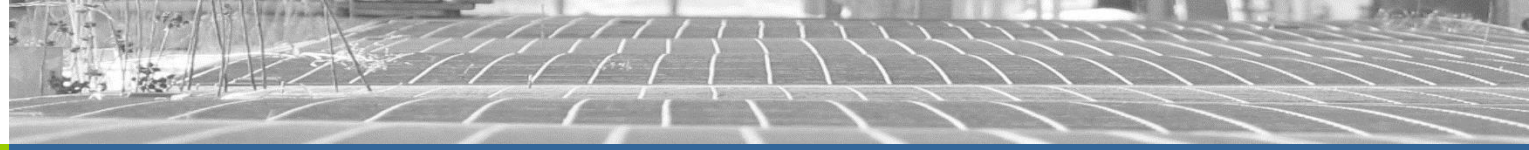
Programm

Einwohnerversammlung der Stadt Unkel
- Zukunftsfähige Energieversorgung -
am Mittwoch, dem 8. Juni 2016, 18.00 Uhr,
im Bürgerhaus Heister

18:00 Uhr	**Begrüßung und Einführung** *Gerhard Hausen, Bürgermeister der Stadt Unkel* *Karsten Fehr, Bürgermeister der Verbandsgemeinde Unkel,* *Vertreter der Kreisverwaltung Neuwied*
18:15 Uhr	**Einwohnerfragestunde**
18:30 Uhr	**Ergebnisse des integrierten Energiekonzeptes Unkel-Schulzentrum** *Daniel Oßwald, Institut für angewandtes Stoffstrommanagement* anschließend: Fragen und Diskussion
19:15 Uhr	**Energetische Sanierung von Wohngebäuden** *Bernd Junge, Institut für angewandtes Stoffstrommanagement* anschließend: Fragen und Diskussion

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement



Integriertes Quartierskonzept Unkel-Schulzentrum

Ergebnispräsentation im Rahmen der Einwohnerversammlung Unkel

Unkel, den 8. Juni 2016

Daniel Oßwald

Hochschule Trier / Umwelt-Campus Birkenfeld
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Internet: www.stoffstrom.org

HOCHSCHULE TRIER
Umwelt-Campus Birkenfeld
Umwelt macht Karriere.

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Agenda

- Einführung
- Ausgangssituation
  - Städtebauliche und energetische Ausgangssituation
  - Energetisches Einsparpotenzial
- Potenziale umweltfreundlicher Energiequellen
- Ergebnisse Nahwärmeuntersuchung
  - Technisches Konzept
  - Wirtschaftlichkeitsabschätzung
- Fazit
- Vortrag zur Energieeffizienz in Wohngebäuden

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

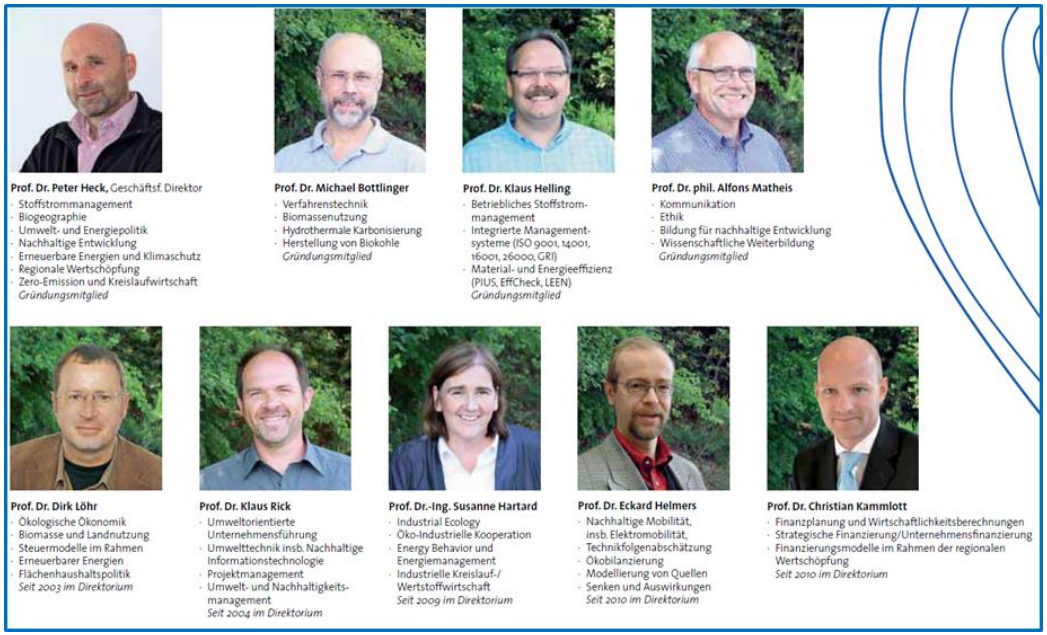
Umwelt-Campus Birkenfeld

- 100% Wärme aus Biogas, Holz, Solarthermie…
- 100% Strom aus Photovoltaik und Kraft-Wärme-Kopplung
- 100% Effizienz als Ziel
  - ✓ Wärmerückgewinnung
  - ✓ Klimatisierung über Erdwärme und Solar (Adsorption)
  - ✓ Passiv und Null-Energie Studentenwohnheime
  - ✓ LED Musterstraße (19 Leuchten, seit 2013, OIE AG)
- Ressourcen- und Naturschutzschutz
  - ✓ Regenwassernutzung (Zisternen, Mulden, Rigolen, Teiche)
  - ✓ Campus als Biotop (standortgerechte Pflanzen, nachhaltige Pflege)

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

IfaS – Hochschule Trier



Prof. Dr. Peter Heck, Geschäftsf. Direktor
- Stoffstrommanagement
- Biogeographie
- Umwelt- und Energiepolitik
- Nachhaltige Entwicklung
- Erneuerbare Energien und Klimaschutz
- Regionale Wertschöpfung
- Zero-Emission und Kreislaufwirtschaft

Gründungsmitglied

Prof. Dr. Michael Bottlinger
- Verfahrenstechnik
- Biomassenutzung
- Hydrothermale Karbonisierung
- Herstellung von Biokohle

Gründungsmitglied

Prof. Dr. Klaus Helling
- Betriebliches Stoffstrom-management
- Integrierte Management-systeme (ISO 9001, 14001, 16001, 26000, GRI)
- Material- und Energieeffizienz (PIUS, EffCheck, LEEN)

Gründungsmitglied

Prof. Dr. phil. Alfons Matheis
- Kommunikation
- Ethik
- Bildung für nachhaltige Entwicklung
- Wissenschaftliche Weiterbildung

Gründungsmitglied

Prof. Dr. Dirk Löhr
- Ökologische Ökonomik
- Biomasse und Landnutzung
- Steuermodelle im Rahmen
- Erneuerbarer Energien
- Flächenhaushaltspolitik

Seit 2003 im Direktorium

Prof. Dr. Klaus Rick
- Umweltorientierte Unternehmensführung
- Umwelttechnik insb. Nachhaltige Informationstechnologie
- Projektmanagement
- Umwelt- und Nachhaltigkeits-management

Seit 2004 im Direktorium

Prof. Dr.-Ing. Susanne Hartard
- Industrial Ecology
- Öko-Industrielle Kooperation
- Energy Behavior und Energiemanagement
- Industrielle Kreislauf-/ Wertstoffwirtschaft

Seit 2009 im Direktorium

Prof. Dr. Eckard Helmers
- Nachhaltige Mobilität, insb. Elektromobilität,
- Technikfolgenabschätzung
- Ökobilanzierung
- Modellierung von Quellen
- Senken und Auswirkungen

Seit 2010 im Direktorium

Prof. Dr. Christian Kammlott
- Finanzplanung und Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- Strategische Finanzierung/Unternehmensfinanzierung
- Finanzierungsmodelle im Rahmen der regionalen Wertschöpfung

Seit 2010 im Direktorium

In-Institut der Hochschule Trier

- Gründung Ende 2001
- 9 Professoren
- 55 Mitarbeiter / 70 Personen inkl. (HIWIs und Praktikanten)

Schwerpunkte:

- Beratung, Projektentwicklung
- Akteursmanagement
- Energie- und Klimaschutzkonzepte
- Technische/Wirtschaftliche Machbarkeit

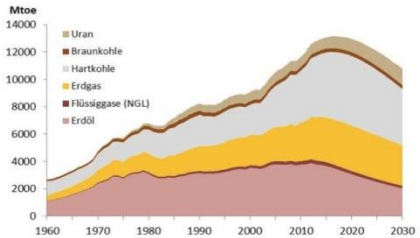
Direktorium - Geschäftsführung

Effizienz und Erneuerbare Energien	SSM und Null-Emission	Biomasse und Kultur-landschaft	Zukunftsfähige Mobilität	Studium und Weiterbildung	Projekte International
					PR und Öffentlichkeitsarbeit
					Fundraising

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

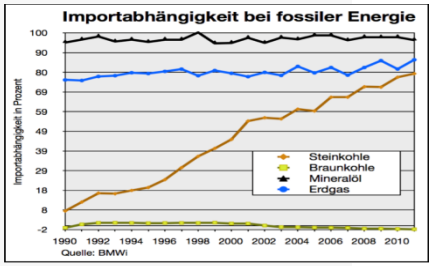
Warum nachhaltig, effizient und erneuerbar?

