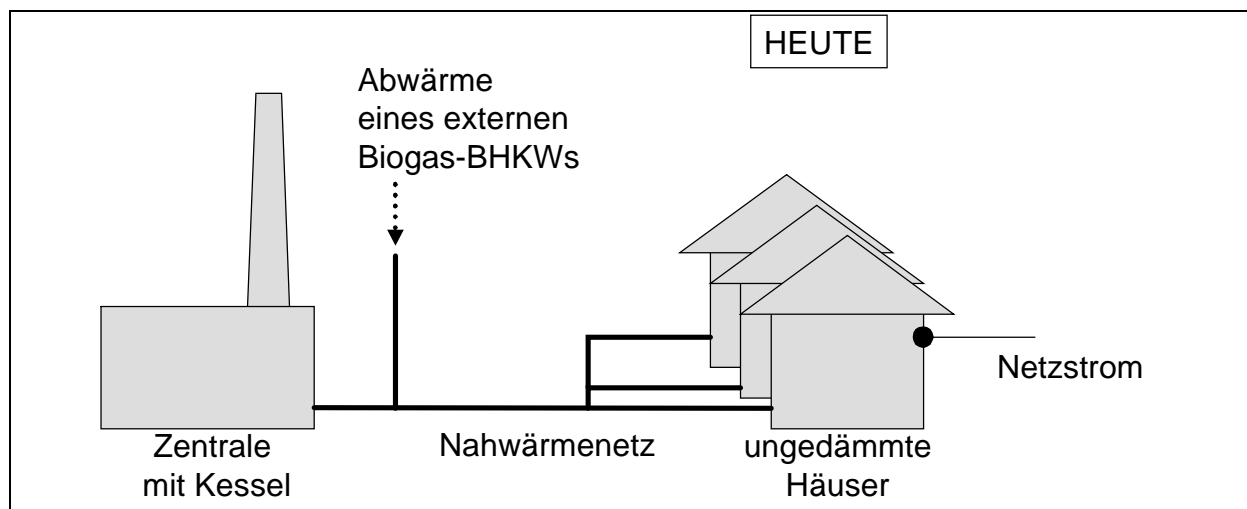


## Wirtschaftlichkeit EAV Neuerkerode

Das Projekt "Neuerkerode 2015 – Energetische Analyse einer nahwärmeversorgten Liegenschaft für Behinderte" ergab folgende Grunddaten für die Jahresbilanz der Energien von insgesamt 55 Gebäuden [Raumheizung (RH) und Trinkwarmwasser (TWW)]

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| • beheizte Fläche:                                  | $A_{EB} = 50\,000\text{ m}^2$       |
| • Endenergie Erdgas für Nahwärmekessel ( $H_s$ ):   | $Q_{Gas,NW} = 10\,800\text{ MWh/a}$ |
| • Kesselverluste ( $H_s$ ):                         | $Q_g = 1\,600\text{ MWh/a}$         |
| • Verteilverluste des Nahwärmenetzes:               | $Q_d = 2\,200\text{ MWh/a}$         |
| • in Nahwärme eingespeiste Abwärme aus Biogas-BHKW: | $Q_{Bio} = 3\,000\text{ MWh/a}$     |
| • Jahresstromverbrauch:                             | $W_{el} = 2\,300\text{ MWh}_{el}/a$ |



