

# Optimierungspotenziale in der Strom-, Wärme-, und Kälteversorgung durch Eigenerzeugung als Best Practice Beispiel eines Kunststoffverarbeiters

Branchentreffen „Kunststoffe in OWL e. V.“

14. Oktober 2016, 16 Uhr

SULO Umwelttechnik GmbH, Bündler Str. 85, 32051 Herford

**SMART ET**  
ENERGIETECHNIK

**Felix Dahm**

Energiedienstleistungen und Projektmanagement

Kontaktdaten

Website: [www.smartet.de](http://www.smartet.de)

Email: [info@smartet.de](mailto:info@smartet.de)

Smart ET GmbH

Alte Kirchstraße 1

D-34508 Willingen

Telefon: +49(0)5231.9807627

Fax: +49(0)5231.9807626

## Energiedienstleistungen

Die **SMART ET GmbH** unterstützt Sie gerne mit folgenden Leistungen:

- Energieberatung und technische Planung
- Gebäudeenergieausweis (EnEV)
- Thermografie-Aufnahmen und Messtechnik
- Ressourceneffizienzberatung (PIUS)
- Nachweisführung nach §10 StromStG (Spitzenausgleich)/ §64 EEG (Besondere Ausgleichsregelung)
- Energieaudit nach DIN EN 16247-1
- Einführung von Managementsystemen nach ISO 50001/ ISO 14001/ ISO 9001:2016
- Mitarbeiterschulungen
- Umsetzungsberatungen
- Gutachten
- Energiekonzepte für Förderprogramme der KfW/ BAFA/ BMWi

## Smart ET GmbH

Alte Kirchstraße 1  
D-34508 Willingen

### Standorte:

Willingen, Detmold

### Mitarbeiter:

12

### Team besteht aus:

Wirtschaftsingenieur,  
Elektroingenieur,  
Architekt(in),  
Kälteanlagenbauer,  
Elektromeister,  
Staatl. geprüfter Techniker

