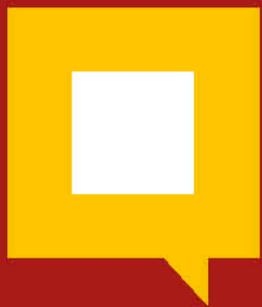




Neufassung der DIN V 18599: Maßgebliche Änderungen (Teil 1)
Berufsbild Energieberater: Allrounder mit Tiefgang
Vor-Ort-Beratungen: Mehr, aber noch nicht genug

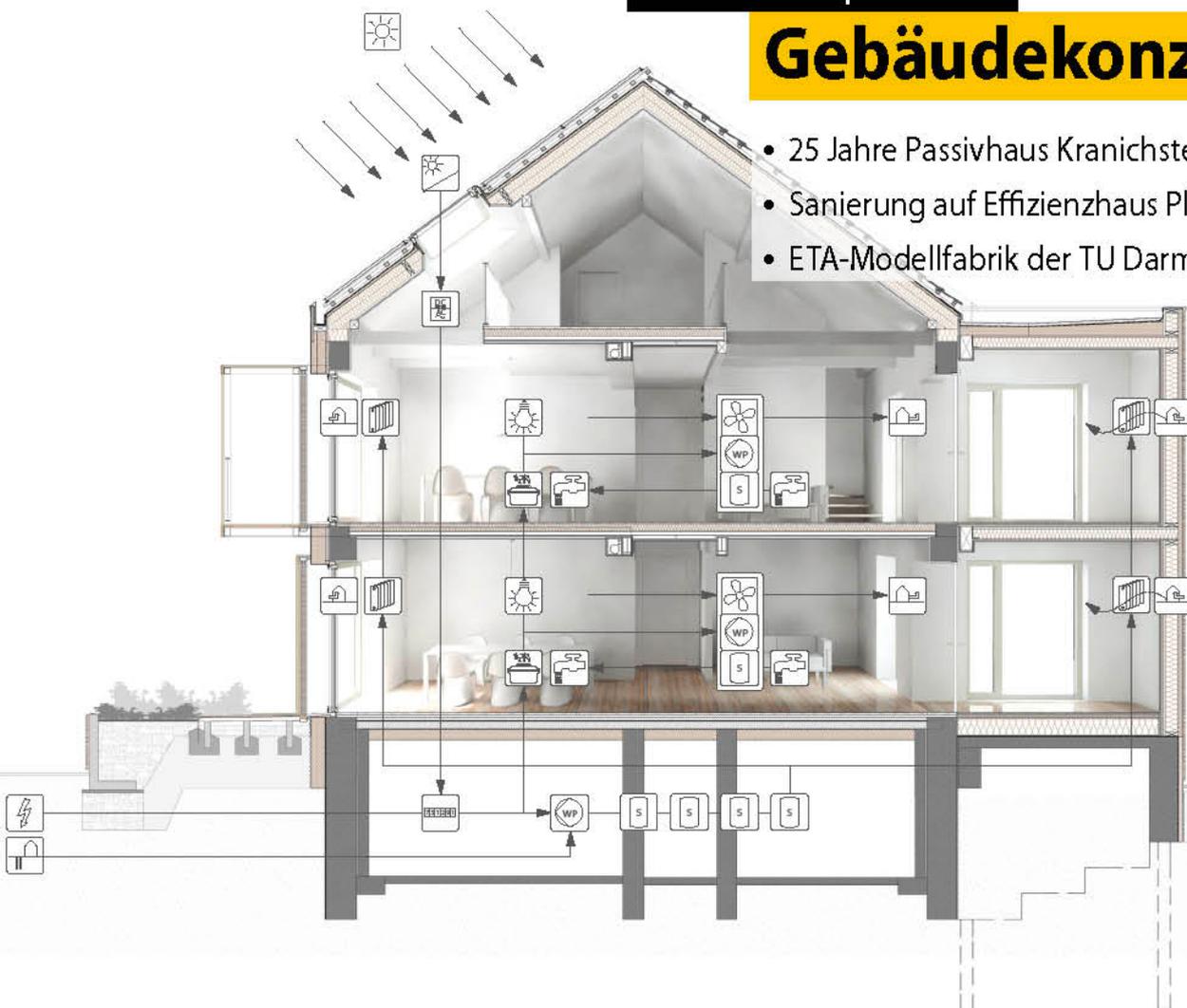


Gebäude Energieberater

Schwerpunkt

Gebäudekonzepte

- 25 Jahre Passivhaus Kranichstein
- Sanierung auf Effizienzhaus Plus-Niveau
- ETA-Modellfabrik der TU Darmstadt