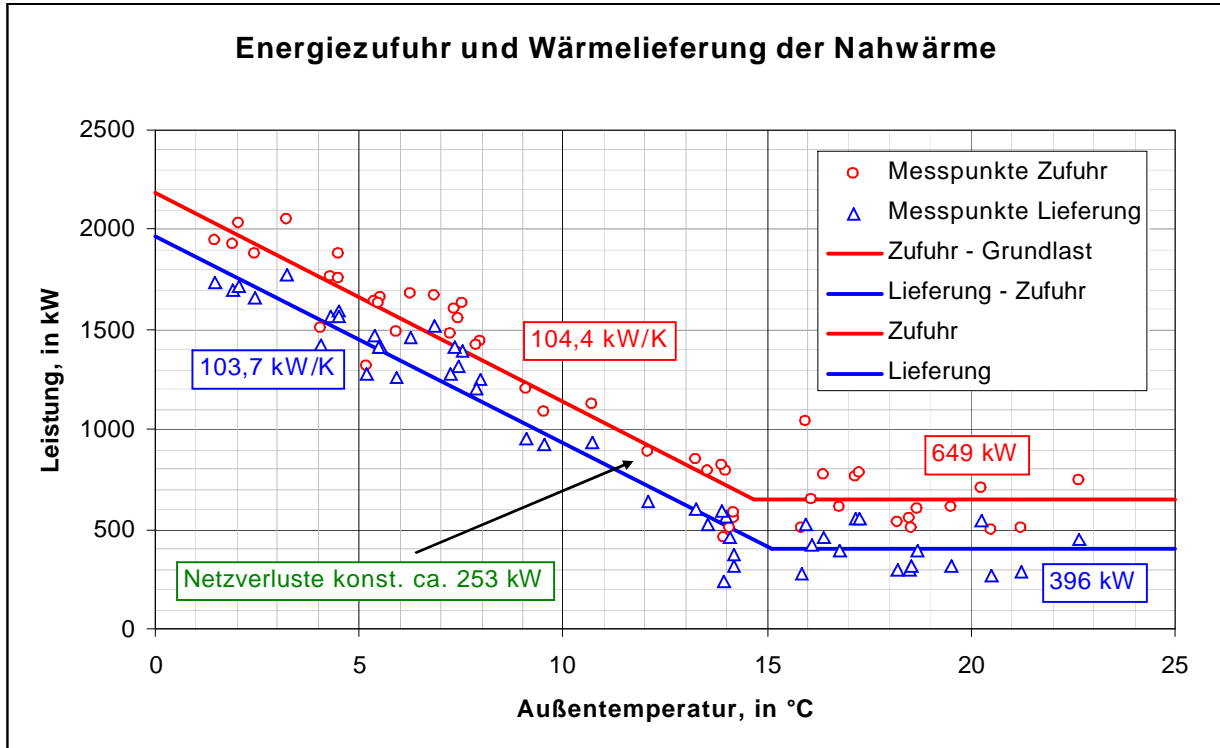
- a) Überprüfen Sie durch nachvollziehbare Rechnung den spezifischen mittleren Verbrauchskennwert (RH+TWW) an den Gebäudeübergabestationen von:

$$q_{RH+TWW} = (Q_{RH} + Q_{TWW})/A_{EB} = 200\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})!$$

- b) Bestimmen Sie den Jahresnutzungsgrad des Kessels  $\eta(H_i)$  und  $\eta(H_s)$  mit  $H_s/H_i = 1,11$ .

## Energieanalyse aus dem Verbrauch

Die wöchentliche Verbrauchserfassung der Energiezufuhr für die Nahwärme (ab Kessel) und für die Wärmelieferung der Nahwärme durch Wärmemengenzählern in allen Gebäuden ergab folgende Energieanalyse aus dem Verbrauch (E–A–V) für die mittleren Leistungen:



Vereinfacht kann auch aus der E - A - V die Gebäudenutzenergie für RH und TWW (untere blaue Linie) aus der Beziehung:

$$Q_{RH+TWW} = Q_{RH} + Q_{TWW} = H \cdot G + Q_{TWW}$$

abgeleitet werden. Hierin sind:

- H: der Wärmeverlustkoeffizient  $H = H_T + H_V$  (103,7 kW/K) und
- G: die mittleren Heizgradtage, hier 63 kWh/a (aus Witterungsdaten)
- $Q_{TWW}$ : errechnet sich aus der mittleren gelieferten Wärmeleistung (396 kW) im Sommer mal 8760 h/a (hochgerechnet konstant auf ein Jahr)

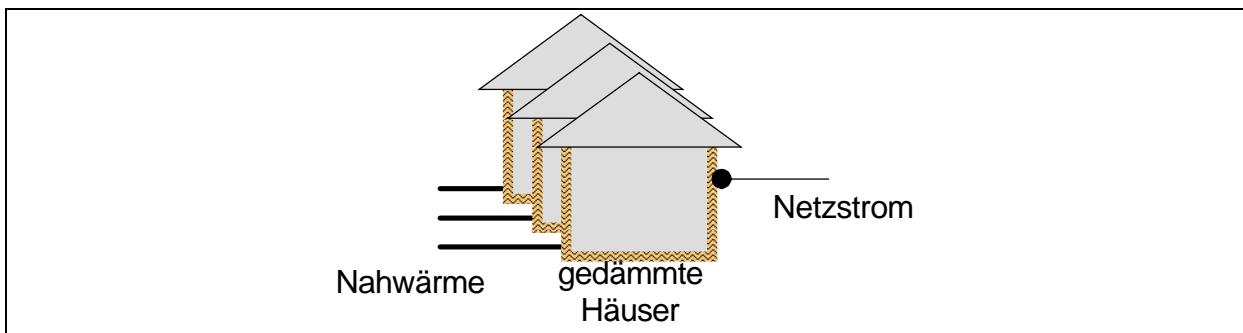
c) Bestimmen Sie die Gebäudenutzenergie für RH und TWW aus der E-A-V nach oben angegebener Gleichung. (Alle Energiemengen auf ganze MWh/a angeben!) Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Ergebnis aus a).