Klimaschutz, Umweltschutz, Bewahrung der Lebensräume



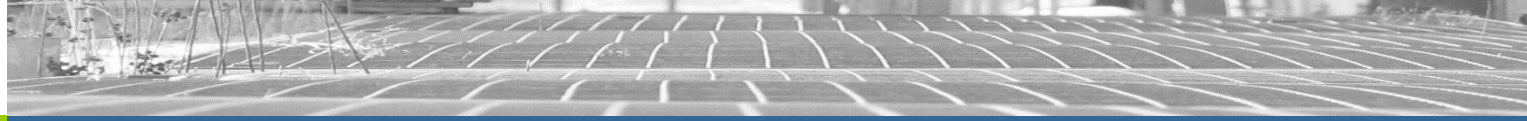
Der Energiehunger der Welt könnte bis zum Jahr 2035 um ein Drittel steigen (IEA 2014)

Begrenzte fossile Ressourcen (peak oil)



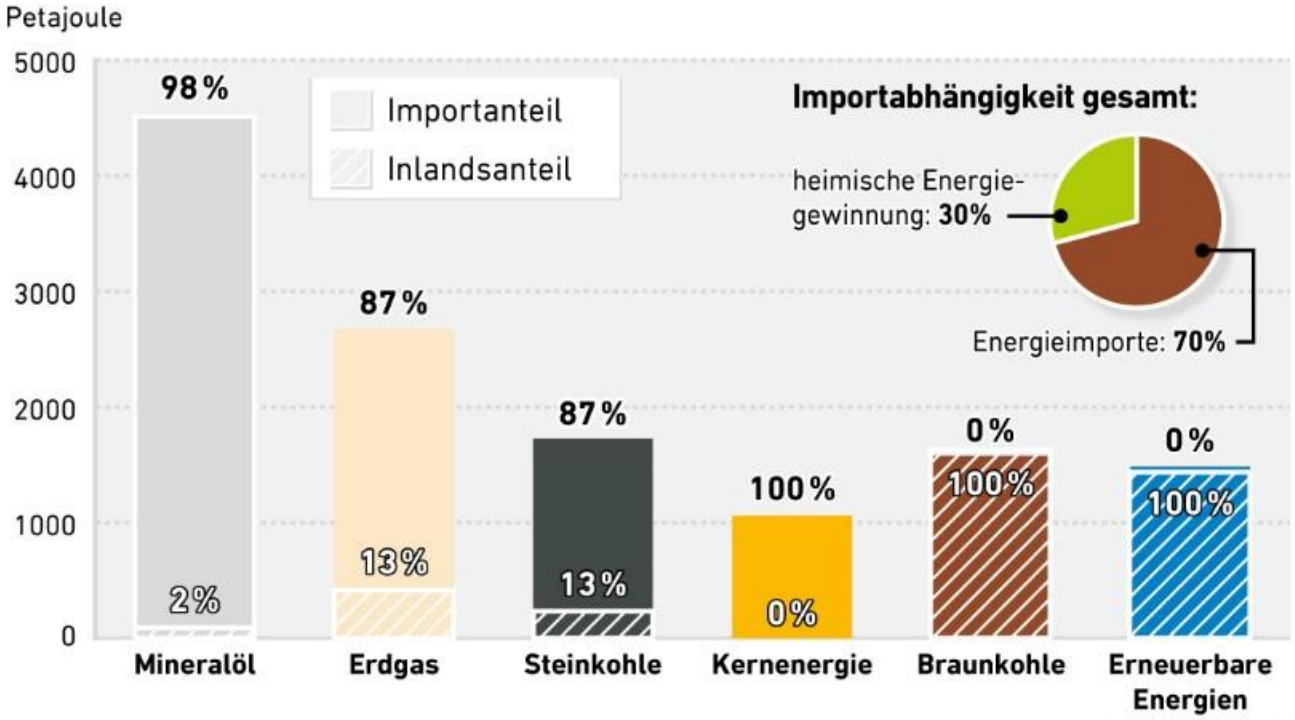
Hohe Importabhängigkeit mit entsprechendem Preisrisiko (Krisen) und Geldmittelabflüssen

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)



Primärenergieverbrauch und Importabhängigkeit der deutschen Energieversorgung 2014

Vom gesamten Primärenergieverbrauch in Höhe von 13.132 Petajoule wurden 70 Prozent importiert.



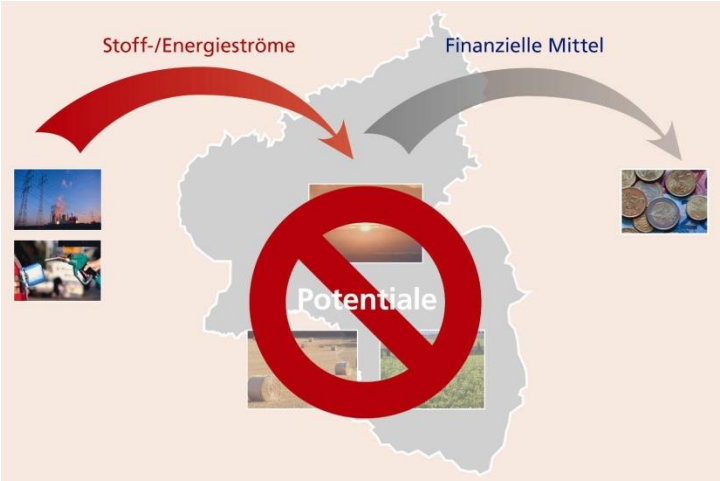
Quelle: BMWi
Stand: 2/2016

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN
unendlich-viel-energie.de

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

IfaS - Leitbild und Projektansatz

- Energieversorgung umbauen
- Akzeptanz und Nutzwerte maximieren
  - Kommunen,
  - Bürger,
  - Wirtschaft.



© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

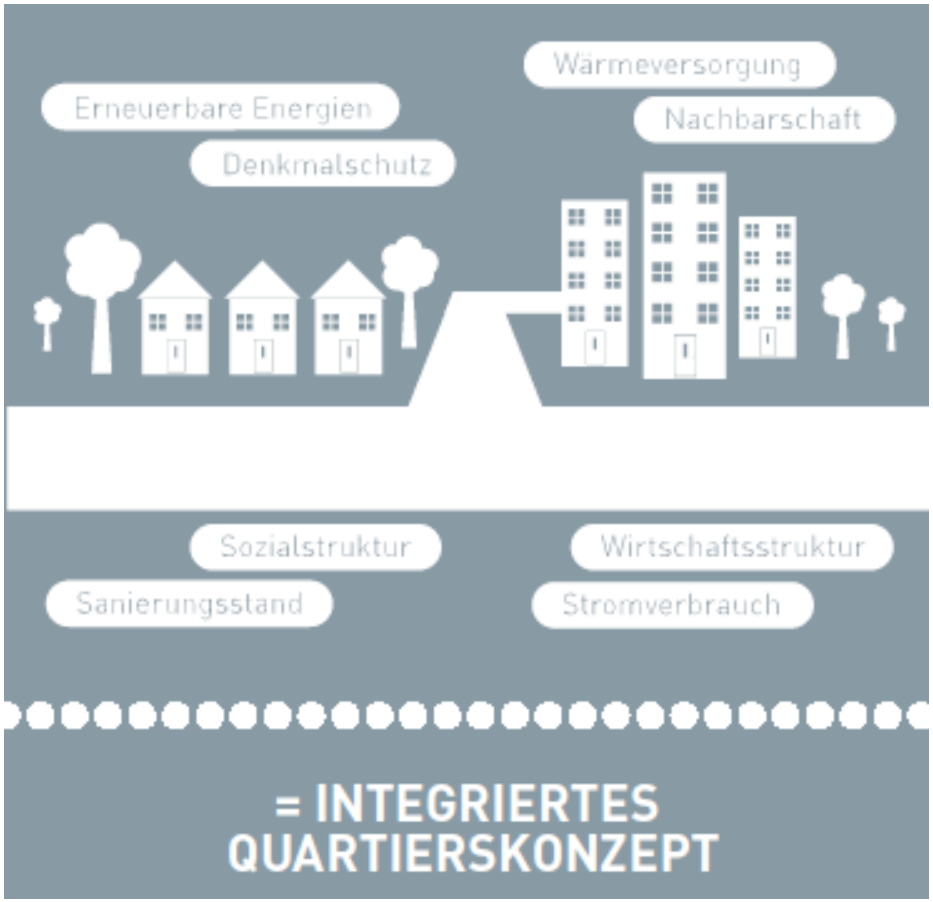
Von der Einzellösung zum Quartierskonzept

Klassische Einzellösung

- Einzelne Gebäudeplanung

- Planung über das Einzelhaus hinaus
- Ausdehnung auf Gebäudegruppen oder Quartiere