Hausmaschine statt Maschinenhaus

MODELLFABRIK ZEIGT ENERGETISCHE POTENZIALE AUS PROZESSKETTEN AUF Auf dem Campus der Technischen Universität Darmstadt ist mit der ETA-Fabrik ein Modellprojekt entstanden, das der Idee folgt, die energetische Betrachtung in einer Produktion nicht auf die Prozesskette zu begrenzen, sondern das Produktionsgebäude als „Maschine um die Maschine“ zu betrachten. Das Team aus Ingenieuren und Architekten ging unter anderem der Frage nach, wie sich die Abwärme in einem Produktionsgebäude nutzen und auf verschiedenen Temperaturniveaus speichern lässt. Klaus Siegele

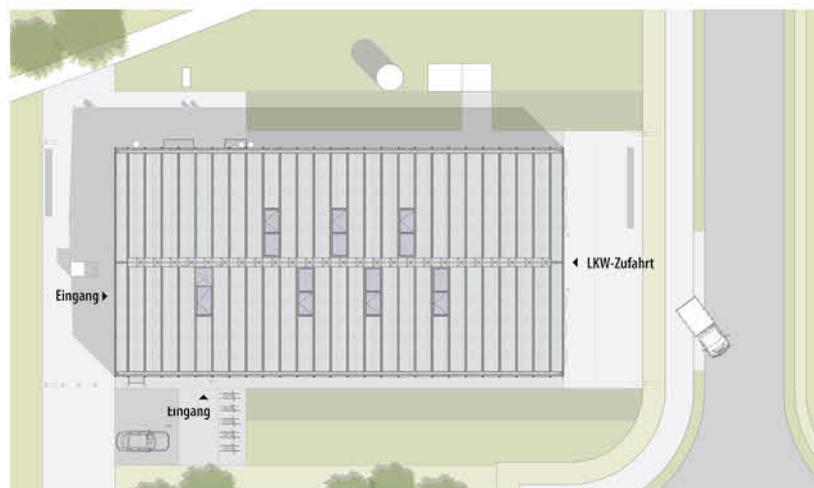
Wer sich des Nachts auf der A61 von Norden kommend der Stadt Ludwigshafen nähert, blickt links der Autobahn auf einen hell erleuchteten Horizont, wie man das von Großstädten kennt. Das von Weitem sichtbare Lichtermeer generiert jedoch nicht die Stadt Ludwigshafen, sondern die dort ansässige Badische Anilin- und Sodafabrik, besser bekannt unter dem Kürzel BASF. Pro Jahr verschlingt der Chemiekonzern für seine Produktion und den Betrieb Unmengen an Energie – für das Jahr 2015 weist der Geschäftsbericht der BASF-Gruppe einen Bedarf in Höhe von 15 Mio. MWh Strom und 39 Mio MWh Dampf aus, davon 44 % erzeugt aus eigener Prozesswärme. Ein enormes Potenzial, das der Konzern über ein Verbundsystem nutzt und so die Effizienz zu Maximieren versucht. In den allermeisten Fabriken und Unter-

nehmen in Deutschland gehen diese energetischen Potenziale aus den Prozessketten unwiederbringlich verloren – obwohl es viel Geld sparen würde, mit der Abwärme von Maschinen andere Gebäude wie zum Beispiel Büros oder Werkstätten zu beheizen.