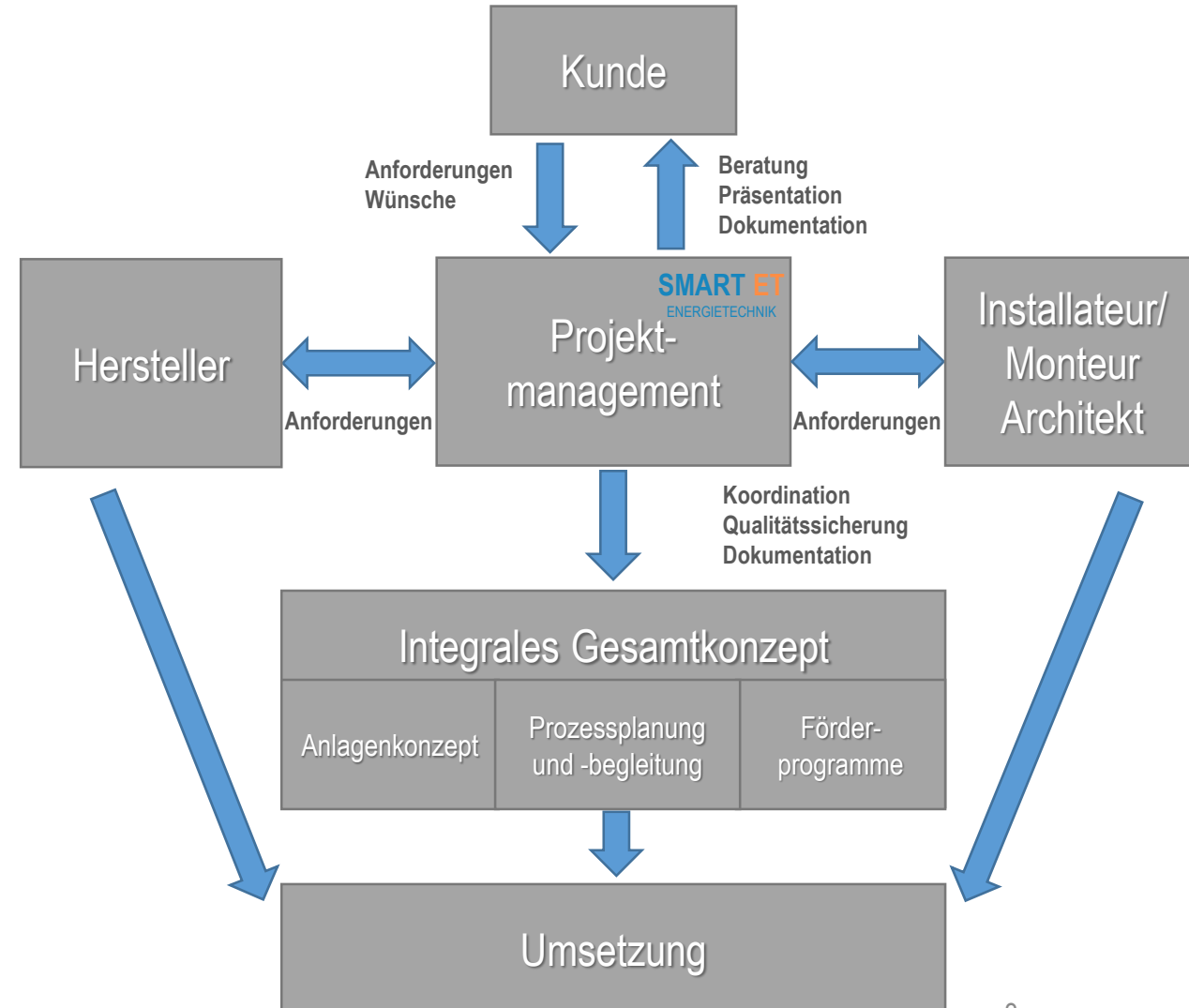


## Technische Planung

Erweiterte Dienstleistungen zur Planung und Umsetzung

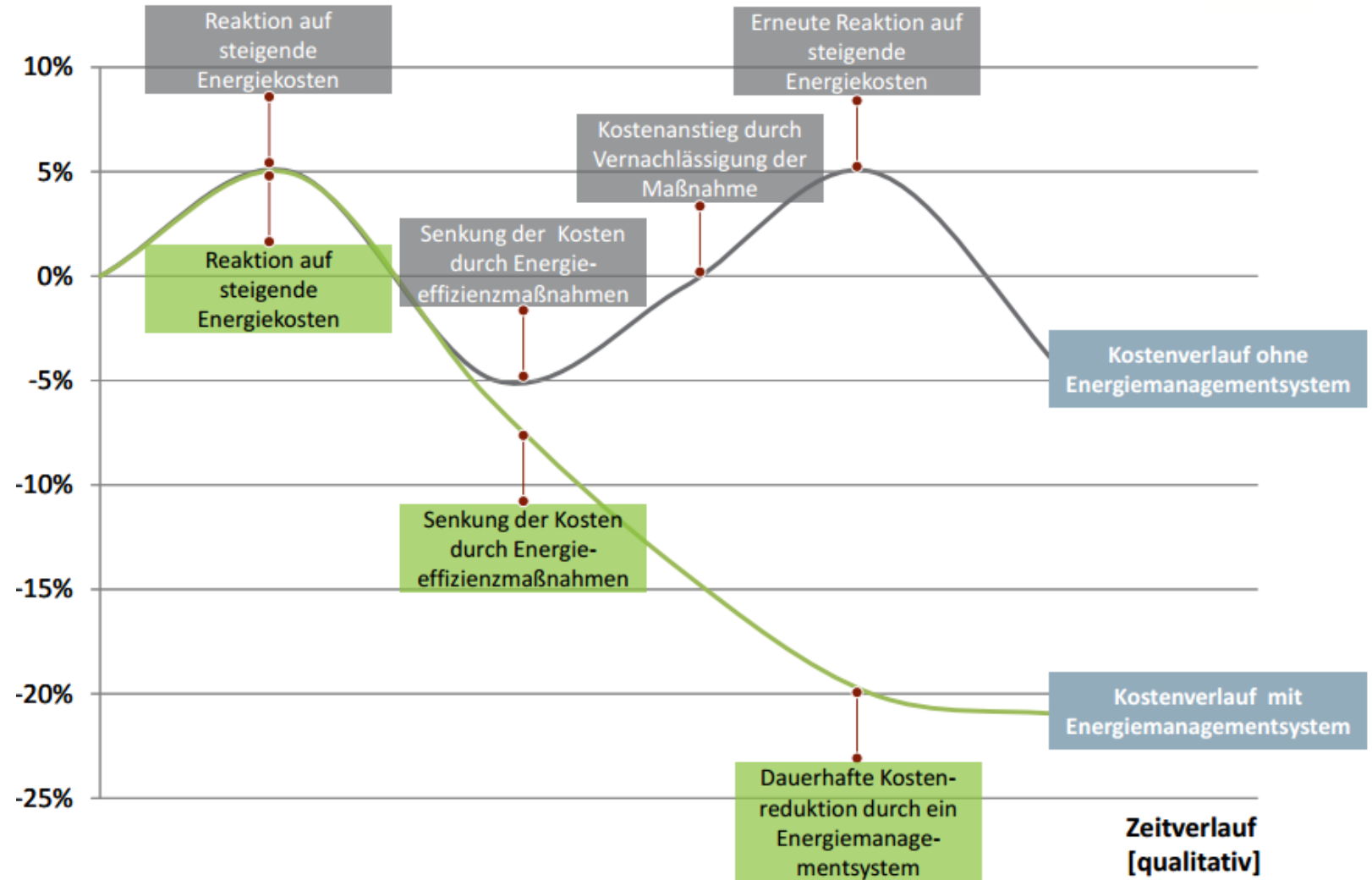
- Querschnittstechnologien
  - Druckluft
  - Kältetechnik
  - Klimatechnik
  - Wärmetechnik
  - Elektroinstallation
- Wärmerückgewinnung
- Erneuerbare Energien
- Messsystemtechnik
- Contracting
- Energie-Eigenerzeugung
  - Kraft-Wärme-Kopplung
  - Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
  - Erneuerbare Energien

