

Maik Jenak ¹⁾, Michael Pohl ²⁾

Energiekonzept für eine neue Produktionsstätte

Für eine neu zu errichtende Produktionshalle mit energieintensiver Fertigung wurde ein Energiekonzept entwickelt, dessen wesentliche Komponente die Betonkernaktivierung darstellt. Ein unmittelbar an der Produktionshalle vorbeifließendes Gewässer liefert die für die sommerliche Wärmeabfuhr erforderliche Kühlenergie. Auf eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage und die damit verbundenen Energiekosten konnte vollständig verzichtet werden.

In Schmiedefeld bei Dresden werden Pressfittings aus nichtrostendem Stahl (Edelstahl) produziert. Die vorhandenen Produktionskapazitäten waren ausgeschöpft. Die Marktsituation forderte absehbar eine Steigerung der Produktionszahlen, was jedoch mit den vorhandenen Produktionsmitteln nicht möglich war. Daher wurde das Juhr Architekturbüro für Industriebau- und Gesamtplanung beauftragt, eine neue Produktionshalle auf dem vorhandenen Gelände zu konzipieren.

Grundlage für die Realisierung an dem deutschen Standort war u.a. angesichts der energieintensiven Produktion und den hohen Energiekosten in Deutschland ein Konzept zur Reduzierung der Betriebskosten. Eine sehr anspruchsvolle Aufgabe, da zusätzlich aufgrund der Grundstückslage mitten in einem Naturschutzgebiet zahlreiche Umweltauflagen zu erfüllen waren. Zudem waren die Aufenthaltsbedingungen –insbesondere hinsichtlich Belichtung, Aufenthaltstemperatur, Luftgeschwindigkeit etc. – so einzustellen bzw. zu verändern, dass eine Minimierung des Krankenstandes erfolgt.

Das Grundstück liegt im Geltungsbereich eines bei der EU-Kommission eingetragenen SCI-Gebietes (SCI = Site of Community Importance) mit der Qualifizierung FFH (FFH = Fauna-Flora-Habitat). Deshalb wurde für das neue Gebäude eine Holzkonstruktion gewählt, die sich gut in die Landschaft einpasst.

Der Forderung nach niedrigen Energiekosten wurde auf besonders gelungene Weise durch optimale Energieausnutzung Rechnung getragen.

Optimierung des Energieverbrauches

Die Produktion von Fittings ist mit einem hohen Verbrauch von Energie verbunden. Mit der z.Z. vorhandenen Technologie lässt sich der Fremdenergiebedarf für den Herstellungsprozess nicht weiter reduzieren. Es war also zu prüfen, inwieweit im Zusammenhang mit dem Neubau der hohe Energieverbrauch der Produktion zumindest teilweise kompensiert werden kann. Hierbei wurden folgende Bereiche untersucht:

- Gebäudebeheizung,
- Gebäudelüftung und –kühlung,
- Maschinenkühlung,
- Gebäudebelichtung.

1) Maik Jenak ist Meister für die Gas- und Wasserinstallation und im Hause NiroSan Multifit für die Qualitätssicherung und für den Betrieb der haustechnischen Anlagen verantwortlich

2) Michael Pohl ist Dipl.-Ing. für Maschinenbau und im Hause SANHA Kaimer für den Bereich Public Affairs verantwortlich

Optimierung Heizung

Das größte Optimierungspotential liegt in der Beheizung des Gebäudes. In der bisherigen Produktionsstätte wurde die Raumbeheizung über Deckenluftheritzer realisiert, die von einer Ölheizungsanlage versorgt werden. Deckenluftheritzer sind jedoch vom energetischen Standpunkt aus eine besonders ungünstige Heizungsart. Zum Einen wird die Wärme als reine Konvektionswärme zugeführt, mit der Folge, dass die Lufttemperatur deutlich höher sein muss, als bei einer Wärmezufuhr in Form von Strahlungswärme, um ein vergleichbares Temperaturempfinden im Aufenthaltsbereich zu erreichen. Zum Anderen sammelt sich warme Luft – wegen ihrer geringeren Dichte gegenüber kalter Luft – verstärkt unter der Decke an und führt dort zu einer entsprechend hohen Temperaturdifferenz gegenüber der Außenluft und damit zu hohen Wärmeverlusten in diesem Bereich. Ein Effekt, der sich mit zunehmender Hallenhöhe immer deutlicher ausgeprägt.