## Wirtschaftlichkeitsberechnung der baulichen Modernisierung der Gebäude

Folgende spezifische Kosten, spezifische Energiepreise sowie Preissteigerungsraten, Betrachtungszeiträume, Lebensdauern und kalkulatorischen Zinsen werden beim heutigen Preisstand den Wirtschaftlichkeitsberechnungen zugrunde gelegt:

- Nahwärme an Gebäudeübergabestation als Mischpreis:  $k_{e,0,NW} = 0,07 \text{ €/kWh}$
- Strompreis (100% regenerativ!)  $k_{e,0,el} = 0,13 \text{ €/kWhel}$
  
- derzeitige Bauunterhaltungskosten bezogen auf  $A_{EB}$ :  $k_{u,0,Bau} = 30 \text{ €/(m}^2 \text{ a)}$
- zukünftige Bauunterhaltungskosten bezogen auf  $A_{EB}$ :  $k_{u,0,Bau} = 12 \text{ €/(m}^2 \text{ a)}$
  
- Betrachtungszeitraum der Wirtschaftlichkeitsberechnung:  $n = 25 \text{ a}$
- Lebensdauer alle baulichen Komponenten:  $m = n = 25 \text{ a}$
- Investitionen gesondert angegeben siehe unten!
  
- Kalkulatorischer Zins:  $p = 4 \text{ %/a}$
- Preissteigerungsrate Nahwärme, Strom:  $s_e = 7 \text{ %/a}$
- alle sonstigen Preissteigerungsraten:  $s_u = 3 \text{ %/a}$

- d) Bestimmen Sie die derzeitigen ( $K_{a,0}$ ) und die mittleren zukünftigen Jahresgesamtkosten ( $K_{a,m}$ ) für die Gebäude aus den Energiekosten (Wärme  $Q_{RH+TWW}$  mit  $k_{e,0,NW}$  sowie Strom) und aus den Bauunterhaltungskosten unter Beibehaltung des derzeitigen Gebäudestandards! (alle Kosten auf ganze Tausend € gerundet angeben)



Durch umfassende Modernisierungsmaßnahmen (energetische Modernisierung + kleine + große Instandsetzung) der Gebäude kann der zukünftige Bedarfskennwert (RH+TWW) an den Gebäudeübergabestationen auf  $100 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ , also auf die Hälfte reduziert werden. Der Strombedarf sinkt auf  $1400 \text{ MWh}_{el}/\text{a}$ .

Die Gesamtinvestitionssumme für die Gebäudemodernisierung beträgt:  $I_{Bau} = 30 \text{ Mio. €}$ . Die zukünftig reduzierten Bauunterhaltungskosten betragen  $k_{u,0,Bau} = 12 \text{ €/(m}^2 \text{ a)}$  – siehe oben.

