

„Konzept für ein energieeffizientes Industriegebiet Erfurter Kreuz“

Sebastian Flemming¹, Steffen Nicolai¹, Peter Bretschneider¹

¹ Institutsteil Angewandte Systemtechnik (AST) des Fraunhofer IOSB, Ilmenau

Abstract

Im Projekt: „Konzept für ein energieeffizientes Industriegebiet Erfurter Kreuz“ wurden mögliche Synergiepotentiale bei einer energetischen Kopplung von mehreren räumlich benachbarten bzw. in einem Industriegebiet ansässigen Unternehmen untersucht und ökonomisch und ökologisch bewertet. Im Fokus der Untersuchung standen Varianten zur energetischen Kopplung für verschiedene Energieformen bis hin zur Integration zusätzlicher Erzeugungsanlagen zur nachhaltigen Bereitstellung von elektrischer und/oder thermischer Energie.

Motivation

Die Steigerung der Energieeffizienz im unternehmerischen Umfeld wird in den letzten Jahren zunehmend von mehreren Akteuren getrieben. Auf der politischen Ebene spielen Unternehmen eine immer stärkere Rolle bei der Erreichung der klima- und energiepolitischen Ziele im europäischen und nationalen Rahmen. Die Ziele umfassen insbesondere die Reduzierung des Ausstoßes energiebedingter, klimarelevanter Treibhausgase. Die politische Zielsetzung führte u.a. zur gesetzlichen Verpflichtung für Unternehmen zur Einführung eines Energiemanagementsystems bzw. zur Durchführung eines Energieaudits. Beide Systeme dienen dem Monitoring der energetischen Entwicklung und der damit in Verbindung stehenden Energieeffizienz eines Unternehmens. Die maßgebliche Motivation von Unternehmen die Energieeffizienz zu steigern ist, neben der Erfüllung der gesetzlichen Verpflichtung, die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Durch den Einsatz von energieeffizienten Produktions- und Energiewandlungseinrichtungen wird der Bedarf an erforderlichen Energieträgern gemindert und die resultierenden Energiebezugskosten reduziert. Des Weiteren stellt die Steigerung der Energieeffizienz eine wichtige Säule der Energiewende dar und unterstützt neben dem Ausbau Erneuerbarer Energien den Ausstieg aus der Kernenergie und reduziert die Abhängigkeit von Energieimporten. Durch die unternehmerischen und politischen Motivationen getrieben, resultiert die Fragestellung der Untersuchung, ob eine gemeinsame energetische Betrachtung von mehreren, in einem Industriegebiet ansässigen Firmen unterschiedlicher Branchen größere Synergiepotentiale bei der Steigerung der Energieeffizienz ermöglichen.

Methodisches Vorgehen

Die Vorgehensweise zur Entwicklung und Untersuchung von firmenübergreifenden Varianten zur Steigerung der Energieeffizienz ist in der nachfolgenden Abb. 1 dargestellt.