→ Erzielung höhere Gesamteffizienz und nachhaltiger Stadtentwicklung

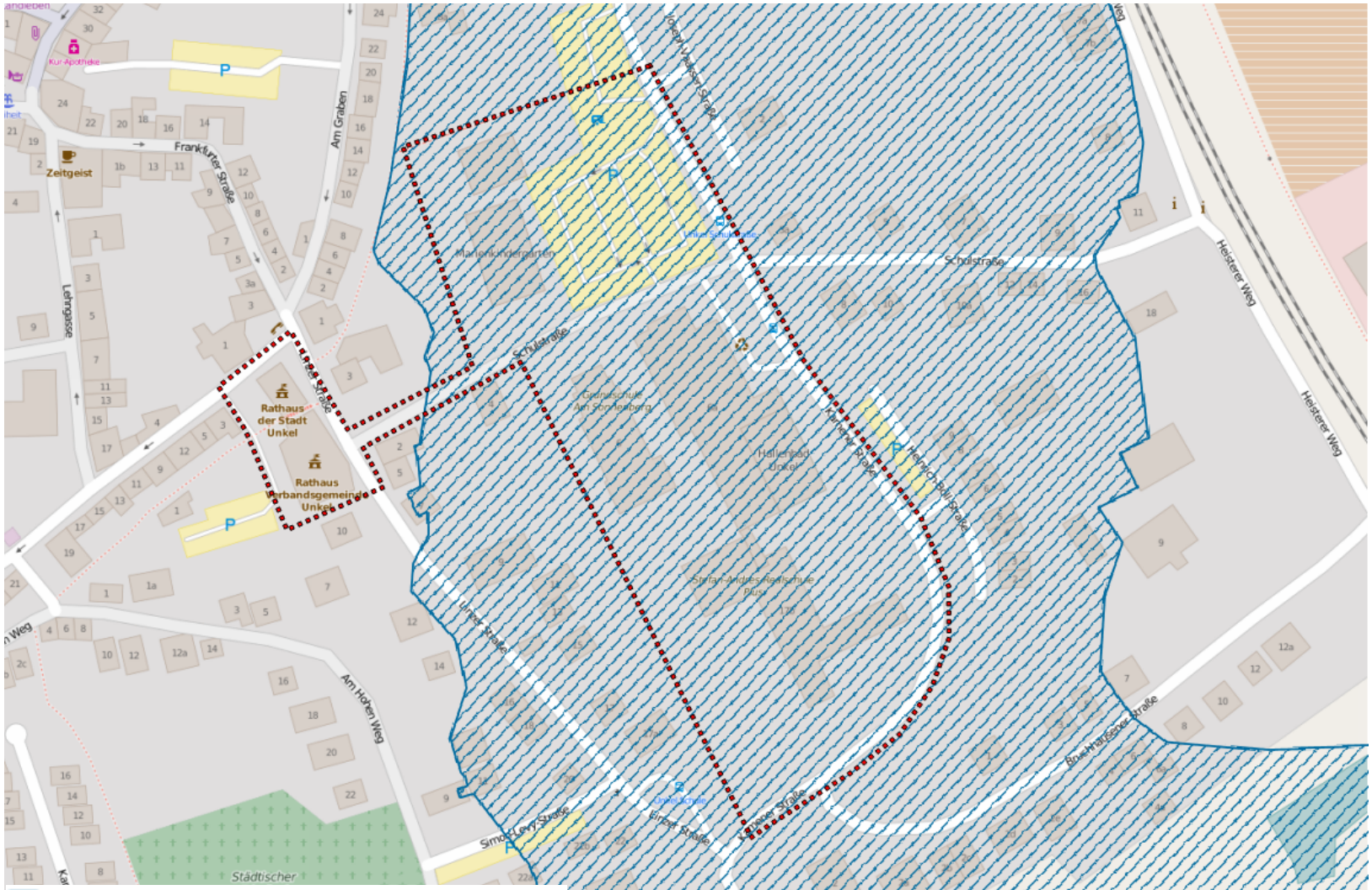


Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Quartierskonzept Unkel-Schulzentrum



Gesetzl. festgesetztes Überschwemmungsgebiet

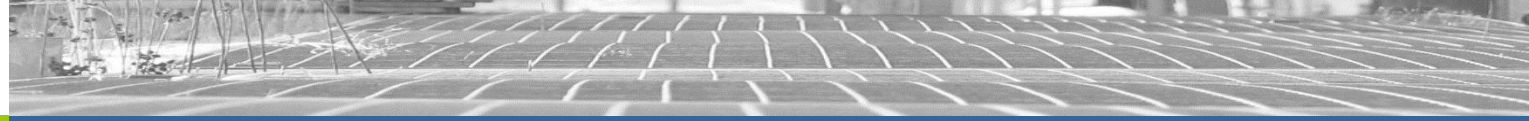
© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Ziele und Projektinhalte

- Projektziel ist die nachhaltige Energieversorgung der kommunalen Gebäude um das Schulzentrum
  - Nutzung von Synergien durch Kooperation
  - Berücksichtigung der lokalen Potenziale
  - Wirtschaftlichkeit hinsichtlich der Lebenszykluskosten

- Projektinhalte
  - Regelmäßige Abstimmung zwischen den Projektbeteiligten
  - Bewertung der baukulturellen und energetischen Ausgangsituation
  - Potenziale zur Energieeinsparung
  - Potenziale zum Einsatz umweltfreundlicher Energiequellen
  - Machbarkeitsstudie für einen Nahwärmeverbund

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)



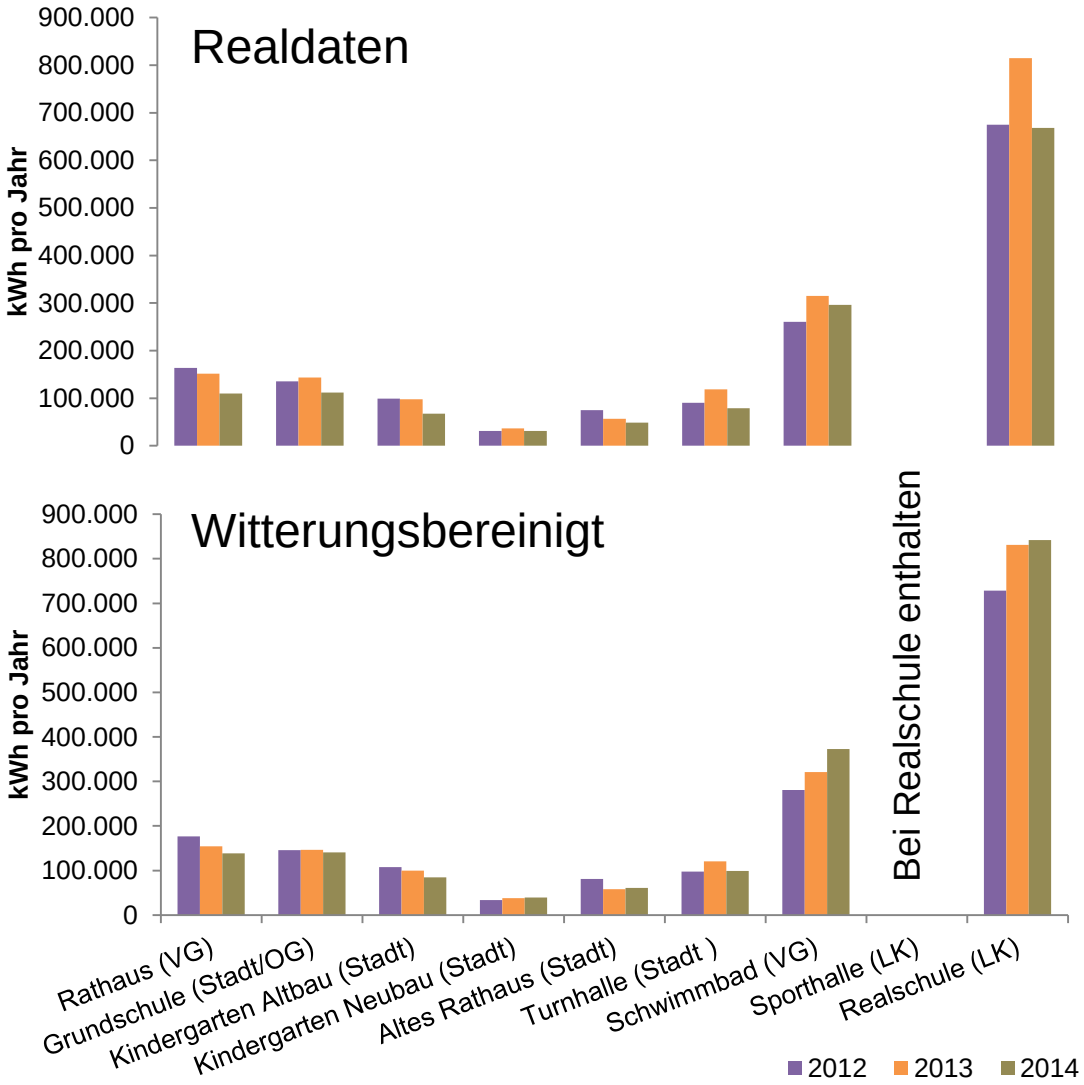
Städtebauliche Ausgangssituation des Quartiers

- Zentrale Lage zwischen Versorgungsbereichen Innenstadt und Sondergebiet im Unkeler Süden
- Direkte Verkehrsanbindung über Bahnhof Unkel und B42
- Bestehende Bebauungspläne sind zu berücksichtigen
- Altes Rathaus liegt innerhalb der Denkmalzone „Historischer Stadtbereich Unkel“ und ist als Einzeldenkmal geschützt

