengen profitiert werden.
Werden mehrere verschiedene Brennstoffe eingesetzt kann außerhalb extremer Kälteperioden der jeweils günstigere Brennstoff eingesetzt werden.
- **Gleichzeitig hoher Strombedarf vorhanden:** Ein hoher Strombedarf ermöglicht den Einsatz eines größeren BHKW mit Eigenstromnutzung, wodurch die Stromkosten gesenkt werden können. Der Strom darf jedoch nicht über das öffentliche Netz geleitet werden. Dies ist im Fall Schulzentrum Lüdinghausen noch abzuklären.

Szenarien und Vorgehensweise

Es wurden für das Schulzentrum Lüdinghausen folgende Szenarien untersucht:

- Szenario 1: Gas-BHKW 50 kW_{el} + Gaskessel
- Szenario 2: Gas-BHKW 100 kW_{el} + Gaskessel
- Szenario 3: Gaskessel
- Szenario 4: Dezentrale Lösung mit Gaskesseln

Solarthermie (evtl. mit Wärmepumpe) ist aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs und der fehlenden Möglichkeit, einen Saisonspeicher einzubinden in diesem Fall nicht geeignet. Eine dezentrale Einspeisung von Solarwärme reduziert zudem die Auslastung der Heizzentrale und des Netzes und ist für die Wirtschaftlichkeit eher kontraproduktiv.

Die oben genannten Szenarien wurden von uns unter Zuhilfenahme synthetischer Lastgänge für Schulen und Sporthallen stundengenau über ein Jahr simuliert. Die eingesetzte Anlagentechnik entspricht normalem technischen Standard. Die angenommenen Anlagenkosten, Brennstoffkosten, Betriebskosten und Teuerungsraten sind eher konservativ gewählt. Alle Preise sind Nettopreise.

Ergebnisse

Auf Basis der von der Gemeinde Lüdinghausen gelieferten energetischen Verbrauchsdaten, Lageplänen, Bestandsnahmen und Vor-Ort-Begehungen ist ein möglicher Trassenverlauf und ein Standort für die Heizzentrale ausgewählt worden. Diese sind in Abbildung 1 zu erkennen. Die

Leitungen würden primär unter Grasnarbe und Pflaster verlegt, wodurch kaum Aufreißen von Asphalt nötig ist.



Abbildung 1: Lage Verbraucher, Heizzentrale und Wärmeleitungen

Ergebnis der Berechnungen sind diverse Kennzahlen, die Auskunft über die Wirtschaftlichkeit, den Betrieb und die Umweltfreundlichkeit der Szenarien geben. Da die Preise nur grobe Schätzungen sind, können sich die Daten während der Planung noch ändern, die Vergleichbarkeit zwischen den Alternativen ist jedoch gegeben. Die wichtigsten Kennzahlen sind im Folgenden dargestellt und erläutert.

Abbildung 2 stellt die Investitionskosten und die jährlichen Kosten für Betrieb und Bedarf dar. In den jährlichen Kosten sind neben den Brennstoffkosten auch Wartung, Inspektion, Versicherung, Arbeitsstunden für Betrieb etc. enthalten. Deutlich zu erkennen ist, dass ein Nahwärmenetz in jedem Fall zu höheren Investitionen gegenüber einer klassischen dezentralen Lösung (wie Status Quo in jedem Gebäude eine eigene Gasheizung) führt. Dies ist vor allem auf das aufwendige Wärmeverteilnetz zurückzuführen. Um die hohen Investitionskosten aufzufangen müssen folglich die Betriebskosten eines Nahwärmenetzes geringer sein. Ein auf Erdgas basierendes Wärmenetz kann dies nur dann erreichen, wenn die Erlöse aus der Stromerzeugung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) hinreichend hoch sind, da Verluste durch die Wärmeverteilung wieder eingespielt werden müssen. In dieser Konzepterstellung wurde mit angenommenen 20 % Eigenverbrauch beim 100 kW_{el}-BHKW und 30 % Eigenverbrauch beim 50 kW_{el}-BHKW angenommen. Die Annahmen basieren auf den Stromverbräuchen und daraus erstellten synthetischen Lastgängen. Alternative Brennstoffe erreichen schneller eine Wirtschaftlichkeit. Der Endkundenpreis für Hackschnitzel ist in den letzten Jahren sehr stabil auf einem Niveau deutlich unterhalb des Gaspreises angesiedelt (siehe Abbildung 5).