## Der integrale Planungsprozess



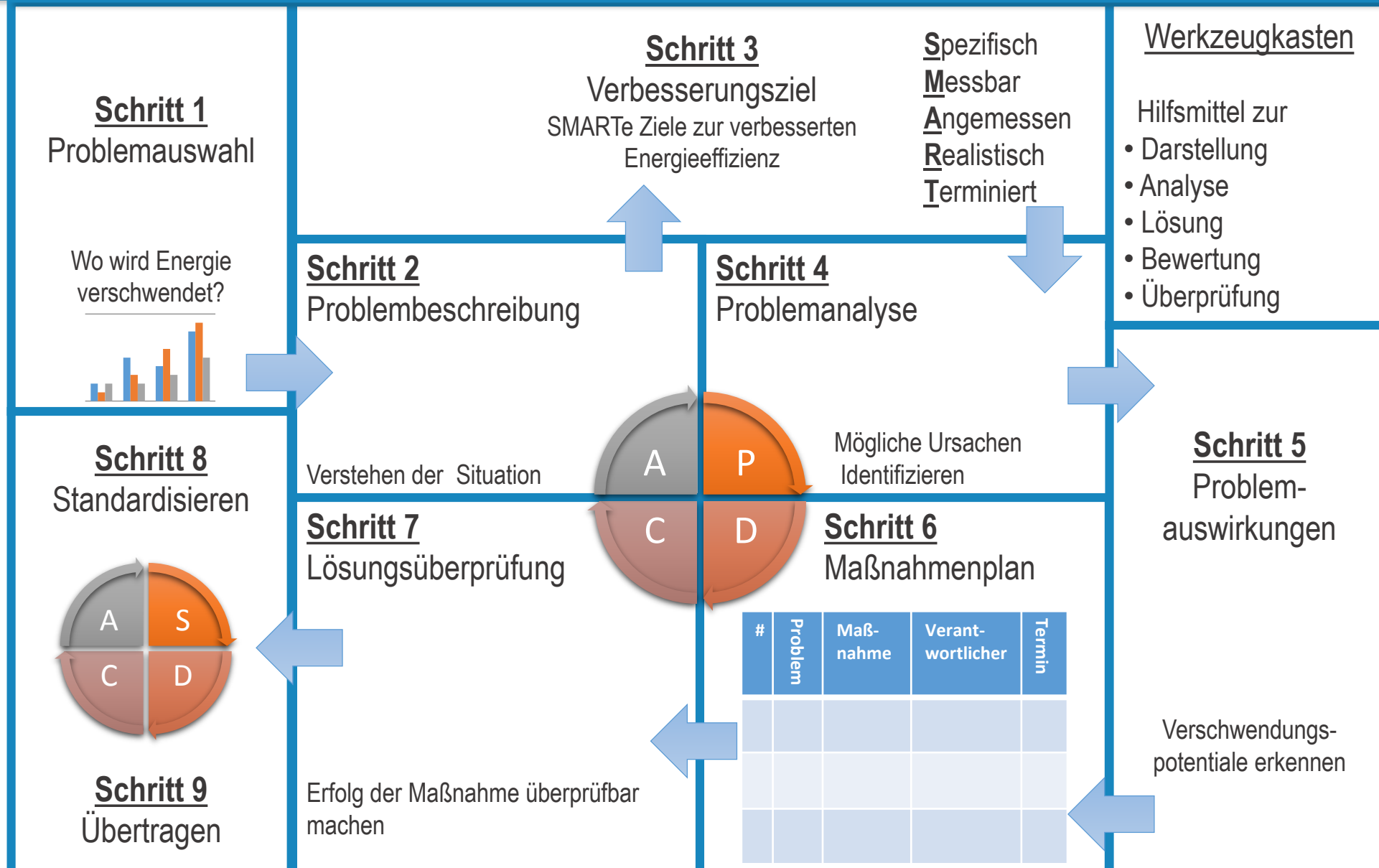
## Energiemanagement

Mit System nachhaltig zum Erfolg



## Energieeffizienz als unternehmerisches Ziel

- Energiebezogene Kosten senken und Wirtschaftlichkeit steigern
- Reduktion der CO2 Emissionen und Schonung der Umwelt
- Energierrelevante Prozesse nachhaltig optimieren
- Imageverbesserung bei Kunden und Öffentlichkeit
- Voraussetzung für gesetzliche Erleichterungen (SpaEfV, BesAR)
- Gesetzliche Verpflichtung zum Energieaudit (EDL-G)



## Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Funktionsweise der KWKK

„Kraft-Wärme-Kopplung ist die gleichzeitige Umwandlung von eingesetzter Energie in elektrische Energie und in Nutzwärme in einer ortsfesten technischen Anlage.“

*Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz-Gesetz (KWKG)*



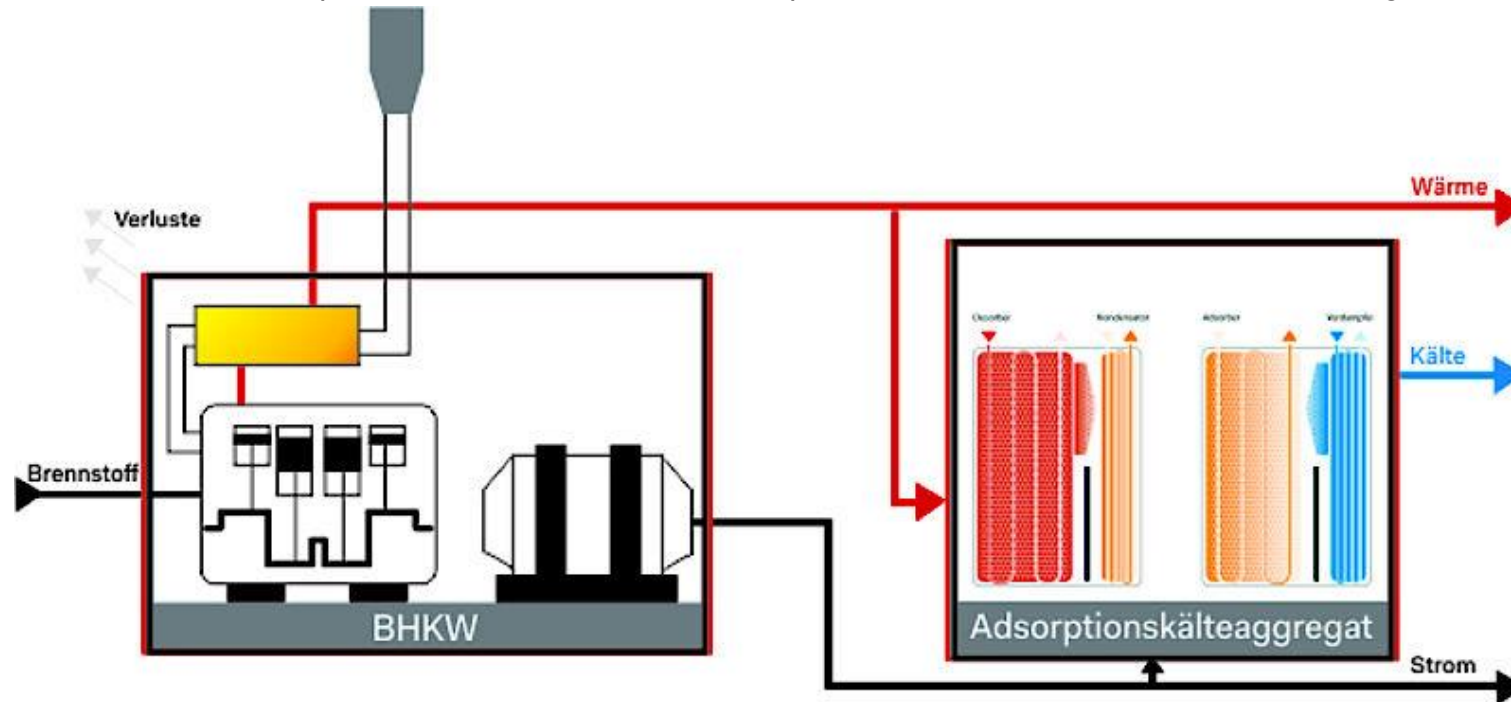
Quelle: ÖkoFEN\_e

## Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Funktionsweise der KWKK

**Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung**  
aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) ist eine Erweiterung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK): Die von einem Blockheizkraftwerk, einer Thermischen Solaranlage oder einer Geothermieanlage erzeugte Wärme wird zum Betrieb einer Absorptionskältemaschine, oder Adsorptionskältemaschine für die Klimatisierung verwendet.



Quelle: [www.sortech.de](http://www.sortech.de)

## Best Practice Beispiel

Zum Projekt

**Klaus Brummernhenrich GmbH & Co. KG**  
Kunststoffspritzgießerei - Werkzeugbau  
Industriestraße 2  
32108 Bad Salzuflen

**Ansprechpartner**  
Markus Orbke  
Assistent der Geschäftsleitung  
[orbke@brummernhenrich.com](mailto:orbke@brummernhenrich.com)

Werk in der Daimlerstraße 16, Bad Salzuflen





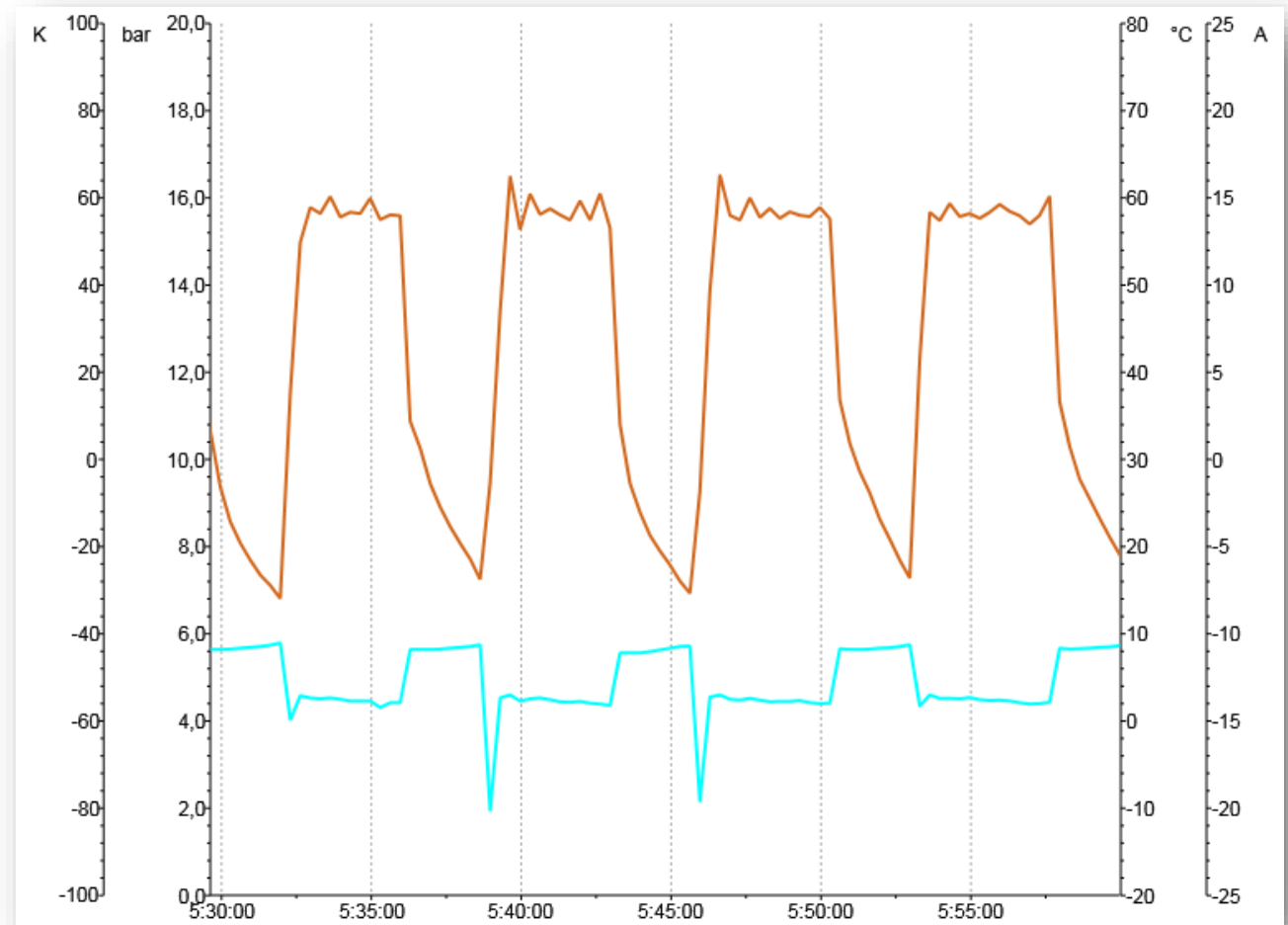
## Best Practice Beispiel

IST Zustand vor Umsetzung

### 1. Messung der alten Kälteanlage

Laufzeitmessung der bisherigen Kälteanlage.  
Die Kältekompressoren laufen durchschnittlich 5 min und haben dann eine Stillstandszeit von 5 min.