- Wesentliche Funktionen für Unkel und überörtlich
  - Stadt- und VG-Verwaltung in den beiden Rathausgebäuden
  - Städtischer Kindergarten mit Ganztagsbetreuung
  - Grundschule sowie städtische Turn- und Veranstaltungshalle mit Bauhof und DRK im UG
  - Stefan-Andres-Realschule plus mit Schulsporthalle
  - Hallenbad Unkel
  - Multifunktionaler Parkplatz an der Kamener Straße

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

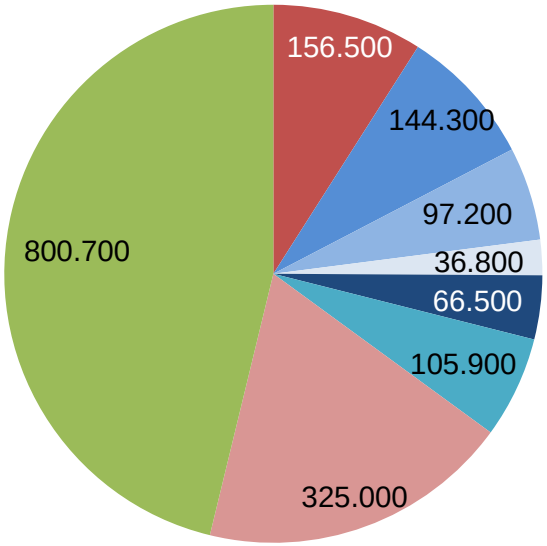
Energieeinsatz 2012-2014 (Wärme)



© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

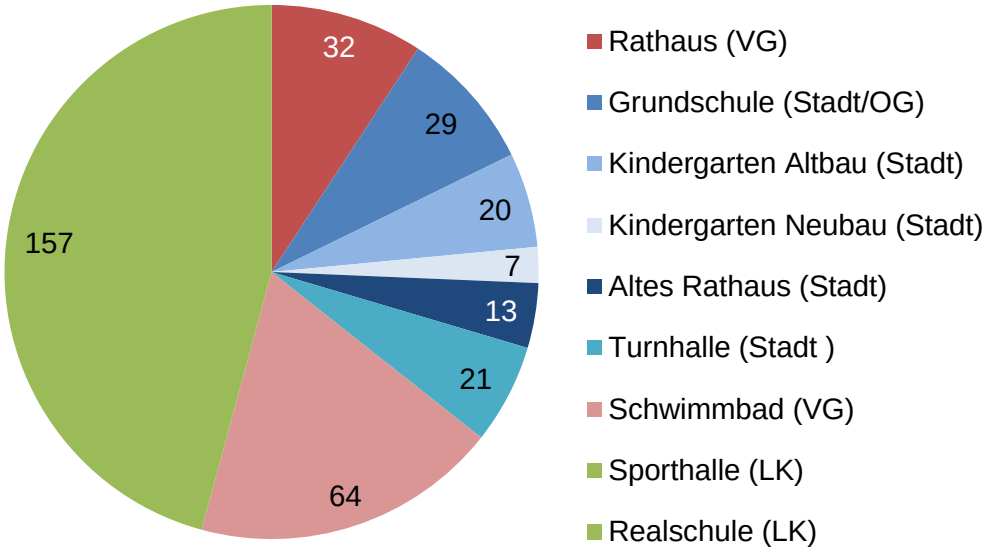
Energie- und THG-Bilanz (Wärme)

Wärmeenergieeinsatz (kWh/a)



Summe: 1.733.000 kWh/a

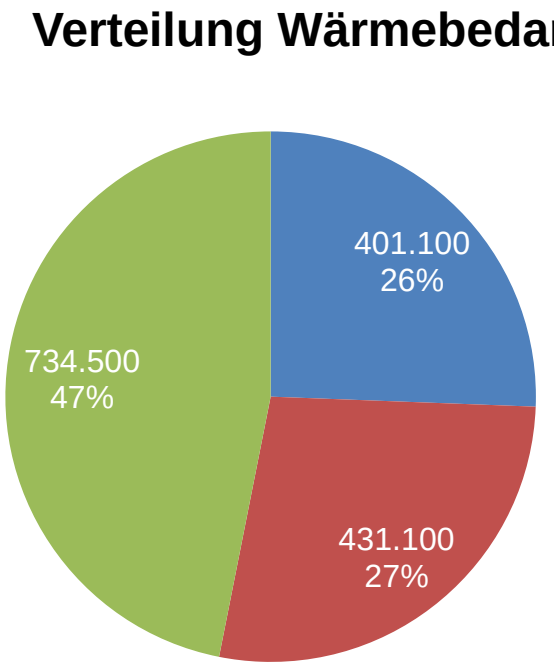
CO_2-Emissionen (t/a)

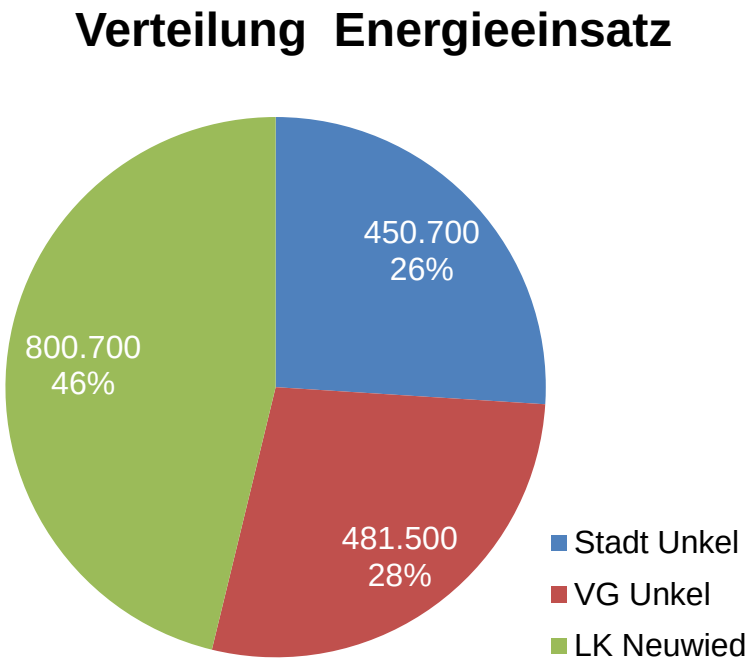


Summe: 342 t/a

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Energieanteile der Körperschaften





Grundschule ist hier der Stadt als Nutzer zugerechnet

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Wärmekosten (brutto) im Referenz-Szenario

Gebäude	Wärmebedarf [kWh/a]	Wärme-versorgung	Wärmepreis Ref. [€/kWh]	Jahres-kosten Ref.
Rathaus (VG)	133.025	Kessel (´93)	0,109	14.537 €
Grundschule (Stadt/OG)	129.870	Kessel (´99)	0,109	14.192 €
Kindergarten Altbau (Stadt)	82.620	Kessel (´94)	0,109	9.029 €
Kindergarten Neubau (Stadt)	34.960	Kessel (´11)	0,095	3.306 €
Altes Rathaus (Stadt)	56.525	Kessel (´85)	0,109	6.177 €
Turnhalle (Stadt)	97.138	NW BHAG	0,086	8.323 €
Schwimmbad (VG)	298.110	NW BHAG	0,086	25.542 €
Sporthalle (LK)		NW BHAG		
Realschule (LK)	734.452	NW BHAG	0,086	62.928 €
Summe	1.566.700			144.033 €

- Handlungsbedarf aus gesetzlichen, ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten
- Ausnahmen stellen der neue Kindergarten und das vorhandene Nahwärmesystem dar

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Einsparpotenzial nach Kennwertevergleich