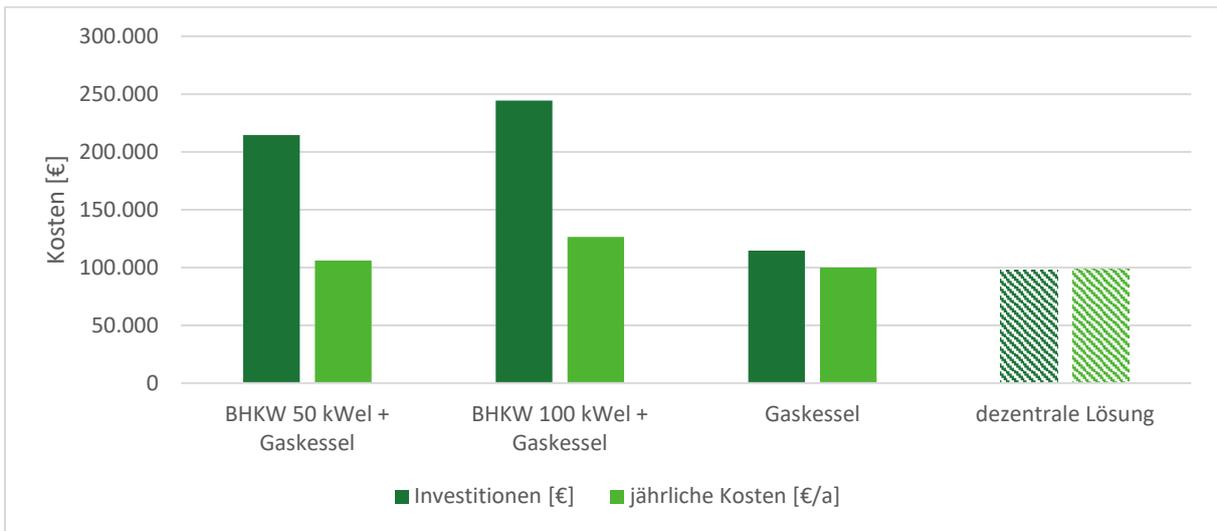


Abbildung 2: Investitionskosten und jährliche Kosten für Betrieb und Bedarf der Szenarien

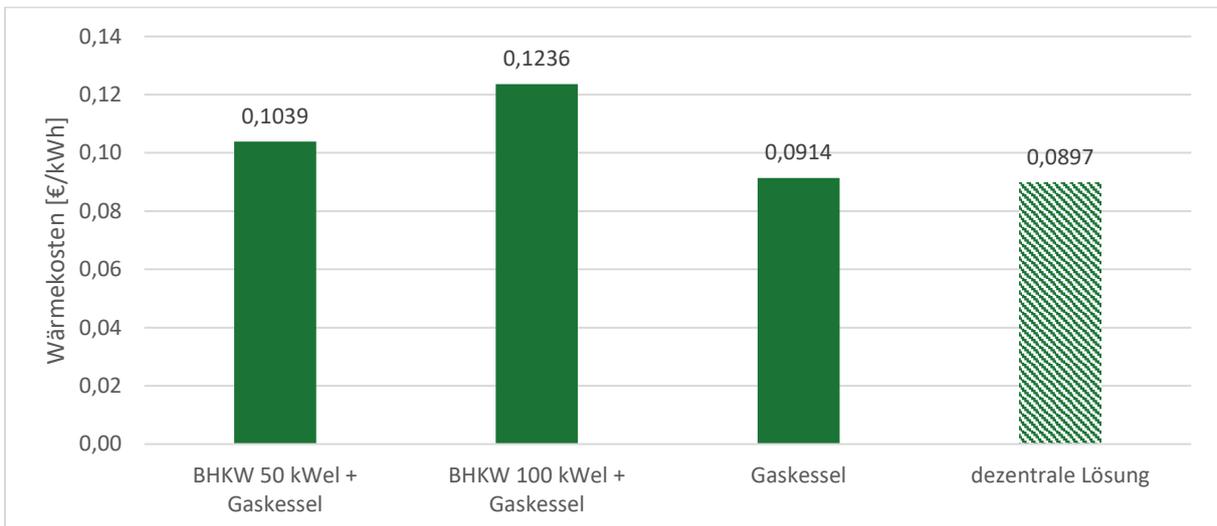


Abbildung 3: Wärmegestehungskosten unter Berücksichtigung aller Kosten über 20 Jahre der Szenarien