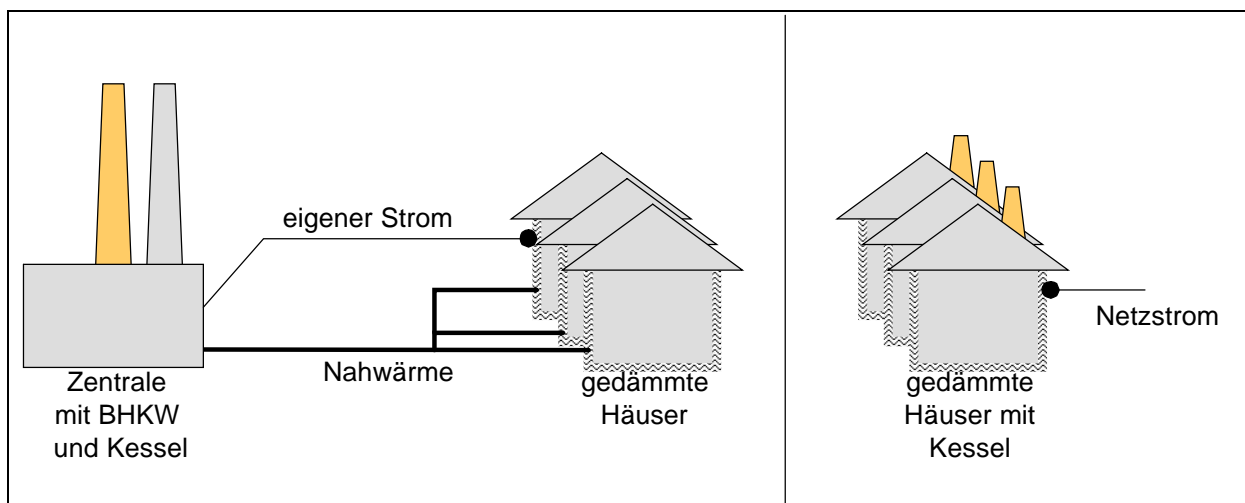
- e) Bestimmen Sie die mittleren zukünftigen Jahresgesamtkosten ( $K_{a,m}$ ) für die Gebäude aus Kapital-, zukünftigen Energiekosten und zukünftigen Bauunterhaltungskosten beim modernisierten Standard. Vereinfacht wird von sofortiger Umsetzung aller Maßnahmen ausgegangen. Eine Nachinvestition ist bei den baulichen Maßnahmen in 25 a nicht erforderlich.
- f) Vergleichen Sie das Ergebnis mit d) und beurteilen Sie die Wirtschaftlichkeit der baulichen Modernisierungsmaßnahmen!

## Wirtschaftlichkeitsberechnung einer zukünftigen zentralen oder dezentralen Versorgung der Gebäude

Folgende spezifische Kosten, spezifische Energiepreise sowie Preissteigerungsraten, Betrachtungszeiträume, Lebensdauern und kalkulatorischen Zinsen werden beim heutigen Preisstand den Wirtschaftlichkeitsberechnungen zugrunde gelegt:

- |   |   |
|---|---|
| • Gaspreis (auch Biogaspreis zukünftig):                  | $k_{e,0,Gas} = 0,06 \text{ €/kWh}(H_s)$ |
| • Strompreis (100% regenerativ!)                          | $k_{e,0,el} = 0,13 \text{ €/kWhel}$     |
| • Investitionen gesondert angegeben siehe unten!          |   |
| • Kalkulatorischer Zins:                                  | $p = 4 \text{ %/a}$                     |
| • Preissteigerungsrate Gas/Biogas, Strom:                 | $s_e = 7 \text{ %/a}$                   |
| • alle sonstigen Preissteigerungsraten:                   | $s_u = 3 \text{ %/a}$                   |
| • Betrachtungszeitraum der Wirtschaftlichkeitsberechnung: | $n = 25 \text{ a}$                      |
| • Lebensdauer aller Technikkomponenten:                   | $m = 20 \text{ a (nicht 25 a!)}$        |

Für die zukünftige Energieversorgung sollen ein zentrales (Erdgas-/Biogas-BHKW mit dem vorhandenen Zusatzkessel) und ein dezentrales Konzept (dezentrale Erdgas-/Biogas-Kessel in den Gebäuden) verglichen werden. Im zentralen Konzept entspricht vereinfacht die Stromproduktion des BHKW zu 100% dem Eigenbedarf. Im dezentralen Konzept wird der Strom wie bisher als Naturstrom fremdbezogen.



Hieraus ergeben sich folgende neuen bzw. zusätzlichen Energiebilanzkennwerte, und Wirtschaftlichkeitsranddaten (wenn nicht gesondert angegeben, gelten weiterhin die o. a. Randdaten!):

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| • Nutzenergie neu für RH + TWW (in beiden Fällen):                          | $Q_{RH+TWW} = 5\,000 \text{ MWh/a}$  |
| • Verteilverluste neu des Nahwärmenetzes (nur zentral):                     | $Q_d = 2\,000 \text{ MWh/a}$         |
| • Stromproduktion des BHKW (100% Eigenbedarfsdeckung):                      | $W_{el} = 1\,400 \text{ MWh}_{el}/a$ |
| • Wärmeproduktion des BHKW in Nahwärmenetz:                                 | $Q_{BHKW} = 2\,000 \text{ MWh/a}$    |
| • Gesamtnutzungsgrad des BHKW (Strom und Wärme): $\eta_{BHKW}$              | $= 0,78 (H_s)$                       |
| • Gesamtnutzungsgrad der zentralen bzw. dezentralen Kessel: $\eta_{Kessel}$ | $= 0,85 (H_s)$                       |
| • Investition zentral BHKW + Heizzentrale:                                  | $I_{BHKW+HZ} = 500\,000 \text{ €}$   |
| • Investition dezentrale Kessel+Anpassung in den Gebäuden:                  | $I_K = 2\,000\,000 \text{ €}$        |
| • Jährliche Wartungskosten BHKW zu heutigen Preisen:                        | $K_{u,0,BHKW} = 30\,000 \text{ €/a}$ |
| • keine Zusatzwartungskosten für zentrale bzw. dezentrale Kessel!           |                                      |