Erstellung eines Strom-Wärme-Diagramms

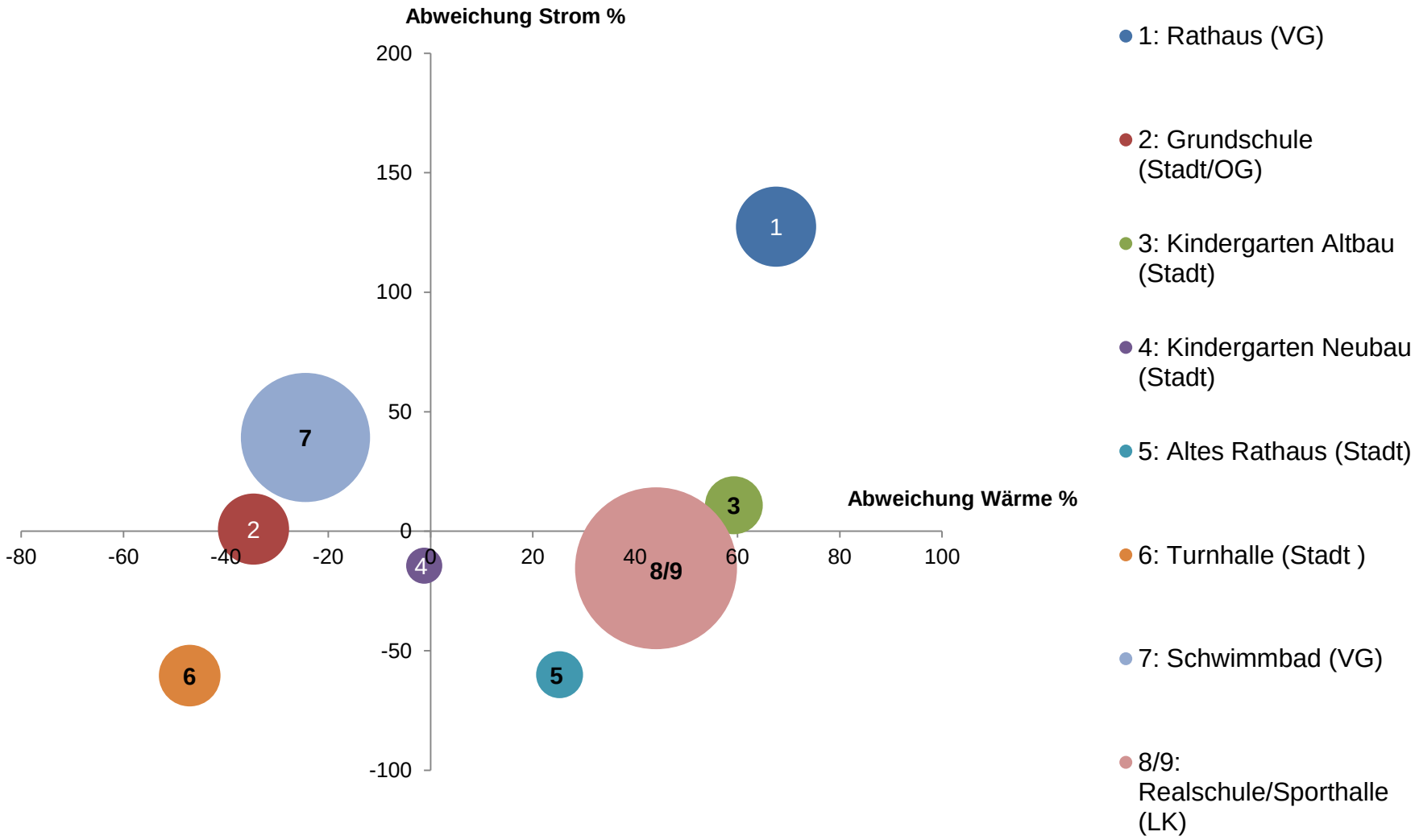
- Witterungsbereinigung der Wärmeverbräuche auf Normklima
- Berechnung des Verbrauchskennwertes bezogen auf die Gebäudefläche
- → Vergleich mit dem EnEV-Vergleichswert nach Gebäudetyp

- X-Achse: prozentuale Abweichung Wärme
- Y-Achse: prozentuale Abweichung Strom
- Größe der Kreise stellt den Anteil des Gebäudeverbrauchs am Gesamtverbrauch aller Liegenschaften dar

- Dient zur Ermittlung der Gebäude, deren Verbrauch pro Fläche stark von den Kennwerten abweicht
- Keine Berücksichtigung von Nutzerverhalten oder Belegungszeiten

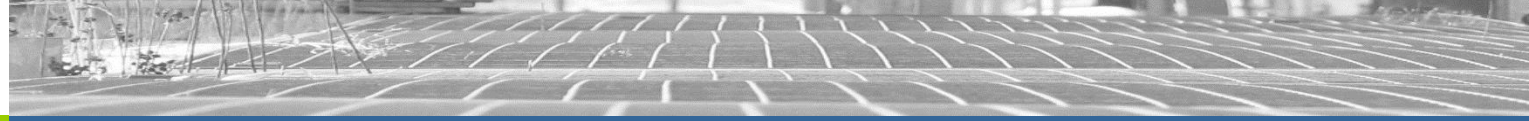
© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Strom-Wärme-Diagramm



© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement



Einsparmaßnahmen aus Gebäudebegehung

Nr.	Gebäude	Maßnahmenempfehlung	Einspar-potenzial Wärme	Heizenergie SOLL (kWh/a)
1	Rathaus (VG)	**1. Heizungspumpen/ -regelung** **2. Austausch Wärmeerzeuger**	10%	140.850
2	Grundschule (Stadt/OG)	**1. Außenliegender Sonnenschutz** **2. Heizungspumpen** **3. Prüfung Dachdämmung** **5. Austausch Wärmeerzeuger**	0%	144.300
3	Kindergarten Altbau (Stadt)	**1. Austausch Wärmeerzeuger** **2. Dachdämmung** **3. Einzelne Fenster sanieren** **4. Sonnenschutz sanieren**	20%	77.760
4	Kindergarten Neubau (Stadt)		0%	36.800
5	Altes Rathaus (Stadt)	**1. Austausch Wärmeerzeuger**	10%	59.850
6	Turnhalle (Stadt)	**1. Anpassung Regelung**	0%	105.900
7	Schwimmbad (VG)	**1. Einbau Wärme-/Wasserzähler**	0%	325.000
8	Sporthalle (LK)	**1. Anpassung Regelung**		
9	Realschule (LK)	**1. Dämmung Bodenplatte** **2. Sonnenschutz sanieren** **3. Fenster sanieren**	15%	680.595
	Summe		**9%**	**1.571.055**

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Potenziale umweltfreundlicher Energiequellen

- Einschränkung Hochwasserschutz
  - Erdwärmesonden/-kollektoren eher ungeeignet
  - Brennstofflagerung muss über HQ100 erfolgen (Holzhackschnitzel ungeeignet, Pellets möglich)

- Analysierte Energiequellen
  - Holzpellets → Lager in Ständerbauweise
  - Abwasserwärme
  - Kraft-Wärme-Kopplung (Erdgas-BHKW)
  - Photovoltaik auf Dachflächen

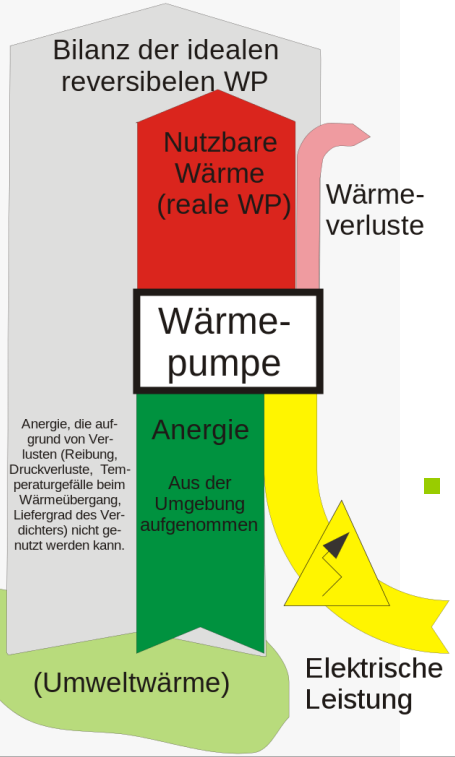
© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Abwasser-Wärmerückgewinnung

- Messergebnisse (23.02. - 22.03.16)
  - Durchflussmenge: 11 l/s (empfohlen: 15 l/s)
  - Temperatur: 10,3 °C

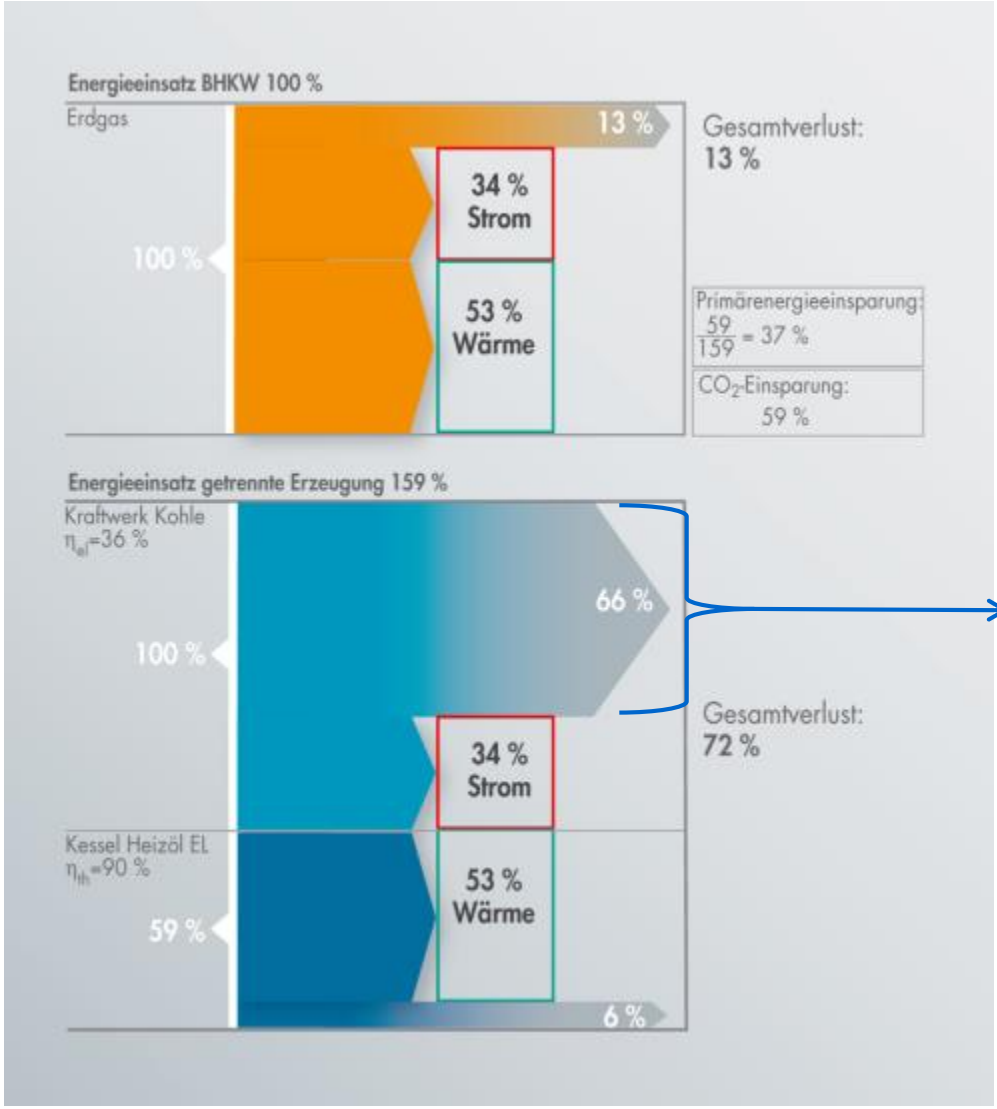
- Potenzial
  - Maximale Entzugsleistung: 45 kW_{th}
  - Technische Entzugsleistung (65 m): 15 kW_{th}
  - Leistungszahl Wärmepumpe (COP): 2,8
  - Thermische Leistung Wärmepumpe: **23 kW_{th}**
  - Annahme Nutzungsdauer: 6.000 h/a