- Auslastung des Kältekompressors liegt bei nur 50%.
- Benötigt werden tatsächlich 30 kW<sub>th</sub> Kälte in der Grundlast



## Best Practice Beispiel

IST Zustand vor Umsetzung

### 2. Planung des KWKK-Systems

- Auslegung der neuen Kälteanlage anhand der Messdaten und Prozessparameter.
- Dimensionierung der Wärmeversorgung auf Basis der Adsorberleistung.
- Berücksichtigung versch. Anbieter und Modelle.
- Berücksichtigung der wirtschaftlichen Komponenten inkl. Förderung (KWKG, Energie StG, BAFA, KfW)

### Auszug aus der Planungshistorie (exemplarisch)

**SMART ET ENERGIETECHNIK** SMART ET GmbH Alte Kirchstraße 1 D-34508 Willingen Telefon: +49 (0) 5231 98076-27 Telefax: +49 (0) 5231 98076-26 E-Mail: info@smartet.de

**KWKK Wirtschaftlichkeitsbetrachtung BHKW-Kompaktmodul Typ GG 50 5 Sokratherm Sortech eCoo 30 IPS**

**BHKW Daten u.a.** *Auslastungsgrad berücksichtigt*

Anzahl der Anlagen	1	1	EER	
Leistung elektrisch	46	36,34 kW	Betriebsstunden	2,75
Leistung thermisch	77	60,83 kW	Leistung th./el.	6.000,00 h
Brennstoffaufnahme	135	106,65 kW	Kälteleistung	12 kW
Anlagenpreis	95.700,00		Anlagenpreis	33 kW
Auslastungsgrad	79,00%			30.000,00 €
Betriebsstunden	6.000,00 h			32.142,78 €
Investitionssumme	65.700,00 €		Abwärme	vernachlässigt
Kalkulationszinssatz	3,00%		Wartung	1000 €/a
Nutzungsdauer	15,00 a		Fiktiver Kältepreis	0,0545 €/kWh
Ersatzinvestitionsbetrag	30.000,00	<i>Kosten der KKM</i>	entspricht Stromkosten	0,0545 €/kWh

**Kompressionskältemaschine Adsorptionskälteanlage**

Investitionssumme	32.142,78 €
Annuität	8.761,50 €/a
Amortisation in Jahre	3,70 a
Kapitalwert	131.422,46 €
Interne Verzinsung	37,8270 %

**Erlöse**

Strom	6726 h x 46 kW =	309.396 kWh x 0,17600 €/kWh	54.451,70 €/a
KWK Bonus	6726 h x 46 kW =	309.396 kWh x 0,05410 €/kWh	16.738,32 €/a
Wärme	6726 h x 75,44 kW =	507.409 kWh x 0,00000 €/kWh	0,00 €/a
Energesteuer	6726 h x 134,32 kW =	903.436 kWh x 0,00000 €/kWh	0,00 €/a
Leistungsreduktion*		38 kW x 0,00 €/kWh/a	0,00 €/a

*\*Erfordert Betrieb während und Wartung außerhalb der Spitzenlastphasen*

**Aufwendungen**

Brennstoff	6726 h x 134,32 kW =	903.436 kWh x 0,04700 €/kWh	42.461,51 €/a
Vollwartung*Garantie (15Jahr)	6726 h x 1,6 €/Bh		10.761,60 €/a
Mindestumlage EEG		309.396,00 kWh x 0,00 €/kWh	0,00 €/a
zusätzliche Betriebskosten ab 16. Jahr			0,00 €/a
sonstige jährliche Kosten			0 €/a

**Erlöse**

Kälte	13258,2912 €/a	13258,2912 €/a
Verrechnur	0	0

**Aufwendungen**

Energie	13258,2912 €/a	0,00 €/a
Wartung	1000 €/a	1000 €/a
	0 €/a	0 €/a

**Ergebnisvergleich:**

	BHKW	BHKW und Adsorptionskälteanlage	Kompressionskältemaschine	Adsorptionskälteanlage
Investitionssumme	109.000,00 €	141.142,78 €	32.142,78 €	32.142,78 €
Annuität	4.118,93 €/a	12.880,41 €/a	8.761,50 €/a	8.761,50 €/a
Amortisation in Jahre	7,41 a	5,8780 a	3,70 a	3,70 a
Kapitalwert	61.783,94 €	193.206,40 €	131.422,46 €	131.422,46 €
Interne Verzinsung	10,6631 %	18,4929 %	37,8270 %	37,8270 %

**Ergebnisvergleich:**

	BHKW	BHKW und Adsorptionskälteanlage	Kompressionskältemaschine	Adsorptionskälteanlage
Investitionssumme	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1000,00 €/a
Annuität	-10.761,50 €/a	-10.761,50 €/a	-10.761,50 €/a	-10.761,50 €/a
Amortisation in Jahre	Normal	Normal	Normal	Normal
Kapitalwert	13.348,23 €	13.348,23 €	13.348,23 €	-4048,51 €
Interne Verzinsung	10,6631 %	10,6631 %	10,6631 %	10,6631 %

## Best Practice Beispiel

IST Zustand vor Umsetzung

## Bauabschnitt 1: Wärmeversorgung

Ende 2015

Wärmeversorgung	alt	Alte Erdgasheizung (> 140 kW <sub>th</sub> ) Ungeregelte Heizpumpen
	neu	BHKW (20 kW <sub>el.</sub> / 40 kW <sub>th</sub> ) Spitzenlastkessel (62 kW <sub>th</sub> ) Hocheffizienz-Pumpen 2 Warmwasserspeicher (2x 800 l)