Die vorhandenen Maschinen wurden z.T. mit Luft, z.T. mit Wasser gekühlt. Die Wasserkühlung erfolgte in einem offenen System – Wasser aus einem hauseigenen Brunnen nahm die Maschinenabwärme über einzeln an den Maschinen angebrachte Wärmeaustauscher auf und wurde dann ohne weitere Nutzung in einen dicht am Grundstück vorbeifließenden Fluss eingeleitet. Bei den luftgekühlten Maschinen wurde die Abluft frei in die Werkhalle geleitet – dies führte im Sommer teilweise zu fast unerträglichen Temperaturen im Aufenthaltsbereich der Werkhalle.

Um eine sinnvolle Nutzung der Maschinenabwärme zu ermöglichen, wurden für den Neubau alle wärmeabgebenden Maschinen konsequent auf Wasserkühlung mit geschlossenem Kühlkreislauf umgerüstet, (s. Abb. 1).



Abb. 1: Wärmeaustauscher an der Maschine
(Werkbild: SANHA Kaimer GmbH & Co. KG)

Für die Beheizung wurde die Ausnutzung der Speicherfähigkeit der aus statischen Gründen zur Aufnahme der Maschinen- und Verkehrslasten aus 40 cm dickem Beton bestehenden Bodenplatte durch Betonkerntemperierung (BKT) vorgesehen. Abb. 2 zeigt das Prinzip der Betonkerntemperierung.

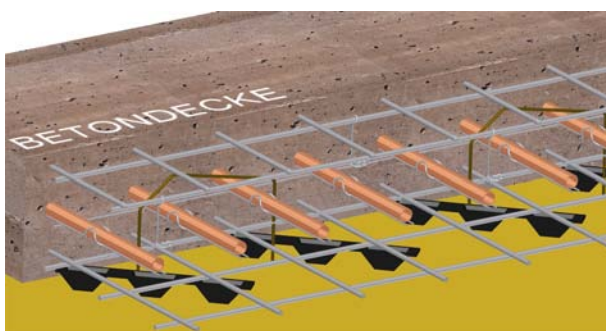


Abb. 2: Betonkerntemperierung mittels in der neutralen Faser der Bodenplatte eingegossener Kupferrohre
(Werkbild: SANHA Kaimer GmbH & Co. KG)

Als Rohrregister für die BKT wurden ca. 16 km Kupferrohre mit Kunststoffummantelung der Abmessung 15 x 0,8 mit einem Rohrreihenabstand von 20 cm verlegt. Kupferrohre wurden zum Einen wegen ihrer hervorragenden Verarbeitungseigenschaften (beliebig viele Verbindungsstellen ohne Sicherheitsrisiko möglich – Verarbeitung bei jeder Temperatur möglich – keine Restspannungen, daher problemlose exakte Positionierung möglich) und zum Anderen deshalb gewählt, weil sie praktisch absolut diffusionsdicht sind und somit kein Sauerstoff ins Heizungswasser eindringen kann. Enthält das Heizungswasser mehr als ca. 0,1 g/m³ Sauerstoff, besteht nach VDI 2035 eine deutliche Korrosionsgefahr für Anlagenteile aus unlegiertem Stahl oder Gusseisen.

Kunststoffe sind hingegen grundsätzlich sauerstoffdurchlässig. Für die BKT und für Fußbodenheizungen alternativ verwendbare Kunststoffrohre sind zwar zur Verminderung der Sauerstoffdurchlässigkeit mit einer Sperrschicht versehen, doch dürfen solche Rohre nach DIN 4726 bereits dann „diffusionsdicht“ genannt werden, wenn die vom Heizungswasser bei einer Temperatur von 40 °C aufgenommene Sauerstoffmenge nicht höher ist, als 0,1 g m⁻³ d⁻¹. Dies bedeutet aber, dass bei einem üblicherweise für die Betonkernaktivierung verwendeten Kunststoffrohr der Abmessung 20 x 2,3 bei der hier zur Diskussion stehenden Rohrlänge von 16000 m und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass bei BKT mit Kunststoffrohren Vorlauftemperaturen von bis zu 40 °C gefahren werden, täglich bis zu ca. 300 mg Sauerstoff vom Heizungswasser aufgenommen werden können. Nimmt man vereinfachend an, dass diese Sauerstoffmenge vollständig nach der Schikorr-Reaktion in Rost (Fe₃O₄) umgewandelt wird, so werden täglich ca. 680 mg Rostschlamm gebildet. Ein Problem, das bei Verwendung von Metallrohren nicht auftritt. Die Wahl von Kupferrohren für die BKT war daher als optimal anzusehen.