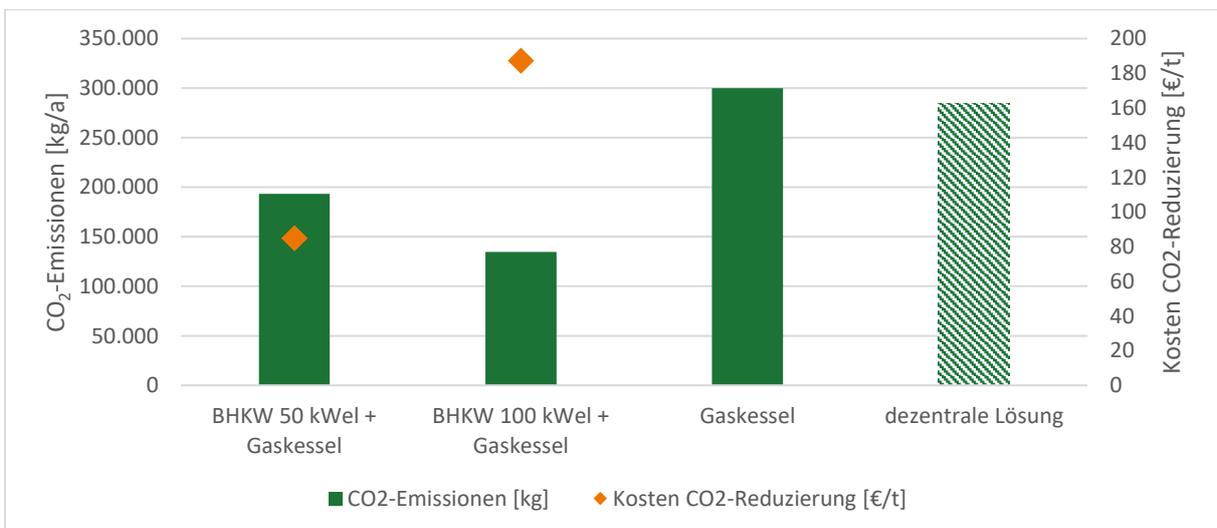


Abbildung 4: CO₂-Emissionen sowie CO₂-Minderungskosten je Tonne CO₂

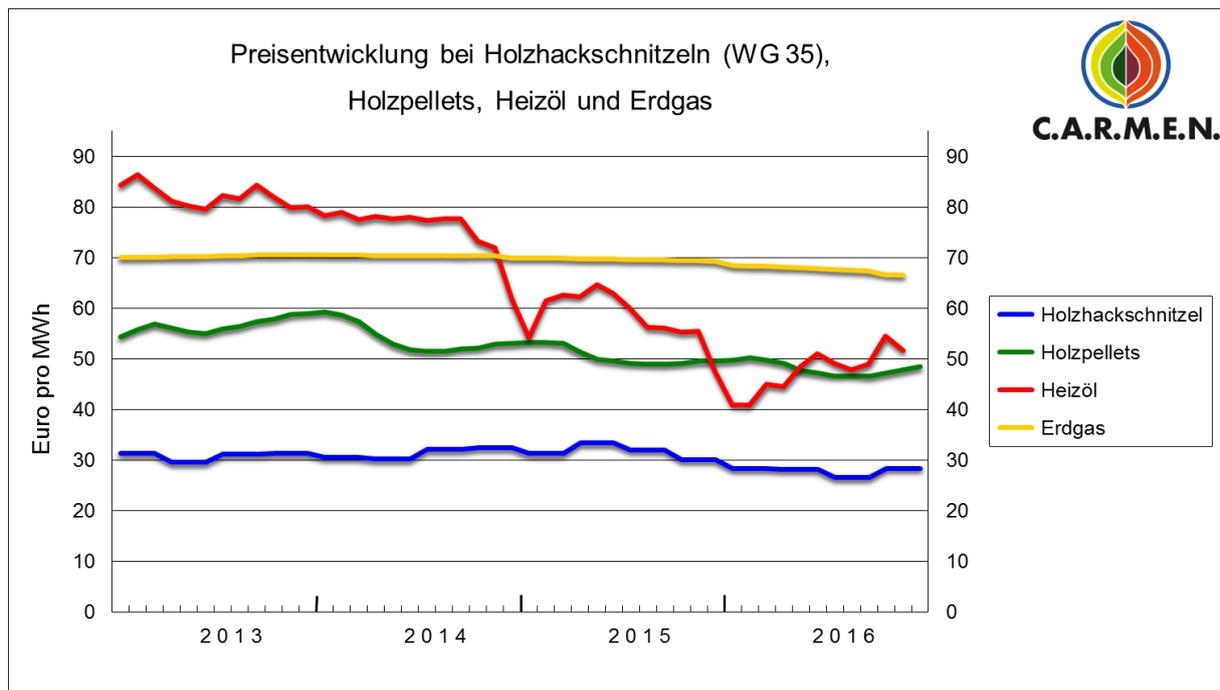


Abbildung 5: Preisentwicklung Energieträger 2013 bis 2016. Quelle: Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V.