## Best Practice Beispiel

IST Zustand vor Umsetzung

## Bauabschnitt 2: Kälteversorgung

Anfang 2016

Kälteerzeugung

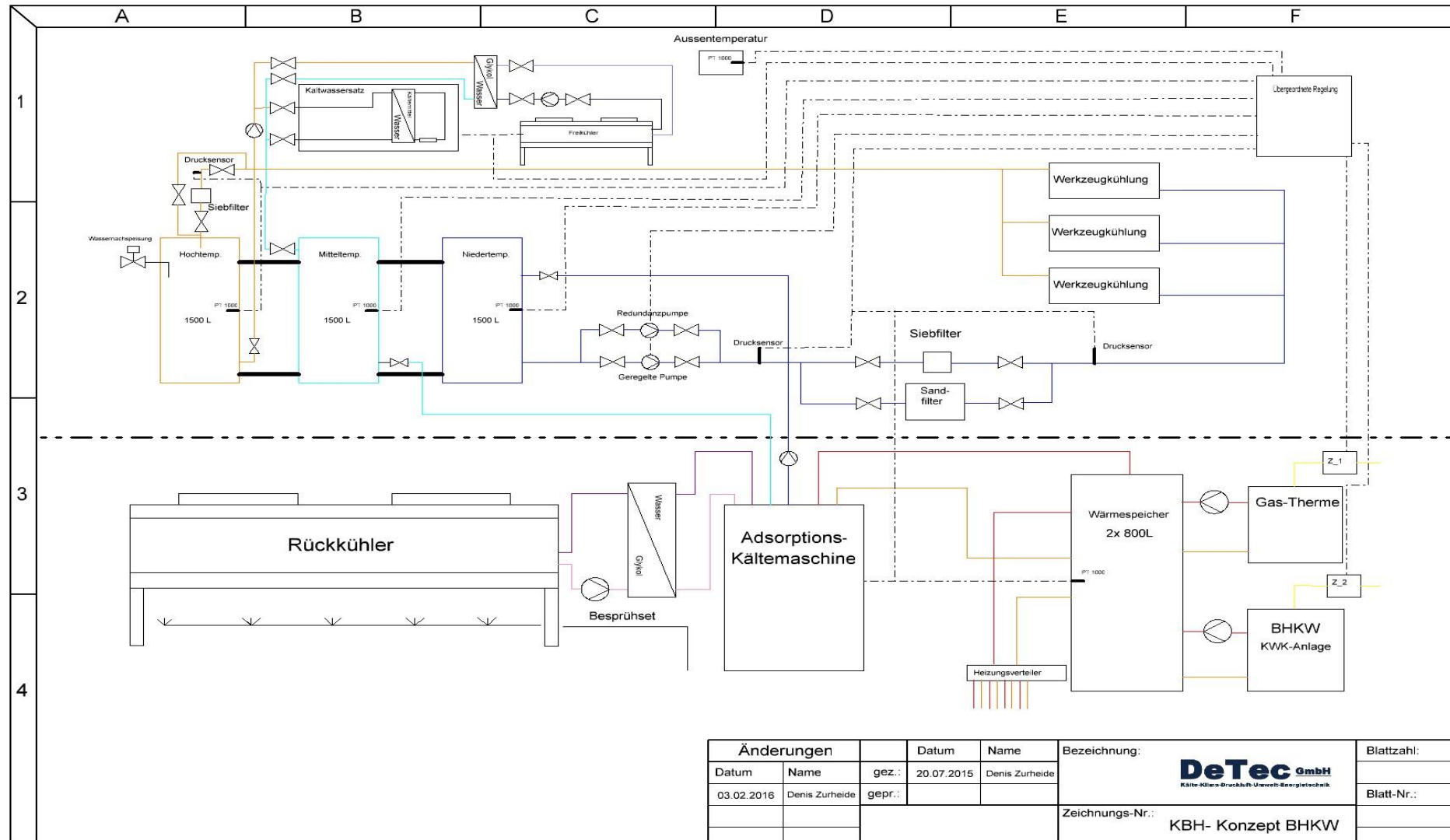
alt  
2 Kaltwassersätze (120 kW<sub>th</sub>)  
6 Verdichter  
2 Ungeregelte Pumpen  
Kältemittel R22  
Keine Filtration des Wassers

Kälteerzeugung

neu  
Kaltwassersatz (66 kW<sub>th</sub>)  
mit Integriertem Freikühler  
und 2 Scrollverdichter  
1 Adsorber (30 kW<sub>th</sub>)  
Geregelte Pumpe  
Redundanz Pumpe  
Kältemittel R410a  
Filtration des Wassers mittels  
Sandfilter

## Best Practice Beispiel

Neues System mit KWKK



## Best Practice Beispiel

Neues System mit KWKK

### Heizzentrale

von links

- Ausdehnungsgefäß
- Warmwasser-Pufferspeicher 1+2
- Heizungsverteilung (neu) und Wärmemengenzähler
- Spitzenlastkessel
- Blockheizkraftwerk (BHKW)
- Steuerung und Stromzähler



## Best Practice Beispiel

Neues System mit KWKK

### Kältezentrale

von links

- Hochtemp.-Wassertank (22°C)
- Mitteltemp.-Wassertank ( 18°C)
- Niedertemp.-Wassertank (14 °C)
  