- Wirtschaftlichkeitsabschätzung
  - Knapp 100.000 € für 23 kW
  - Zzgl. Verbrauchskosten für Wärmepumpenstrom
  - ➢ Im Vergleich zu alternativen Lösungen nicht wirtschaftlich



© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Kraft-Wärme-Kopplung



Abwärme großer Kraftwerke (Kohle, Atom) bleibt häufig ungenutzt und wird weggekühlt

Quelle: ASUE

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Ergebnisse Photovoltaik-Potenzial

- Auswertung des Solardachkatasters Neuwied
- Möglichkeit der Potenzialabschätzung für Gebäudeeigentümer

→ www.solardachkataster-neuwied.de

- Exklusive der Bestandsanlagen
  - Kindergarten und Realschule plus

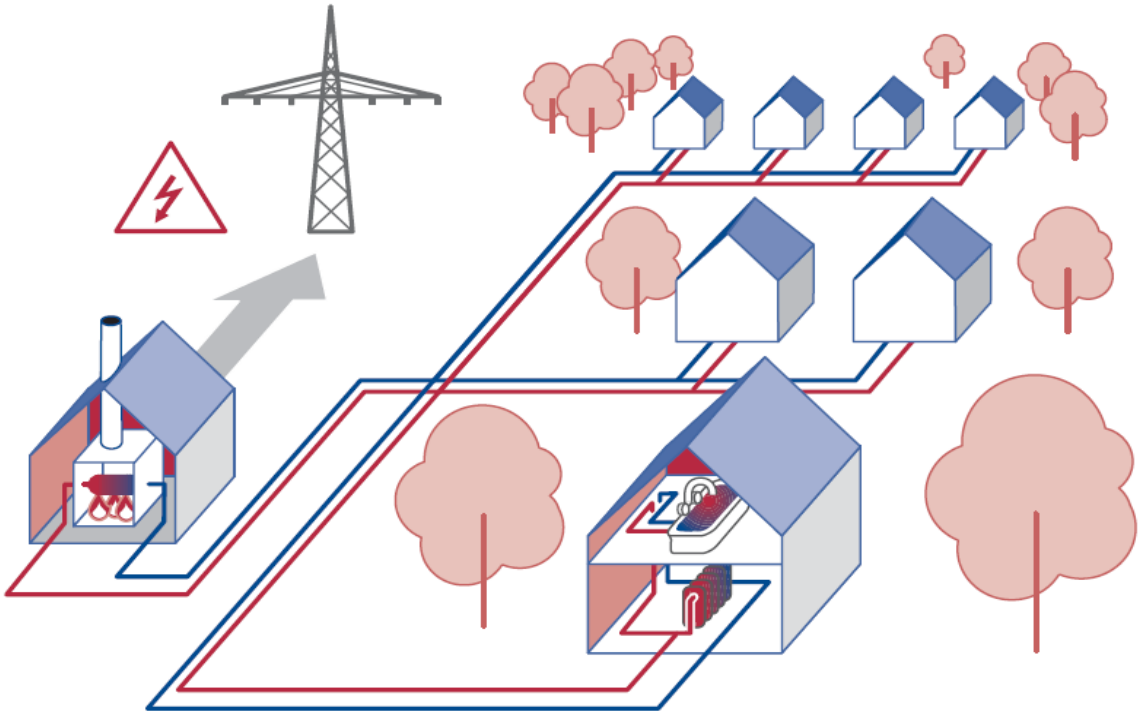
Bezeichnung des Gebäudes	Effektive Fläche [m²]	Installierbare Leistung [kWp]	Stromertrag [kWh/a]
Rathaus (VG)	234	33	33.299
Grundschule (Stadt/OG)	286	41	41.809
Kindergarten Altbau (Stad	322	46	48.193
Kindergarten Neubau (Sta	0	0	0
Altes Rathaus (Stadt)	103	15	14.917
Turnhalle (Stadt)	602	86	82.875
Schwimmbad (VG)	0	0	0
Sporthalle (LK)	400	57	55.036
Realschule (LK)	500	71	72.199
Summe	2.447	350	348.327

Ca. 90% des Stromverbrauchs im Quartier

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Nahwärmekonzeption Unkel-Schulzentrum

- Wärme wird in Heizzentrale erzeugt und durch ein Rohrleitungsnetz an die Verbraucher verteilt