Der Heizbetrieb der BKT erfolgt ausschließlich durch die Abwärme des für die Maschinenkühlung verwendeten Wassers – über einen zwischengeschalteten 1000 l großen Pufferspeicher. Bei der Bemessung des Pufferspeichers wurde davon ausgegangen, dass die dort gespeicherte Wärmemenge in Verbindung mit der in der Betonplatte gespeicherten Wärmemenge ausreicht, um die Beheizung in der Zeit zwischen dem Ende der zweiten Schicht um 22.00 Uhr und dem Beginn der ersten Schicht um 6.00 Uhr, in der keine Maschinenabwärme anfällt, sicherzustellen.

Die Heizung der Halle kann so bis zu Außentemperaturen von – 10 °C, über die entstehende Abwärme der Maschinen, sichergestellt werden. Ein bereits bestehender Heizkessel des nunmehr für die Verwaltung genutzten und mit einem Schulungszentrum ausgestatteten alten Gebäudes deckt den Wärmebedarf der dort vorhandenen mit 75/50 °C betriebenen Radiatorenheizung sowie den möglicherweise erforderlichen Wärmebedarf der neuen Halle in



Abb.3: Einlaufwerk in die Wesenitz
(Werkbild: SANHA Kaimer GmbH & Co. KG)

Zeiten längerer Betriebsruhe wie z.B. über den Jahreswechsel oder bei erhöhtem Wärmebedarf ab. Auch kann nachts, wenn die Büroflächen in dem alten Gebäude eine reduzierte Heizleistung benötigen, die dort nicht gebrauchte Energie in die BKT des Neubaus geleitet werden.

An den mitunter recht kalten Wochenenden des Winters 2004/2005 reichte allerdings die Speicherwärme der Fußbodenplatte in Verbindung mit dem Pufferspeicher völlig aus, um die Halle hinreichend zu beheizen. Lediglich während der Betriebsruhe im Dezember musste Wärme aus dem Heizkessel nachgeliefert werden. Die Vorlauftemperatur betrug in dieser Zeit max. 35°C.

In der Übergangszeit übersteigt die Maschinenabwärme den Wärmebedarf der BKT. In diesem Fall wird zunächst der Altbau – insbesondere die Trinkwassererwärmung – mit Energie versorgt. Die auch diesen Bedarf noch übersteigende Restwärme wird dann über einen Wärmetauscher – der mit Flusswasser der vorbei fließenden Wesenitz gekühlt wird – abgeführt. Abb. 3 zeigt das Einlaufwerk in die Wesenitz.

Die ca. 500 m lange Verrohrung der Maschinenkühlung in den Abmessungen 15 mm bis 108 mm wurde insbesondere aus optischen Gründen im **SANHA®-NiroSan®**-Presssystem ausgeführt (Abb. 4). Abb. 5 zeigt das Anlagenschaltbild für den Heizungsbetrieb.



Abb. 4: Verrohrung der Maschinenkühlung im **SANHA®-NiroSan®**-Presssystem
(Werkbild: SANHA Kaimer GmbH & Co. KG)