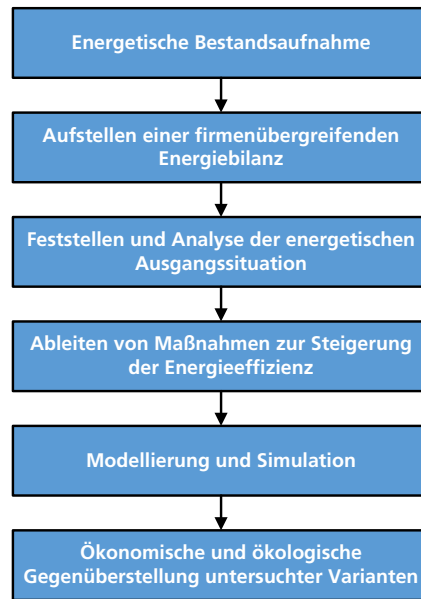


Abb. 1: Methodisches Vorgehen

Der Ausgangspunkt für die Untersuchung bildete die energetische Bestandsaufnahme. Diese umfasste die Aufnahme der durch die teilnehmenden Unternehmen bezogenen Energieträger sowie die Ermittlung und Analyse von firmeninternen Energieflüssen. Darauf aufbauend erfolgten die Ableitung der firmenübergreifenden Energiebilanz und die Darstellung der detektierten Energieflüsse mittels Sankey-Diagramm. Unter Verwendung der erhobenen und visualisierten Daten wurde die Analyse der lokalen, energetischen Ausgangssituation durchgeführt. Davon ausgehend konnte die Ableitung möglicher Varianten zur Steigerung der Energieeffizienz erfolgen. Für die simulationsgestützten Untersuchungen der einzelnen Varianten wurden sowohl die angedachten Einrichtungen zur Energieeffizienzsteigerung als auch relevante, firmenspezifische Anlagen bzw. Prozesse modelliert. Anschließend wurden variantenspezifische Gesamtmodelle gebildet und zeitreihenbasierte, leistungsbilanzielle Simulationen für die einzelnen Varianten in 15 minütiger Auflösung durchgeführt. Hierbei fanden die historischen Lastzeitreihen der betrachteten Unternehmen Berücksichtigung. Die Bilanzgleichung des elektrischen Teilsystems lässt sich in allgemeiner Form als Leistungsbilanz

$$P_{Netz_{el}}(t) + \sum_n P_{Bedarf_{el}}(t) + \sum_m P_{Erzeugung_{el}} = 0 \tag{1}$$

mit

$P_{Netz_{el}}(t)$	Bezogene bzw. eingespeiste Leistung in das / aus dem elektrischen Versorgungsnetz
$P_{Bedarf_{el}}(t)$	Kumulierter Leistungsbedarf betrachteter Unternehmen und variantenspezifischer Peripheriesysteme (z.B. Pelletierung)
$P_{Erzeugung_{el}}(t)$	Kumulierte elektrische Leistungsbereitstellung variantenspezifischer lokaler Erzeugungsanlagen
n, m	Anzahl Aggregate

darstellen. Analog gilt für die thermische Seite des Systems

$$\sum_r P_{Bedarf_{th}}(t) + \sum_s P_{Erzeugung_{th}}(t) + \sum_t P_{SP_{th}}(t) = 0 \quad (2)$$

mit

$P_{Bedarf_{th}}(t)$	Thermischer Leistungsbedarf betrachteter Unternehmen und variantenspezifischer Peripheriesysteme (z.B. Verlustleistung thermisches Netz)
$P_{Erzeugung_{th}}(t)$	Kumulierte thermische Leistungsbereitstellung variantenspezifischer, lokaler Erzeugungsanlagen
$P_{SP_{th}}(t)$	Eingespeicherte bzw. ausgespeicherte Leistung in die / aus thermischen Speichern
r, s, t	Anzahl Aggregate

Die ökonomische Gegenüberstellung der einzelnen Varianten beruht auf einer statischen Amortisationsrechnung für die variantenspezifischen Investitionen. Der ökologische Vergleich betrachtet die resultierenden, energiebedingten CO₂-Emissionen und Primärenergiebedarfe der einzelnen Varianten. Hierdurch sind die untersuchten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz untereinander und gegenüber der Ausgangssituation vergleichbar.

Ergebnisse

Im Rahmen der konzeptionellen Untersuchung wurden Varianten der Abwärmenutzung zur Wärme- und Kältebereitstellung untersucht. Hierbei wurde festgestellt, dass Abenergien (hier: Abwärme) bei der Betrachtung des Bilanzraums nur eines Unternehmens auf Grund des lokal fehlenden Bedarfs zumeist nicht im vollem Umfang genutzt werden können. Diese würden somit zur Steigerung der Energieeffizienz im firmenübergreifenden Bilanzraum zur Verfügung stehen. Zur Veranschaulichung dient Abb. 2 und visualisiert die bei der Bestandsaufnahme festgestellte Ausgangssituation.