- g) Bestimmen Sie die jährliche Endenergiemenge für Gas-/Biogas ( $H_s$ ) aus der Bilanz für das zentrale Konzept. Es sind Strom und Wärmeerzeugung zu bilanzieren. Hilfe: Skizzieren Sie die Energieinputs und -outputs für das BHKW und für den Zentralkessel unter Berücksichtigung der beiden Gesamtwirkungsgrade.
- h) Bestimmen Sie die jährliche Endenergiemenge für Gas-/Biogas ( $H_s$ ) und extern gelieferten Naturstrom aus der Bilanz für das dezentrale Konzept.
- i) Bestimmen Sie die mittleren zukünftigen Jahresgesamtkosten  $K_{a,m}$  für das zentrale Versorgungskonzept aus Kapital-, zukünftigen Energie- (Wärme und Strom) und Zusatzwartungskosten für das BHKW. Vereinfacht wird von sofortiger Umsetzung der Maßnahmen ausgegangen. Eine Nachinvestition ( $f_{p,s,m,n}$ ) ist bei den Technikkomponenten ( $m = 20$  a) erforderlich.
- j) Lösen Sie die Aufgabe i) analog für das dezentrale Konzept.
- k) Vergleichen Sie die beiden Ergebnisse für die Jahresgesamtkosten aus i) und j) und beurteilen Sie die Wirtschaftlichkeit der beiden Energieversorgungskonzepte!
- l) Vergleichen Sie eingesetzten Endenergiemengen für die beiden Konzepte! Welches Konzept würden Sie unter dem Gesichtspunkt: "Minimierung des Endenergieaufwands Gas/Biogas/Naturstrom" empfehlen?

**LEG Tabellen**

Annuitäten $a_{p,n}$ , in [1/a]												
Betrachtungszeitraum n, in [a]	Kapitalzinssatz p, in [%/a]											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	0,050	0,055	0,061	0,067	0,074	0,080	0,087	0,094	0,102	0,110	0,117	0,126
25	0,040	0,045	0,051	0,057	0,064	0,071	0,078	0,086	0,094	0,102	0,110	0,119
30	0,033	0,039	0,045	0,051	0,058	0,065	0,073	0,081	0,089	0,097	0,106	0,115

Faktor $f_{p,s,m,n}$ für Ersatzbeschaffung, in [-]										
Kapitalzins p = 4 %/a										
Nutzungsdauer m, in [a]	Betrachtungszeitraum n, in [a]	Anlagenteuerung $s_a$ , in [%/a]								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
15	20	1,22	1,26	1,30	1,35	1,40	1,46	1,53	1,61	
15	25	1,41	1,47	1,55	1,63	1,73	1,84	1,97	2,12	
15	30	1,56	1,64	1,75	1,87	2,00	2,15	2,33	2,53	
20	25	1,15	1,18	1,22	1,27	1,33	1,40	1,48	1,58	
20	30	1,27	1,33	1,40	1,49	1,60	1,72	1,87	2,05	

Faktor m für Preissteigerung, in [-]											
Kapitalzins p = 4 %/a											
Betrachtungszeitraum n, in [a]	Preissteigerung s, in [%/a]										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,26	1,30	1,33
10	1,00	1,05	1,11	1,17	1,23	1,30	1,37	1,45	1,53	1,61	1,70
15	1,00	1,08	1,16	1,25	1,35	1,46	1,58	1,71	1,85	2,00	2,18
20	1,00	1,10	1,21	1,33	1,47	1,63	1,81	2,01	2,24	2,50	2,79
25	1,00	1,12	1,26	1,41	1,60	1,82	2,07	2,37	2,71	3,12	3,60
30	1,00	1,14	1,30	1,50	1,73	2,02	2,36	2,78	3,28	3,90	4,64