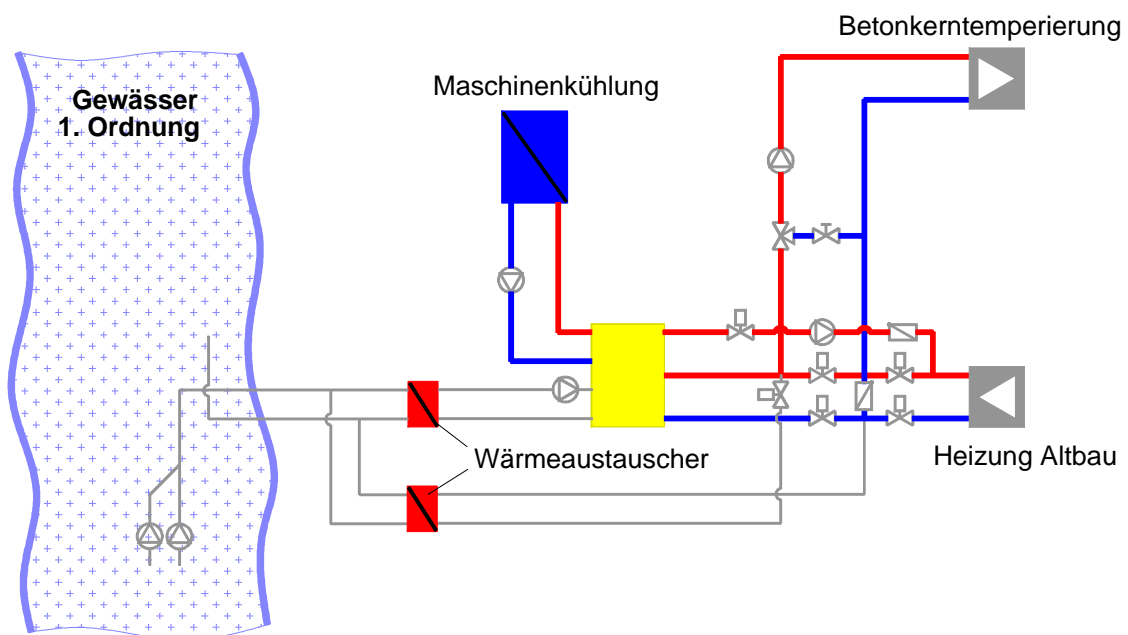


Abb. 5: Schematische Darstellung des Heizbetriebes mit Maschinenabwärme
(Werkbild: SANHA Kaimer GmbH & Co. KG)

Optimierung Gebäudelüftung und –kühlung

Die Gebäudelüftung in der alten Produktionsstätte erfolgte im wesentlichen mittels in die Dach- und Wandfläche integrierter Abluftventilatoren. Neben dem erheblichen Bedarf an elektrischer Energie führten die hohen Luftgeschwindigkeiten zu Zugscheinungen und es musste ein erhöhter Krankenstand beobachtet werden.

Das für den Neubau entwickelte Lüftungskonzept setzt vollständig auf natürliche Lüftung:

- Umlaufend in der Fassade untergebrachte verglaste Dreh- Kippflügel, unten nach innen, oben nach außen öffnend – elektrisch betrieben,
- Regensichere Dachlüfter (gleichzeitig als RWA-Anlagen genutzt), druckluftbetrieben.

Hierdurch ergibt sich ein erhebliches Einsparpotential, realisiert durch vollständige Einsparung der Antriebsenergie für mechanische Lüftungsanlagen. Lediglich die Energie für die Steuerung der druckluftbetriebenen RWA-Anlagen und der elektrisch betriebenen Lüftungsflügel in den Fassaden – die gleichzeitig zusammen mit Dachflächenfenstern für eine gute Belichtung der Halle sorgen – wird noch benötigt.

Zugscheinungen sind bei dieser Konzeption der Hallenbelüftung ausgeschlossen. Dies dürfte in Verbindung mit der guten natürlichen Belichtung und einer zusätzlich im Kühlbetrieb gefahrenen BKT für ein behagliches Raumklima in der Halle sorgen und damit den Krankenstand deutlich reduzieren.

Im Sommerbetrieb wird die BKT mit Kühlwasser betrieben. Die Kühlleistung wird der Wessnitz mittels eines weiteren Wärmeaustauschers entnommen. Da das für den Heizbetrieb vorgesehene Rohrnetz auch für den Kühlbetrieb genutzt werden kann, fielen hierfür nur geringe zusätzliche Investitionskosten (Flusswasserwärmetauscher) an. An Energiekosten entstehen lediglich die Kosten für die Pumpenantriebe.