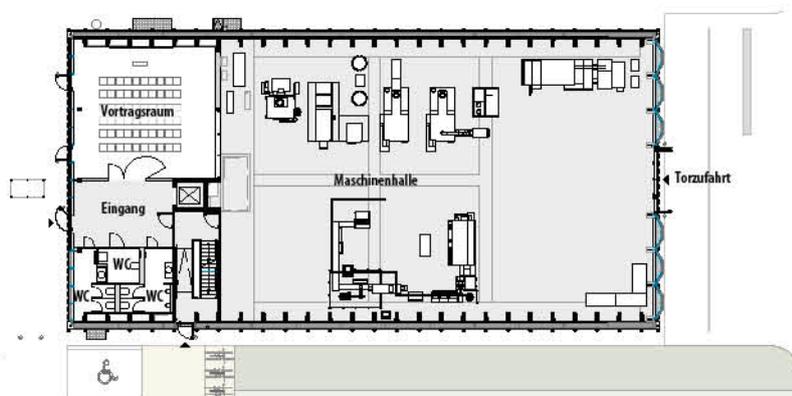
Dieser Gedanke liegt der **ETA-Fabrik** auf dem Campus der TU Darmstadt zugrunde. Ausgangspunkt für das Projekt war die Energieeffizienzforschung an Werkzeugmaschinen, die in der Überlegung mündete, ob sich das Einsparpotenzial von bisher isoliert betrachteter Teilsysteme einer Fabrik (Gebäude, technische Infrastruktur, Maschinen) nicht deutlich anheben ließe, wenn man die Teilsysteme durch Interaktion miteinander verknüpft und so Synergien durch Vernetzung, Energiecontrolling und Energierückgewinnung schafft.



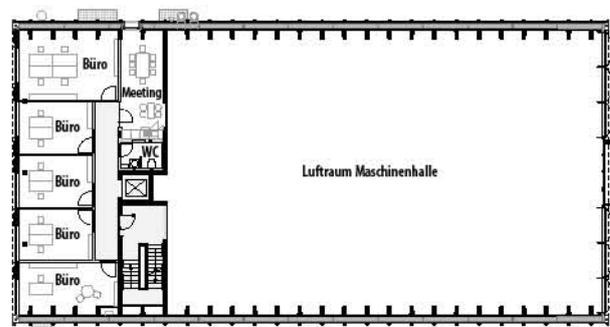
Alle Fotos: Eibe Sönnicker, TU Darmstadt