Quelle: UMSICHT, Ratgeber zur Planung und Errichtung von Nahwärmenetzen, 2006

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

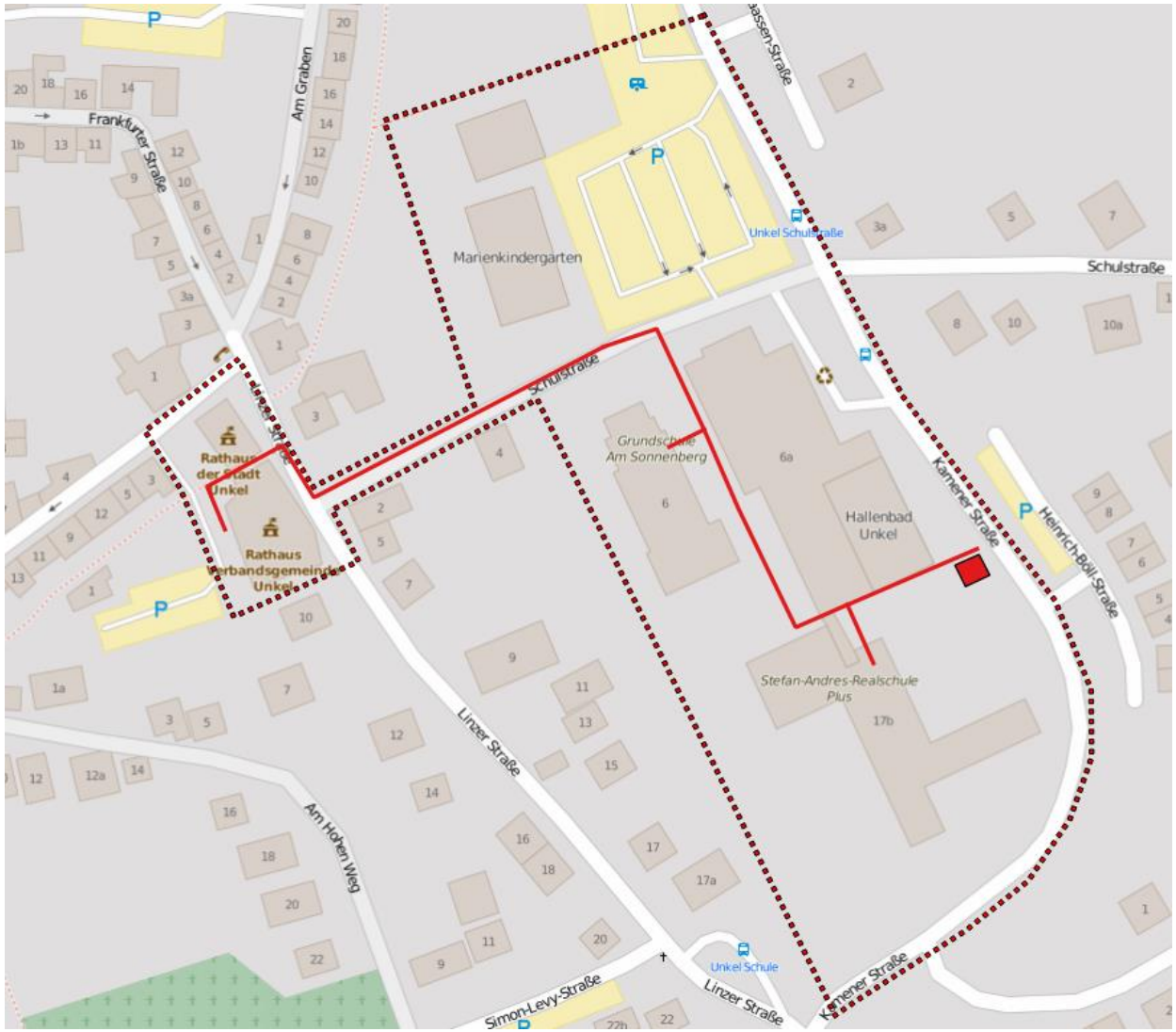
Geprüfte Untersuchungsvarianten

Technische Untersuchungsvarianten	Energieträger / Technik		
Größe des Netzes	**A:** BHKW + Gaskessel	**B:** BHKW + Abwasserwärme + Gaskessel	**C:** Holzpellets + Gaskessel
1: Standardvariante (9 Gebäude)	1 A	1 B	1 C
2: Kleine Variante (abzgl. Rathäuser)	2 mit Vorzugstechnik aus A-C		
2+: Kleine Variante (Pelletkessel Rathäuser)	2A + Pelletkessel für Rathäuser		
GS: Anschluss Grundschule	GS mit Vorzugstechnikaus A-C		
GS+: Anschluss Grundschule (Pelletkessel Rathäuser)	GS + Pelletkessel für Rathäuser		
3: Größere Variante (zzgl. FW + DRK)	3 mit Vorzugstechnikaus A-C		
4: Große Variante (zzgl. Private Anlieger)	4 mit Vorzugstechnikaus A-C		
5: Kleine Variante (abzgl. KiGa)	5 mit BHKW		

- Fokussierung auf BHKW-Technik
- Variante 5: Netzerweiterung um Grundschule und Rathäuser

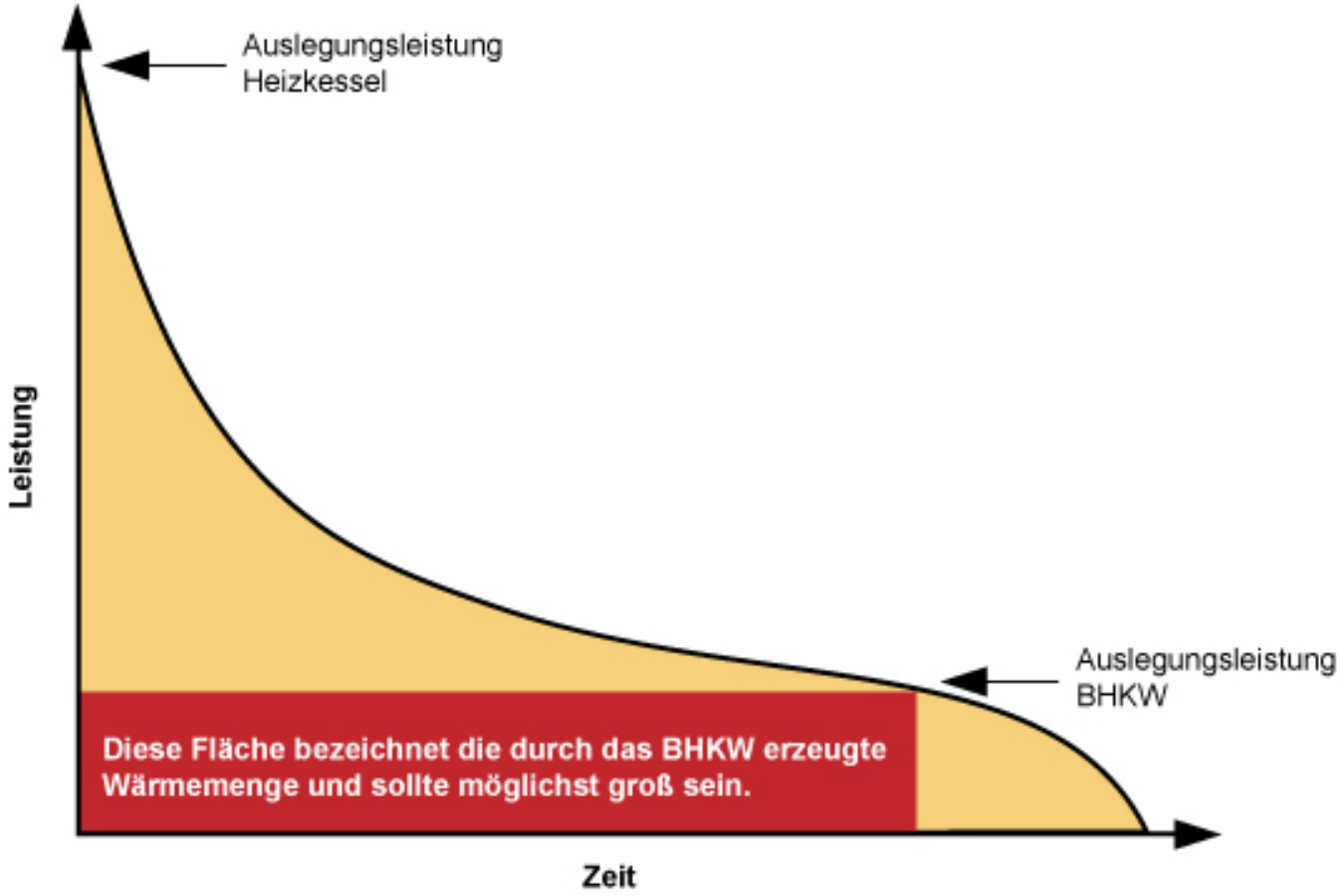
© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Variante 5: Anschluss Grundschule und Rathäuser



© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Dimensionierung BHKW



- BHKW bei 15% der Nenn-Wärmeleistung ausgelegt
- Erwartung von gut 6.000 Volllaststunden pro Jahr

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Heizzentrale für BHKW und Pufferspeicher

- Direkt an Realschule oder Fläche neben Trafo Richtung Kamener Straße
- Ständerbauweise aus Beton, Erhöhung um ca. 2,5 m (analog Trafo)
  - Aufpreis ca. 200 €/m²
- Ggf. auch Einbringung des BHKW in bestehenden Heizraum möglich
- → Gegenstand der weiteren Ingenieursplanung

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Verwendete Rahmenbedingungen

Energieträger	Preis [€/kWh] netto	CO_2e-Emissions-faktor [kg/kWh]
Strom	0,180	0,559
Erdgas	0,055	0,202
Holzpellets	0,044	0,000

- Kalkulatorischer Zinssatz: 1,5%
- Anteil Eigenstromnutzung bei BHKW: 40%

- Referenzvarianten:
  - 7,2 ct/kWh netto → Contracting BHAG
  - 9,2 ct/kWh netto → Reinvestition (z. B. Altes Rathaus)
  - 7,9 ct/kWh netto → „neue“ Heizung (z. B. Kindergarten)