- Adsorptionskälteanlage
- Wasserfiltersystem
- Schwallwasserspeicher



## Best Practice Beispiel

Neues System mit KWKK

### Außenbereich

von links

- Kaltwassersatz (Spitzenlast)
- Freikühler



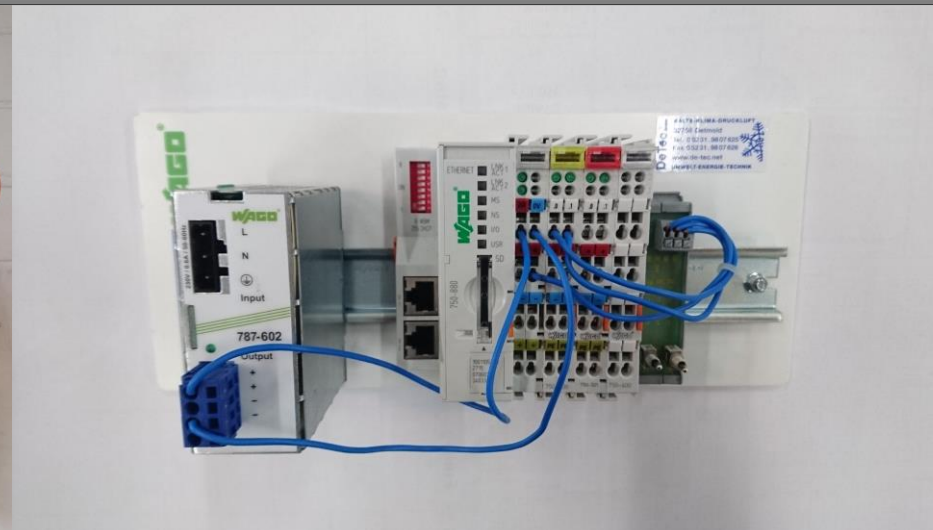


## Best Practice Beispiel

Neues System mit KWKK

### Durchgehende Datenerfassung von

- Strom
- Wärmemengen
- Temperaturen
- Drücken
- Betriebszuständen



## Förderprogramme

Ausgewählte Förder-Programme (Stand: 09.2016)

- KfW
  - [KfW-Energieeffizienzprogramm – Abwärme](#)
  - [Energieeffizienz in Produktionsprozessen \(KfW\)](#)
  - [Energieeffizienz von gewerblich genutzten Nichtwohngebäuden \(KfW\)](#)
- BAFA
  - [Förderung von Querschnittstechnologien \(BAFA\)](#)
  - [Heizungsoptimierung \(BAFA\)](#)
  - [Förderung von Klima- und Kälteanlagen \(BAFA\)](#)
  - [Energieberatung im Mittelstand \(BAFA\)](#)
  - [Förderung von Beratungen zum Energiespar-Contracting \(BAFA\)](#)
  - [Förderung von Energiemanagementsystemen \(BAFA\)](#)
- Bundesländer
  - [Nordrhein-Westfalen: Förderbaustein Markteinführung \(progres.nrw\)](#)
  - [PIUS Check \(Effizienz-Agentur NRW\)](#)

## Förder.Navi

The screenshot shows the 'Unternehmen' (Companies) filter section of the Förder.Navi website. It features a list of 20 radio button options for filtering search results. A large blue watermark 'www.foerder-navi.de' is overlaid diagonally across the list. Navigation arrows are visible on the left and right sides of the list.

**Unternehmen**

- Abwasseranlagen
- Beleuchtung
- BHKW / KWK / Brennstoffzelle (Öl, Erdgas, Flüssiggas)
- BHKW / KWK (Biomasse, Biogas)
- Brennwertechnik (Öl, Erdgas, Flüssiggas)
- Energieeffizienzberatung in Unternehmen
- Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen
- Energieeffiziente Gebäudesanierung
- Energieeffizienter Neubau
- Gebäudeenergieberatung
- Geothermie
- Holzheizungen
- Kommunalen Klimaschutz (Stadtwerke, Konzepte, Manager)
- Lüftung
- Netze und Speicher (Strom)
- Netze und Speicher (Wärme, Kälte, Biogas)
- Photovoltaikanlagen
- Solarthermische Anlagen
- Wärmepumpen
- Windenergieanlagen
- Alle

## Förderprogramme

### Projektbezogene Förderprogramme

#### BAFA Kälteprogramm

- Adsorptionskältemaschine
- Freikühler
- Pufferspeicher (Kälte)
- Pumpen (Kälte)
- Dämmung

#### BAFA Querschnittstechnologien

- Steuerung und Energiemanagement
- Wärmerückgewinnung

#### Progres NRW

- BHKW
- Pufferspeicher (Wärme)
- Pumpen (Wärme)
- Dämmung

## BAFA: Förderung von Kälte- und Klimaanlage

Fördergegenstand		Förderumfang	Bedingungen	Maximaler Förderbetrag
Beratung		80%		1.000,00 €
Basisförderung	Sanierung Altanlage	15%	Erreichung von mindestens 85 % der Maximalpunktzahl der Bewertung der Energieeffizienz & Verwendung von Kältemitteln mit einem GWP < 2500	100.000,00 €
		20%	Erreichung von mindestens 85 % der Maximalpunktzahl der Bewertung der Energieeffizienz & Verwendung halogenfreier Kältemittel	
	Errichtung Neuanlage	20%	Erreichung von mindestens 95 % der Maximalpunktzahl der Bewertung der Energieeffizienz & Verwendung halogenfreier Kältemittel	
		25%	Einsatz von Sorptionskälteanlagen	
Bonusförderung	Errichtung Wärmeübertrager	15%		50.000,00 €
	Errichtung Wärmepumpen	20%	Verwendung von Kältemitteln mit einem GWP < 2500	
	Errichtung Wärmepumpen	25%	Verwendung halogenfreier Kältemittel	

#### **Förderinhalt**

Beratungen, Sanierungsmaßnahmen an Kälte- und Klimaaltanlagen & Errichtung von Neuanlagen zur Emissionsminderung

#### **Antragsteller**

Unternehmen  
Kommune  
Gemeinnützige Organisation

#### **Antragstelle**

Bundesamt für Wirtschaft und Ausführungkontrolle (BAFA)

#### **Fördergeber**

Bund

#### **Stand**

07.10.2016

## Förderprogramme

### Projektbezogene Förderprogramme

#### BAFA Kälteprogramm

- Adsorptionskältemaschine
- Freikühler
- Pufferspeicher (Kälte)
- Pumpen (Kälte)
- Dämmung

#### BAFA Querschnittstechnologien

- Steuerung und Energiemanagement
- Wärmerückgewinnung (Druckluft)

#### Progres NRW

- BHKW
- Pufferspeicher (Wärme)
- Pumpen (Wärme)
- Dämmung

## BAFA: Förderung von Querschnittstechnologien

Antragsberechtigt sind.