Basierend auf einer Laufzeit von 20 Jahren wurden die Wärmegestehungskosten unter Berücksichtigung aller in diesem Zeitraum anfallenden Kosten inkl. der gesamten Investitionskosten ermittelt. Die Wärmegestehungskosten stellen somit einen Wirtschaftlichkeitskennwert dar. Die tatsächliche Lebensdauer einiger Anlagenteile, insbesondere des Netzes, ist mutmaßlich deutlich höher, sodass hier sehr konservativ gerechnet wurde. Die Wärmegestehungskosten sind in Abbildung 3 dargestellt.

In Abbildung 2 ist zu sehen, dass in den BHKW-Szenarien die Investitionskosten gegenüber der reinen Brennwertlösungen bis zu doppelt so hoch sind. Im Optimalfall werden höhere Investitionskosten durch geringere laufende Kosten wieder ausgeglichen. Im vorliegenden Fall wird dies aufgrund der relativ geringen Eigenverbrauchsquote nicht erreicht. Jedoch sind die jährlichen Kosten nur unwesentlich höher als bei den Lösungen ohne BHKW, sodass eine kleine Änderung der Ausgangsdaten die Wirtschaftlichkeit zu Gunsten der BHKW-Lösungen kippen kann.

Daraus ergeben sich die in Abbildung 3 dargestellten Wärmegestehungskosten, in denen alle Kosten (einmalige wie auch wiederkehrende) abgebildet sind. Interessant ist der sehr ähnliche Wärmepreis bei der dezentralen Lösung gegenüber dem Nahwärmenetz mit Brennwerttechnik. Die Mehrkosten für den Netzbau und den höheren Brennstoffbedarf aufgrund von Netzverlusten wird kompensiert durch die geringeren Investitionskosten in Wärmeerzeugern und geringeren Wartungskosten. Vorteil der Netzlösung ist jedoch, dass nach Ablauf des Betrachtungszeitraums von 20 Jahren ein Netz vorhanden ist und ein Austausch der Anlagentechnik mehr Flexibilität und geringere Kosten ermöglicht. Die Wärmekosten eines Netzes mit kleinem BHKW liegen etwa 1,4 ct/kWh oberhalb, die eines Netzes mit großem BHKW etwa 3,4 ct/kWh oberhalb der dezentralen Lösung.

Wird als weiterer Faktor die CO₂-Emissionen hinzugezogen (siehe Abbildung 4) wird jedoch der große Vorteil der Lösung mit BHKW deutlich. Durch die Stromerzeugung wird der in der CO₂-Berechnung ein Bonus gutgeschrieben, da die gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom vorteilhaft gegenüber der getrennten Erzeugung ist, auch wenn der Strom nicht selbst verbraucht wird. Durch

diese Gutschrift sind hohe Reduzierungen bei den CO₂-Emissionen von bis zu 53 % gegenüber der dezentralen Lösung zu erreichen (siehe Tabelle 1). Die Emissionen der Szenarios Nahwärmenetz mit Gaskessel ohne BHKW sind durch die Netzverluste höher.

Tabelle 1: CO₂-Emissionen der Szenarien im Vergleich

| Szenario | CO ₂ -Emissionen [t/a] | CO ₂ -Reduzierung gegenüber der dezentralen Lösung [%] |
|---|-----------------------------------|---|
| BHKW 50 kW_{el} + Gaskessel | 193 | 32 % |
| BHKW 100 kW_{el} + Gaskessel | 135 | 53 % |
| Gaskessel | 300 | -5 % |
| dezentrale Lösung | 285 | - |