Die Anlage wurde so ausgelegt, dass in einem Bereich bis etwa 2,20 m über dem Hallenboden eine Temperaturabsenkung von 2,5 ... 3 °C erzielt wird. Abb. 6 zeigt den in einem Rechenmodell ermittelten Tagesgang der Raumtemperatur in der Halle bei einer max. Außentemperatur von 32 °C.

Hierbei wurden folgende Parameter berücksichtigt:

- Beleuchtung 15 W/m²,
- Arbeitszeiten 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr,
- Wärmebelastung durch die Fördertechnik,
- Volle natürliche Lüftung über Tore, Dreh- Kippflügel und RWA-Lüfter.

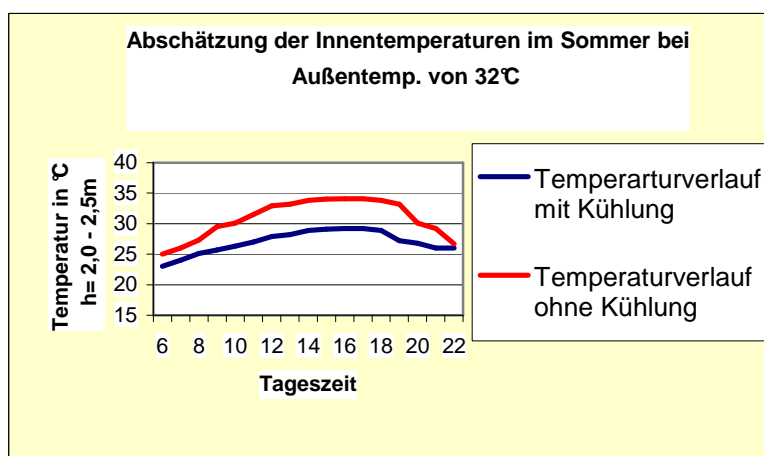


Abb. 6: Tagestemperaturgang bei BKT durch Kühlwasser
(Werkbild: Suhr Architekturbüro)

Abb. 7 zeigt das Strangschemata der Anlage im Kühlbetrieb. Die Bewährung der Anlage steht im Sommer 2005 noch bevor.

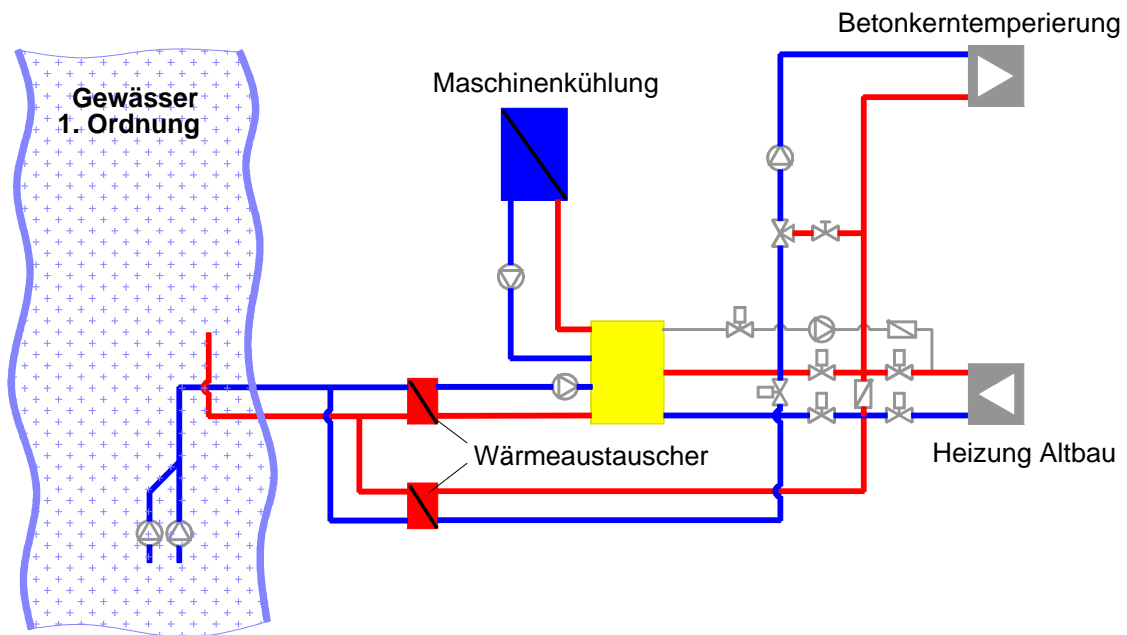


Abb. 7: Schematische Darstellung des Kühlbetriebes
(Werkbild: SANHA Kaimer GmbH & Co. KG)