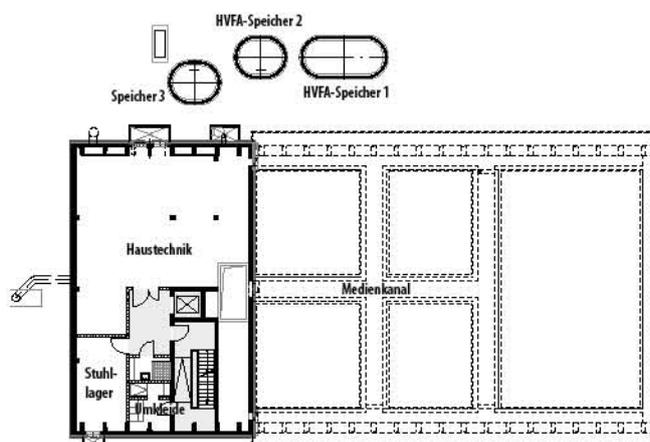
1 Lageplan, M1:750



2 Grundriss Erdgeschoss, M1:500



3 Grundriss 2. Obergeschoss, M1:500



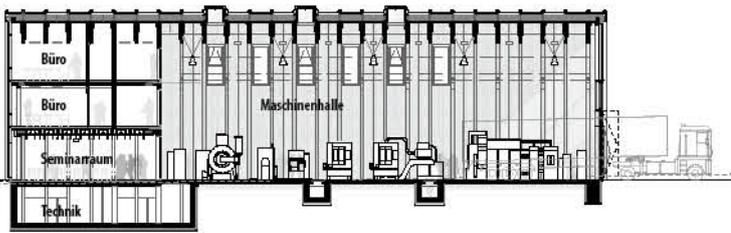
4 Grundriss Untergeschoss, M1:500

Fernwärme Kanal

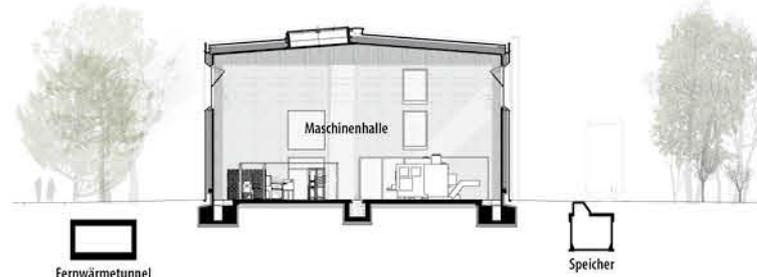
Ziel des sogenannten „Energieeffizienz Technologie- und Anwendungszentrums“ (ETA) war demnach, den Energiebedarf in der industriellen Fertigung der Modellfabrik unter Berücksichtigung der oben genannten Teilsysteme ganzheitlich zu optimieren. Also die energetische Betrachtung nicht auf die Prozesskette zu begrenzen, sondern auch das Produktionsgebäude als „Maschine um die Maschine“ zu betrachten. Konkret machte sich das Team aus Maschinenbauern, Bauingenieuren und Architekten an die Beantwortung der Frage, wie die entstehende Abwärme in einem Produktionsgebäude weiterverwendet werden kann und wie sich dafür die thermische Energie auf verschiedenen Temperaturniveaus sinnvoll speichern lässt. Des Weiteren war zu prüfen, wie sich thermisch aktivierte Flächen der Gebäudehülle aktiv zur Erwärmung und Kühlung des Fabrikgebäudes nutzen lassen. Die Idee der ETA-Fabrik war geboren, und es dauerte nicht lange, bis sich 36 Projektpartner aus Industrie und Wissenschaft gefunden hatten, um diese Idee auf dem Campus der TU Darmstadt umzusetzen.

Ein Stahlbetontunnel mit zwei Glasfassaden

Im Grunde ist die ETA-Fabrik eine Art Forschungsgroßgerät, in die eine typische Produktionsprozesskette der metallverarbeitenden Industrie integriert ist und dazu dient, über eine isolierte Optimierung jeder Subeinheit hinaus (Maschine, Hei-



5 Gebäudelängsschnitt, M1:500



6 Gebäudequerschnitt, M1:500

zung, Kühlsystem) das System als Ganzes zu denken und durch das Verschieben von Systemgrenzen zusätzliche Einsparpotenziale zu generieren. Man kalkulierte dabei unter marktfähigen und wirtschaftlichen Prämissen mit Einsparpotenzialen von bis zu 40 % gegenüber einer konventionellen Produktionsstätte.

Auf dem Campus Lichtwiese der TU Darmstadt ist die ETA-Fabrik zweifellos ein Blickfang: Beide Stirnseiten des rechteckigen Baukörpers sind jeweils als Ganzglasfassaden konzipiert, wobei die Eingangsfassade im Norden als Pfosten-Riegel-Structural-Glazing-Konstruktion ausgebildet ist. Die Glasfläche belichtet einen dreigeschossigen Bürobereich, der dann in die nach Süden orientierte Maschinenhalle übergeht. Diese wird von einer Elementfassade mit integrierter Toranlage und vorgelagerter Anlieferzone zur südlichen Stirnseite hin begrenzt. Lichtlenklamellen in den Scheibenzwischenräumen optimieren den Tageslichteintrag in die Halle und verhindern zugleich Blendeffekte sowie thermische Verformungen an den Maschinen durch intensive Sonnenstrahlung. Auffallend sind die parametrischen Glaselemente im bodennahen Fassadenbereich, die ebenfalls zur Verschattung gedacht sind, gleichzeitig aber Sichtbezüge zwischen innen und außen ermöglichen.

Thermisch aktivierte Hüllkonstruktion

Da sich für eine thermisch aktivierte Gebäudehülle zweifellos der Baustoff Beton am besten eignet, setzen sich Dach- und Wandelemente der ETA-Fabrik aus Stahlbetonfertigteilen zusammen, die mit mineralisiertem Schaum (Rohdichte 180 kg/m³, Wärmeleitfähigkeit 0,06 W/mK) gedämmt und abschließend mit 5 cm schlanken Dach- und Fassadenplatten aus mikrobewehrtem, ultra-hochfestem Beton bekleidet wurden. In die Betondeckschich-

ten ist ein oberflächennahes, wassergefülltes Rohrleitungsnetz aus Polypropylen eingebunden, das die Betonmasse thermisch aktiviert. Somit fungieren die Betonplatten als übergroße Heiz- oder Kühlflächen, die schnell auf die Erfordernisse der Raum- und Maschinenklimatisierung reagieren können.

Eine weitere raumklimatisch relevante Komponente ist die Hypokaustendecke des Seminarraums, die über temperierte Zuluft die Betonspeichermasse aktiviert. Der Clou dieses Deckensystems liegt darin begründet, dass die ohnehin vorhandenen Hohlräume in den Hohlkammerdecken zur Luftführung herangezogen werden – die darin strömende Luft wird über simple Bohrungen in den Seminarraum eingeblasen. So brauchte es keine separate Unterdecke zur aufwendigen Leitungsführung in Metallkanälen – das Luftkanalnetz ist vollständig in die Deckenkonstruktion integriert, Tragwerk und Lüftungskanalsystem bilden eine feste Einheit.