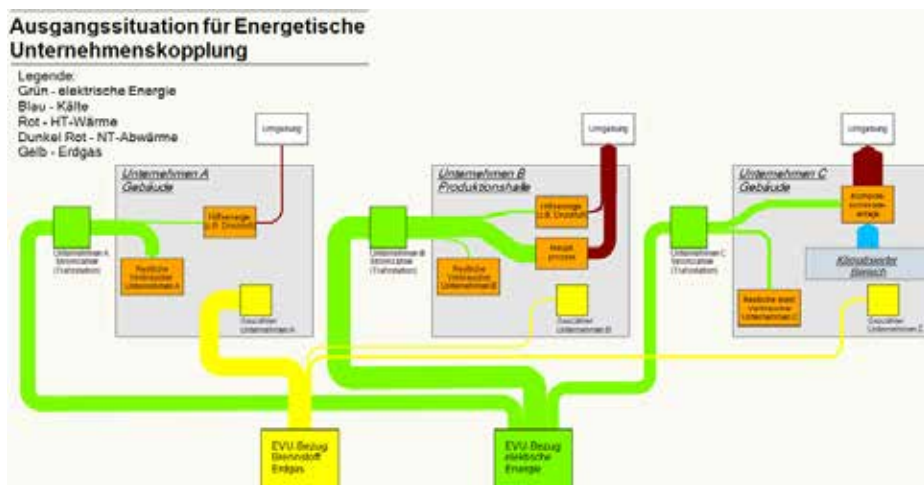


Abb. 2: Sankey-Diagramm der energetischen Ausgangssituation

Im Rahmen der Analyse wurde jedoch ebenfalls festgestellt, dass das vorgefundene Temperaturniveau der Abwärme zu gering ist für eine alleinige Nutzung bei der Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser oder der im firmenübergreifend Bilanzraum erforderlichen Prozesskälte. Hierfür wäre ein zusätzlicher Energieeinsatz (z.B. Erdgas) für die Anhebung des Temperaturniveaus der Abwärme erforderlich. Dieser Energieeinsatz würde die erreichbare Reduzierung energiebedingter CO₂-Emissionen, aber auch die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Variante negativ beeinflussen. Zusätzliche Aufwendungen würde die Sicherstellung der Versorgungssicherheit und -qualität der über diese Varianten bereitgestellten Wärme- und Kältemengen bedeuten.

Ein weiterer Ansatz die energiebedingten CO₂-Emissionen zu verringern, stellt die Möglichkeit der Integration effizienter und nachhaltiger Energieerzeugungsanlagen dar, die gleichzeitig dazu dienen können, die Versorgungssicherheit zu erhöhen. Durch Erweiterung des Unternehmenskreises im Projektverlauf, wurde eine interessante technische Variante in diesem Kontext möglich. Im Produktionsprozess dieses Unternehmens fallen energetisch verwertbare Abfall- bzw. Reststoffe (hier: Holz) an, die derzeit zum Großteil unter weiterem Energieeinsatz abtransportiert werden müssen. Für die lokale Nutzbarmachung dieses Energieträgers wurden die Auswirkungen eines holzgasbetriebenen Schwachgas-BHKWs mit Kälteauskopplung auf die Energie- und CO₂-Bilanz untersucht. Wie bei größeren KWK-K-Anlagen üblich, erfolgt die Verteilung der thermischen Energie über ein Wärme- bzw. Kältenetz. Durch die Restholzverwertung in einem Schwachgas-BHKW-K-System könnte der gesamte thermische Energiebedarf (Wärme und Kälte) der angeschlossenen Unternehmen nahezu CO₂-neutral gestaltet werden. Zusätzlich wäre die über die KWK-K-Einheit parallel ausgekoppelte, elektrische Energie ebenfalls nahezu CO₂-neutral. Im Vergleich zur derzeitigen Situation ließen sich hiermit die energiebedingten CO₂-Emissionen um ca. 30 % reduzieren. Die CO₂-Minderung infolge einer Umsetzung hängt von der konkreten technischen Ausgestaltung, insbesondere der BHKW-Einheit ab. Die nachfolgende Abb. 3 zeigt das Sankey-Diagramm und die resultierenden Energieströme bei einer Realisierung der zuvor beschriebenen Variante. Vor dem Hintergrund, dass lediglich ein Unternehmen einen nennenswerten Kältebedarf verursacht, wurde vor der Betrachtung des Aufbaus eines Kältenetzes abgesehen. Die Deckung des Großteils des Kältebedarfs des Unternehmens erfolgt über eine wärmenetzgespeiste Absorptionskälteanlage, die sich auf dem Unternehmensgelände befindet.