Ist eine Reduzierung der CO₂-Emissionen das Ziel, dürfen die BHKW-Szenarien nicht nur auf Basis der Wirtschaftlichkeit gegenüber der konventionellen Lösung bewertet werden. Zu diesem Zweck sind in Abbildung 4 auch die Kosten der CO₂-Minderung angegeben (Sekundärachse). BHKW 50 kW_{el} schlägt dabei mit 84,76 €/t_{CO₂}, das BHKW 100 kW_{el} mit 187,23 €/t_{CO₂} zu Buche. Diese Werte können auch mit Alternativen, die nicht in dieser Untersuchung berücksichtigt wurden, verglichen werden, wenn dieselbe Methodik angewandt wird. Dabei sind die jährlichen Differenzkosten der konventionellen Lösung (Gas-Brennwert-Kessel) inklusive Kapitalkosten auf die Differenz der CO₂-Emissionen pro Jahr zu beziehen.

$$\frac{K_{\text{Konventionell}} - K_{\text{Alternative}}}{E_{\text{Konventionell}} - E_{\text{Alternative}}} = k_{\text{CO}_2}$$

$$K_{\text{Konventionell}} = \text{jährliche Gesamtkosten konventionelle Wärmeerzeugung} \left[\frac{\text{€}}{\text{a}} \right]$$

$$K_{\text{Alternative}} = \text{jährliche Gesamtkosten alternative Wärmeerzeugung} \left[\frac{\text{€}}{\text{a}} \right]$$

$$E_{\text{Konventionell}} = \text{jährliche CO}_2 - \text{Emissionen konventionelle Wärmeerzeugung} \left[\frac{\text{t}_{\text{CO}_2}}{\text{a}} \right]$$

$$E_{\text{Alternative}} = \text{jährliche CO}_2 - \text{Emissionen alternative Wärmeerzeugung} \left[\frac{\text{t}_{\text{CO}_2}}{\text{a}} \right]$$

$$k_{\text{CO}_2} = \text{spezifische CO}_2 - \text{Minderungskosten} \left[\frac{\text{€}}{\text{t}_{\text{CO}_2} \cdot \text{a}} \right]$$

Die Variante mit den geringsten spezifischen CO₂-Minderungskosten ist in dem Fall vorzuziehen.

Fazit

Auf Basis der uns vorliegenden Daten ist rein auf die Wirtschaftlichkeit bezogen eine dezentrale Lösung mit Gas-Brennwertgeräten die günstigste Lösung. Die Stromerträge sind jedoch sehr schwer zu fassen, da der Eigenverbrauchsanteil nur sehr ungenau abgeschätzt werden kann. Schon kleine Änderungen können die Wirtschaftlichkeit der BHKW-Lösungen stark verbessern.

Zudem müssen aufgrund des Neubaus EnEV-Vorgaben eingehalten werden. Eine Reduzierung von CO₂-Emissionen bzw. des Primärenergiebedarfs wird somit ohnehin angestrebt. Die BHKW-Lösungen



Planungsgesellschaft
für Energieeffizienz

können eine CO₂-Reduzierung von bis zu 53 % generieren. Mit Hilfe der CO₂-Minderungskosten kann dieses Szenario mit anderen Verglichen werden.

Zu beachten ist des Weiteren, dass die vorliegenden Berechnungen über eine Laufzeit von 20 Jahren angestellt wurden. Ein gut ausgeführtes Nahwärmenetz hat je nach Betriebstemperatur eine Lebensdauer von 30 bis 50 Jahren. Muss die im Zuge der aktuellen Modernisierung installierte Anlagentechnik ausgetauscht werden, gibt es die Möglichkeit das Netz weiter zu nutzen und mit dann verfügbaren Technologien mit geringem Aufwand das gesamte Schulzentrum energetisch zu ertüchtigen.

Wir empfehlen, im Schulzentrum ein Nahwärmenetz mit BHKW und Gasbrennwert-Spitzenlastkessel zu installieren. Es ist zu empfehlen, bis zur Detailplanung weitere Daten zu erheben, wie etwa Stromlastgänge, und konkrete Angebote für die Anlagentechnik einzuholen. Durch die erweiterte Datenbasis kann erst sicher abgeklärt werden, welche Größe das BHKW haben sollte.

Erstellt von:

Bode Planungsgesellschaft
für Energieeffizienz m.b.H.
Kesslerweg 20
48155 Münster



Planungsgesellschaft
für Energieeffizienz

Bei diesem Dokument handelt es sich um das Ergebnis einer Konzeptstudie mit dem Ziel, die Machbarkeit eines Nahwärmenetzes zu evaluieren und ersetzt keine wesentlich aufwändigere Planung. Die Preise der Technik basieren auf Erfahrungswerten und unverbindlichen Anfragen.