Das Herz des Konzepts: Die thermische Vernetzung

Im Fokus der Gebäudetechnik stehen die Systemkomponenten zur thermischen Vernetzung zwischen den Produktionsmaschinen, der Versorgungstechnik und dem Gebäude selbst. Mit diesem konzeptionellen Ansatz werden die Maschinen Teil des thermischen Gebäudesystems und die Gebäudetechnik definiert sich als „Maschine um die (Produktions-)Maschine“. Diese Betrachtungsweise ermöglicht einerseits die Rückgewinnung bisher ungenutzter Verlustwärme sowie die effiziente Abfuhr von Wärmeüberschüssen aus dem Fabrikgebäude. Das macht die Kosten, die durch die Abwärme entstehen, transparent und eröffnet die Chance, dieselben zu minimieren.

Technisch besehen bilden drei wasserbasierte thermohydraulische Rohrleitungssysteme die Grundstruktur zum Ausschöpfen der Effizienzpotenziale:

- ein Kaltwasserniveau (ca. 15 °C), das die Produktionsmaschinen kühlt und deren Abwärme wasserbasiert abführt;
- ein Warmwasserniveau (ca. 35 °C), das zur Rückkühlung der Absorptionskältemaschine vorgesehen ist und im Nieder-temperaturbereich das Gebäude beheizt;
- ein Heißwasserniveau (ca. 85 °C), das sich aus Hochtemperaturabwärme und Blockheizkraftwerken speist, um mit dieser Energie die Absorptionskältemaschine anzutreiben.

Den bedarfsabhängig optimierten Betrieb des Gesamtsystems sichern etwa 100 gebäudetechnische Feldgeräte (Pumpen, Ventile, Großgeräte) sowie eine ausgeklügelte Gebäudeleittechnik, die auf rund 600 Datenpunkte zugreift. Die Steuerung umfasst nicht nur konventionelle, statische Regelungsstrategien sondern auch prädikative Verfahren, die aktuelle und wandelbare Prognosedaten (Produktionsprogramm, Wetter usw.) sowie Simulationsdaten einbezieht. Die teilnehmenden Projektpartner bereicherten



7 Inmitten des Campus der TU Darmstadt steht mit der Modellfabrik ein Forschungsprojekt, das aufzeigt, wie sich das energetische Potential von Maschinen und Prozessen in einer Fabrik in das gebäudetechnische Gesamtkonzept integrieren lässt.

Bautafel

Projekt:	Neubau einer Modellfabrik auf dem Campus Lichtwiese der TU Darmstadt, www.eta-fabrik.tu-darmstadt.de
Bauherr:	TU Darmstadt, Dezernat V – Bau und Immobilien
Architekt:	TU Darmstadt (LP1-2), Dietz Joppien Architekten, Frankfurt/Main-Potsdam, Projektleitung Dipl.-Ing. Joachim Stephan, www.dietz-joppien.de
Technische Anlagen:	Kruse Ingenieures. mbH & Co. KG
Tragwerk und Wärmeschutz:	TU Darmstadt (LP1-3) und osd office for structural design, www.o-s-d.com
Fertigteilefassade:	Ducon GmbH & Co. KG, www.ducon.eu , Bietergemeinschaft Röser Ingenieurbau / Traub GmbH & Co. KG
Hohlkammerdielen:	Franz Oberndorfer GmbH & Co. KG
Glasfassaden:	Schüco International KG, www.schueco.de
Verglasung:	Okalux GmbH, www.okalux.com
Wärme- und Kälteerzeugung:	Viessmann, www.viessmann.de



8, 9 Im bodennahen Bereich an der Südfassade fallen die prismenartige Verglasungen ins Auge – diese sogenannten parametrischen Glaselemente gewährleisten eine ausreichende Verschattung und erlauben trotzdem die Sichtbezüge zwischen innen und außen.



das Forschungsprojekt außerdem um innovative Wärmeerzeuger (BHKW, Wärmepumpen, Brennwertkessel) sowie um Komponenten zur Druckluftherzeugung, Raumlüftung und Haustechnikpumpen, die zu Forschungszwecken in das Gesamtsystem integriert sind. Zu dem Konzept gehören auch vier thermische Speicher: drei Betonspeicher und ein superisolierender Speicher.