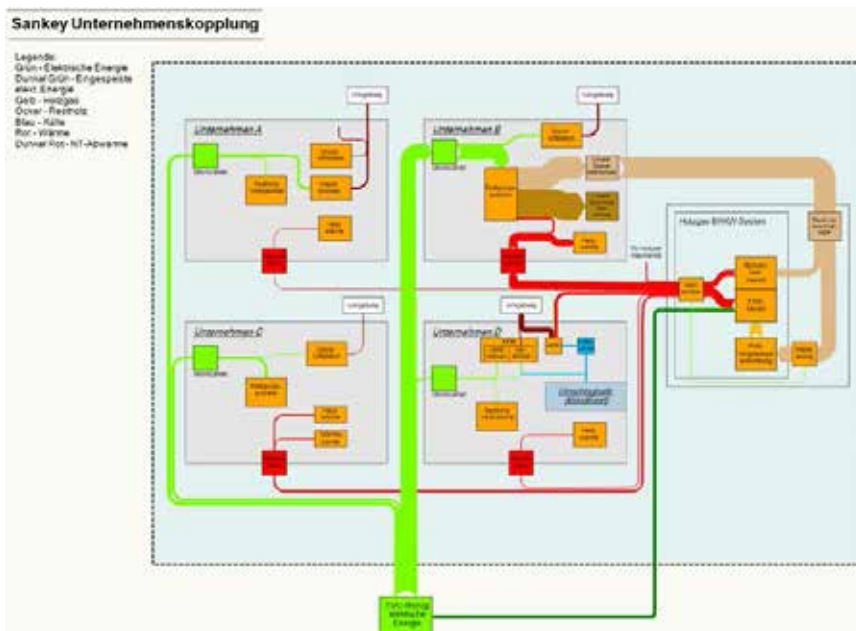


Abb. 3: Sankey-Diagramm Unternehmenskopplung mittels Holzgas-BHKW-System

Ausblick

Im Fall einer Umsetzung der vorgeschlagenen Variante, könnte das Holzgas-BHKW-System als Kernelement zum Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung im Industriegebiet Erfurter Kreuz dienen. Ein modularer Ansatz würde die Einbindung weiterer Unternehmen auf der Verbraucherseite ermöglichen. Auf der Erzeugungsseite sind die Einbindung weiterer Abenergien oder zusätzliche Erzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien denkbar. Durch den Aufbau einer lokalen Versorgungsstruktur für thermische Energie, könnten neben Windkraft- und Photovoltaikanlagen zur Steigerung des elektrischen Deckungsgrades, zukünftig auch Solarthermieanlagen in das Versorgungskonzept einbezogen werden. Auch eine spätere Integration von thermischen und/oder elektrischen Speichersystemen wäre möglich. Das BHKW-System würde neben der Grundversorgung zur Erhöhung der Versorgungssicherheit dienen und könnte die fluktuierende Energiebereitstellungseigenschaft weiterer, nachhaltiger Energiequellen ausgleichen. Die nachfolgende Abb. 4 visualisiert das beschriebene Zielbild einer nachhaltigen, CO₂-armen Energieversorgung mehrerer Unternehmen mit einem Holzgas-BHKW als Kernelement.

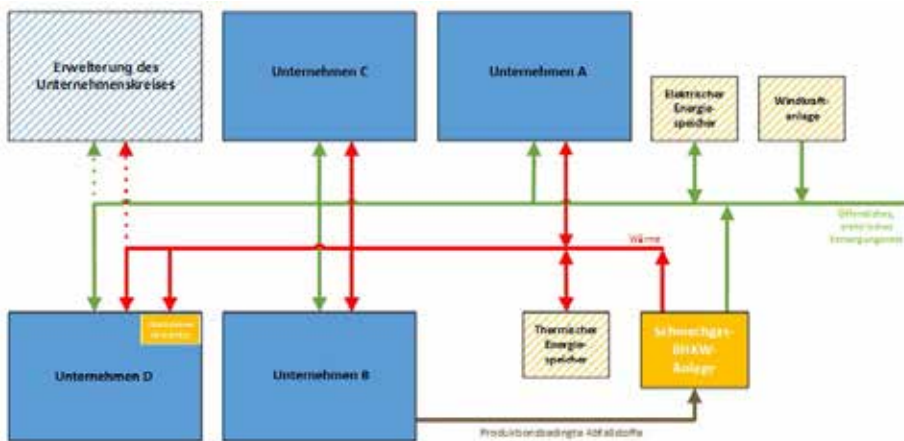


Abb. 4: Energiekonzept einer nachhaltigen, CO₂-armen Versorgung mehrerer Unternehmen mit einem holzgasbetriebenen Schwachgas-BHKW als Kernelement