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

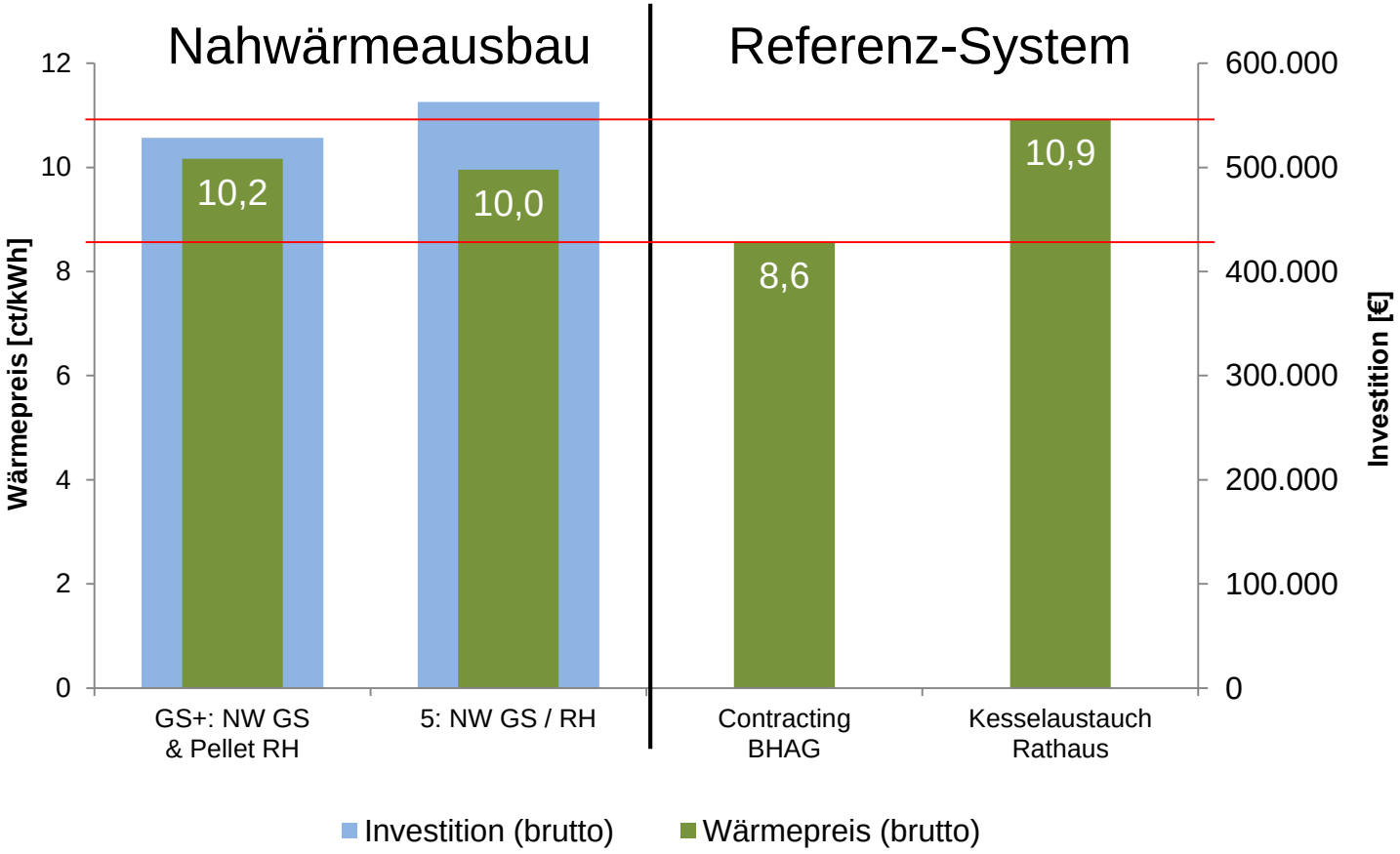
Eckdaten Variante 5

Ergebnisse Nahwärme Unkel Variante 5

Bezeichnung	Wert	Einheit
Wärmeabnehmer	7	Stück
Wärmeabsatz (Zähler nach Übergabestation)	1.450	MWh/a
Leistung Heizzentrale	870	kW
Leistung BHKW thermisch	140	kW
Leistung BHKW elektrisch	100	kW
Länge Nahwärmetrasse (Neubau)	475	m
Rohrnetzkennzahl	3.053	kWh/m*a
CO_2-Einsparung	107	t/a
Investition (netto)	473.000	€
Wärmepreis (netto)	8,4	ct/kWh

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Wärmepreis, Investition und CO_2-Ersparnis



CO_2-Einsparung (t/a)	130	107

Pro-Kopf-Emissionen von 14 bzw. 11 Bundesbürgern

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Finanzierung und Kostenaufteilung Variante 5

Bezeichnung	LK NR	VG Unkel	Stadt Unkel	Summe	Einheit
Investitionsumme (brutto), davon				563.461	€
Baukosten Heizzentrale, Planung	*40.857*	*40.857*	*40.857*	*122.570*	€
BHKW, sonst. Technik, Planung	*70.369*	*70.369*	*70.369*	*211.106*	€
Verbindung neue/alte Heizzentrale	*19.160*	*19.160*	*19.160*	*57.481*	€
Nahwärmeleitung, Tiefbau, Planung		*61.014*	*67.156*	*128.170*	€
Hausübergabestationen		*6.331*	*10.972*	*17.303*	€
Unvorhergesehenes	*8.944*	*8.944*	*8.944*	*26.831*	€
Kostenverteilung nach Bauteilen	**139.330**	**206.674**	**217.457**	**563.461**	**€**
Kostenverteilung nach Bauteilen (80%)	25%	37%	39%	100%	
Kostenverteilung nach Wärmebedarf (20%)	47%	28%	26%	100%	
Eigenanteile gewichtet	**29%**	**35%**	**36%**	**100%**	
Fördersumme				419.000	€
Eigenanteil exkl. Fördersumme	**42.123**	**50.340**	**51.999**	**144.461**	**€**
Jahreskosten	55.200	32.400	21.300	108.900	€/a
Jahreskosten Referenz	62.928	40.079	28.692	131.698	€/a
Einsparung	7.728	7.679	7.392	22.798	€/a
Amortisation	5,5	6,6	7,0	6,3	a
Amortisation (inkl. Zins)	**5,7**	**7,0**	**7,5**	**6,7**	**a**

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Fazit

- Erweiterung des bestehenden Nahwärmeverbundes ist ökonomisch vorteilhaft
- Die bestehende Heizzentrale sollte um ein größeres BHKW erweitert werden, um Effizienz- und Klimaschutzgewinne zu erreichen (Voraussetzung für Fördermittel)
- Um die Investitionssumme zu begrenzen, wurden zwei kleinere Lösungen ohne Anschluss der Kindergärten abgeleitet

GS+: Nahwärmeanschluss der Grundschule und separate Holzpellet-Heizung für die beiden Rathäuser

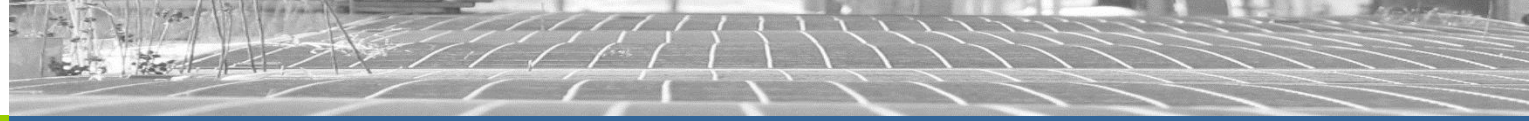
- Relativ geringes Investment und damit höhere Förderquote
- Relativ hohe CO2-Einsparung durch regenerativen Brennstoff

5: Nahwärme-Erweiterung um Grundschule und die beiden Rathäuser

- Geringerer Betriebsaufwand durch lediglich eine Heizzentrale
- Bessere Ausgangssituation für modulare Erweiterung (KiGa, private Dritte)

➢ Investition in Nahwärme ist langfristig (bis 2050) und eröffnet zentrale Anpassungen des Heizungssystems (neue Technologien, alternative Energieträger)

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

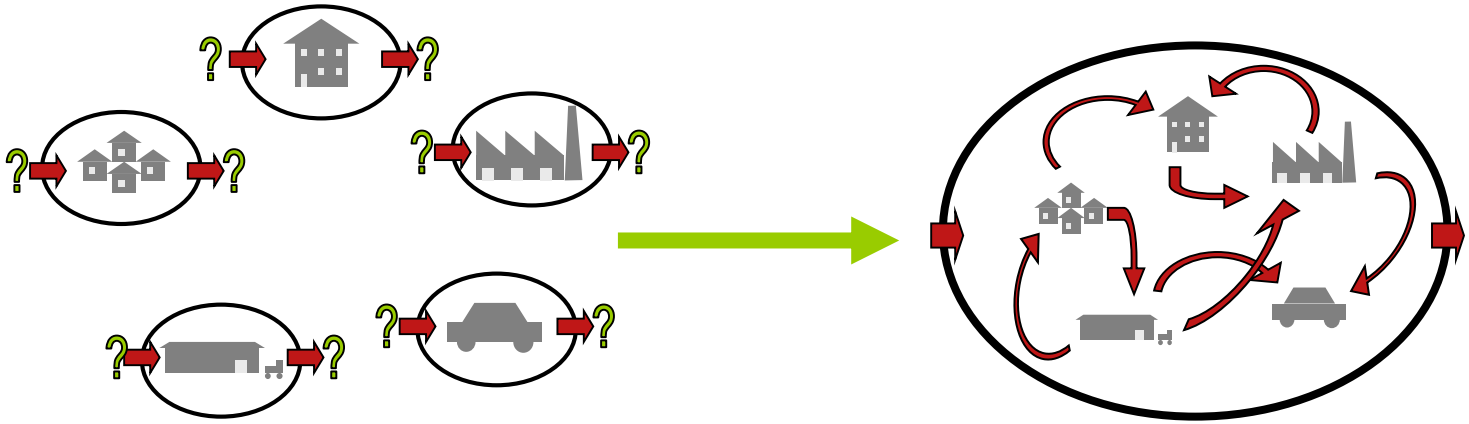


Mögliche Meilensteine für die Projektumsetzung

- Juni 2016 Organisatorische Planung
  - Finanzierung
  - Betreibermodell
  - Ausschreibung Planungsleistungen
- Aug 2016: Beginn Ingenieursplanung (1-3)
- Jan 2017: Genehmigungs- und Ausführungsplanung
  - Ausschreibungen Gewerke
- Apr 2017: Baubeginn
  - Tiefbau / Kanalbau
  - Rohrleitungsbau
  - Technik Heizzentrale/Anschlüsse
- Ende 2017: Technische Inbetriebnahme

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Daniel Oßwald, M.Sc.

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
Fachhochschule Trier / Umwelt-Campus Birkenfeld

Postfach 1380, D- 55761 Birkenfeld

Tel.: 0049 (0)6782 / 17 – 1608

Fax: 0049 (0)6782 / 17 - 1264

E-Mail: d.osswald@umwelt-campus.de

Internet: www.stoffstrom.org

© 2015 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)