- KMU bis 250
- Unternehmen mit bis zu 500 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von höchstens 100 Mio. Euro
- große Unternehmen ab 500 Beschäftigte
- Energiedienstleister o.g. Größe, sofern sie Energieeffizienzmaßnahmen oder andere Energiedienstleistungen bei einem antragsberechtigten Unternehmen durchführen

Endenergieeinsparung von mind. 25 % gegenüber „Ist“-Zustand des technischen Systems ist nachzuweisen. Die Förderanträge müssen vor Abschluss eines Liefer- oder Leistungsvertrages gestellt werden.

#### **Förderhöhe**

##### **A. Einzelmaßnahmen:**

- Zuwendungen für Einzelmaßnahmen (ausgenommen LED-Beleuchtung) 30 % der zuwendungsfähigen Kosten für KMU, 20 % für sonstige Unternehmen
- Fördersätze für LED-Beleuchtung: 20% für KMU und 10% für sonstige Unternehmen
- max. 30.000,00 € je Vorhaben

##### **B. Systemische Optimierung:**

- Nachgewiesene Endenergieeinsparung > 35 %: 30 % der zuwendungsfähigen Kosten für KMU, 20 % für sonstige Unternehmen
- Nachgewiesene Endenergieeinsparung von 25 % bis 35 %: 20 % der zuwendungsfähigen Kosten für KMU, 20 % für sonstige Unternehmen 10%
- Für externe Energieberatung zur Erstellung eines Energieeinsparkonzeptes: Zuschuss über 60 % der förderfähigen Beratungskosten, max. 3.000 Euro
- bis zu 100.000,00 € bei technischer Optimierung oder Neuinstallation von Anlagen
- bis zu 150.000,00 € bei Maßnahmen mit industriellen oder gewerblichen Pumpensystemen

## Förderprogramme

### Projektbezogene Förderprogramme

#### BAFA Kälteprogramm

- Adsorptionskältemaschine
- Freikühler
- Pufferspeicher (Kälte)
- Pumpen (Kälte)
- Dämmung

#### BAFA Querschnittstechnologien

- Steuerung und Energiemanagement
- Wärmerückgewinnung

#### Progres NRW

- BHKW
- Pufferspeicher (Wärme)
- Pumpen (Wärme)
- Dämmung

## Progres.nrw - Programmbereich KWK

**A.** hocheffiziente dezentrale KWK-Anlagen bis 50 kW<sub>el</sub> (gemäß EU-Richtlinie 2012/27/EU).

**B.** stromgeführte KWK-Anlagen bis 50 kW<sub>el</sub> die über Informations- und Kommunikationstechnik verfügen:

- zum Empfang von Signalen des Strommarktes und automatisierter Reaktion
- KWK-Anlagen größer 3 kW<sub>el</sub> müssen über einen Wärmespeicher (Kapazität: min. 0,3 m<sup>3</sup> Wasseräquivalent pro kW der installierten elektr. Leistung der KWK-Anlage) verfügen

Förderhöhe für A und B:

Anlagengröße	Förderhöhe
≤ 1 kW <sub>el</sub>	1.425 €
> 1 ≤ 4 kW <sub>el</sub>	1.425 € + 285 € / kW <sub>el</sub>
> 4 ≤ 10 kW <sub>el</sub>	2.280 € + 95 € / kW <sub>el</sub>
> 10 ≤ 20 kW <sub>el</sub>	2.850 € + 47,50 € / kW <sub>el</sub>
> 20 ≤ 30 kW <sub>el</sub>	7.700 € + 100 € / kW <sub>el</sub>
> 30 ≤ 40 kW <sub>el</sub>	8.700 € + 50 € / kW <sub>el</sub>
> 40 kW <sub>el</sub>	9.200 € + 25 € / kW <sub>el</sub>

## Lessons Learned

Fazit vom Kunden



- Reduzierung laufender Kosten
- Eigenerzeugung von Strom
- Alternative Erzeugung von Kälte
- Redundantes System zur Kälteversorgung
- Wärmesystem durch BHKW zukunftsfähig (ENEV)
- Effizienzsteigerung am System (Dämmung, Pumpen)
- Nutzung von Förderprogrammen
- Transparenz durch Messtechnik und Steuerungstechnik (Zähler + Systemüberwachung)



- Hoher Koordinations- und Kommunikationsaufwand bei der Planung und Umsetzung
- Adsorber schafft nicht die vorgegebene Kälteleistung (Betriebspunkt beachten!)
- Hieraus sehr hohe Taktung für das BHKW.  
→ Im Sommer auf 67% geregelt.
- Nach KWKG 2016 heute nicht mehr so wirtschaftlich

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Felix Dahm**  
Energiedienstleistungen und Projekte



Tel.: 05231/ 9807627  
felix.dahm@smartet.de

**Frank Meyer zur Heide**  
Berater und Geschäftsführer



Tel.: 05231/ 9807627  
mzh@smartet.de

Kontaktdaten

Website: [www.smartet.de](http://www.smartet.de)

Email: [info@smartet.de](mailto:info@smartet.de)

Smart ET GmbH  
Alte Kirchstraße 1  
D-34508 Willingen

Telefon: +49(0)5231.9807627

Fax: +49(0)5231.9807626