Der Nutzung der Wesenitz – die als Gewässer 1. Ordnung eingestuft ist – zu Kühlzwecken ging ein langwieriges Genehmigungsverfahren mit umfangreichen Umweltgutachten voraus. Es musste nachgewiesen werden, dass das Wasser der Wesenitz nicht durch die Entnahme und Wiedereinleitung des Flusswassers für die Maschinen- und für die Raumkühlung über BKT unzulässig aufgewärmt wird. Diese Untersuchungen waren für sämtliche Pflanzen und Lebewesen einzeln zu erbringen. Während des Betriebes ist durch ein kontinuierliches internes Monitoring mit Überprüfung durch das staatliche Umweltfachamt Bautzen der Nachweis über die Einhaltung der genehmigten Grenzwerte zu führen.

Fazit

Durch die vorgestellten Maßnahmen – zu deren Realisierung ausschließlich handelsübliche Komponenten verwendet wurden – ergeben sich jährliche Einsparungen an Energiekosten gegenüber den jetzt im Einsatz befindlichen Technologien in Höhe von € 45.275,00. Tabelle 1 weist die Kostenersparnisse für die verschiedenen hier diskutierten Bereiche aus.

Tabelle 1: Übersicht Ergebnis Energieoptimierung

Bereich	Energiekosten ¹⁾ je m ² /a		
	Bestand 2-schichtig	Neubau 2-schichtig	Differenz
Gebäudeheizung	€ 11,34	€ 3,75	€ 7,59
Gebäudekühlung	€ 7,55	€ 0,85	€ 6,70
Maschinenkühlung	€ 1,61	€ 0,43	€ 1,18
Gebäudebelichtung	€ 6,89	€ 4,01	€ 2,88
Gesamtkosten „Gebäudeenergie“	€ 27,39	€ 9,04	€ 1835
Energiekosteneinsparung je Quadratmeter und Jahr			€ 18,35

¹⁾ bei angenommenen Kosten für Elektroenergie von 0,115 €/kWh

Die neu geschaffenen Umgebungsbedingungen in der Produktion, bestehend aus einer Holzkonstruktion und Flächenheizung bzw. -kühlung, führten zusätzlich zu einer Absenkung des Krankenstandes. Zusammen mit einem optimalen Energiemanagement zeigt dies, dass der Industriestandort Deutschland durchaus attraktiv sein kann.

Literatur

- [1] Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie).
- [2] Michael Günther: Qualitätssicherung der Betonkernaktivierung – Leistungsnachweis in Planung, Ausführung und Betrieb. KI 04/2005.
- [3] Michael Juhr: Standortsicherung durch Wirtschaftlichkeit. IndustrieBau 03/2005.
- [4] DIN 4726 : 2000-01, Warmwasser-Fußbodenheizungen und Heizkörperanbindungen – Rohrleitungen aus Kunststoffen.
- [5] Handbuch der metallenen Rohrverbindungstechnik. SANHA Kaimer GmbH & Co. KG.

Konzept und Planung:

Juhr Architekturbüro für Industriebau und Gesamtplanung,
Nevigeser Str. 520, 42111 Wuppertal

Ausführung:

SHB
Solar Haustechnik Bischofswerda GmbH
Forsthausstraße 3
01877 Bischofswerda

Verwendete Materialien:

Verrohrung des Maschinenkühlsystems
 SANHA[®]-NiroSan[®]-Presssystem aus Edelstahl,
Betonkerntemperierung
 Cuprotherm-Heizungsrohr,
Plattenwärmetauscher
 Tranter GmbH
Heiz- und Kühlleitungen
 Kupferinstallationsrohr nach DIN EN 1057,
 SANHA[®]-Pressfittings aus Kupfer und Rotguss,
Umwälzpumpen
 Grundfos GmbH,
Ausdehnungsgefäße
 Reflex Winkelmann GmbH & Co. KG