Elektrisches Anlagensystem und Lastmanagement

Jede Fabrik kämpft mit Lastspitzen. Bei der ETA-Fabrik reduziert ein kinetischer Energiespeicher mit berührungsfrei magnetgelagerter Schwungmasse die Anschlussleistung und glättet benannte Spitzen aus den Produktionsprozessen. So lassen sich die Betriebsmittel des elektrischen Anlagensystems gleichmäßiger verteilen und es ergibt sich insgesamt eine bessere Auslastung. Konkret können so neue Transformatoren kleiner dimensioniert oder bestehende Trafos stärker in Anspruch genommen werden. Auch die Anlagen selbst sowie die Betriebszeitpunkte einzelner Maschinen und Gebäudetechnikkomponenten (Pumpen, Kompressoren, Hydraulikaggregate) sind in das Lastmanagement mit einbezogen. Ein zentrales Managementsystem flexibilisiert die Lastzeitpunkte einzelner Komponenten, was ebenfalls die Lastspitzen reduziert und fabrikexterne Aspekte wie z.B. die intensive Einspeisung regenerativer Energien handhabbar macht.

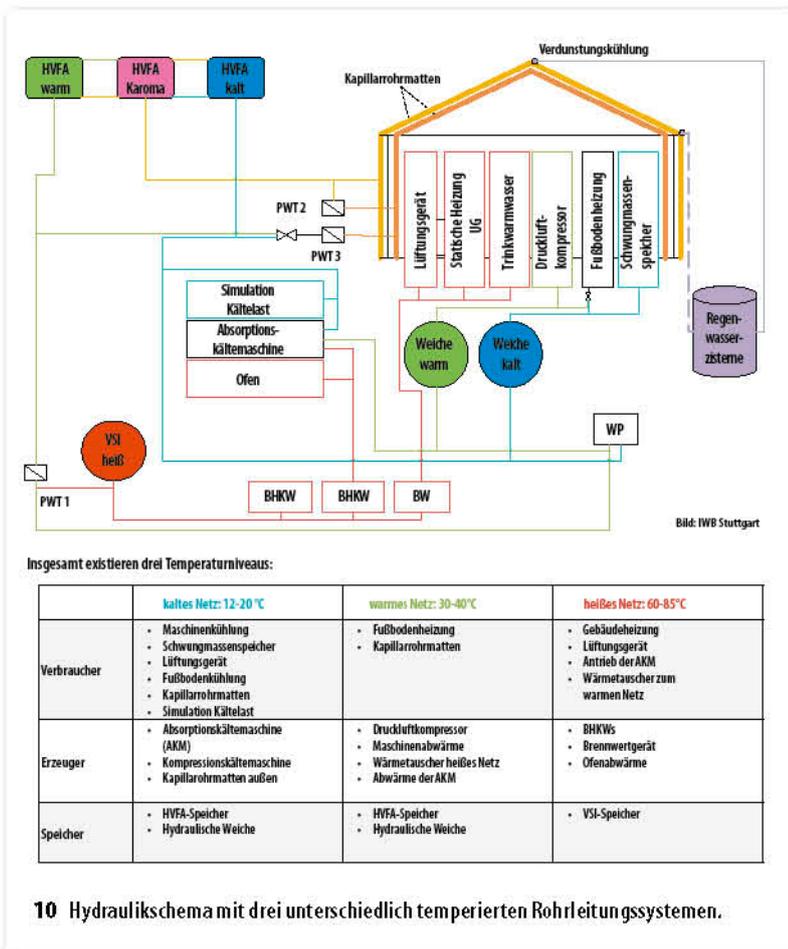
Die Produktionsprozesskette in der ETA-Fabrik

Um die in der ETA-Fabrik generierten Erkenntnisse auf möglichst viele Betriebe, insbesondere kleine und mittlere Unter-

nehmen (KMU), übertragen zu können, wurde eine für die metallverarbeitende Industrie repräsentative Prozesskette gewählt. Diese umfasst drei Zerspanungsprozesse (Drehen, Bohren, Schleifen), eine wässrige Reinigungsstufe und eine Wärmebehandlung, was insgesamt besehen eine Auswahl an Fertigungsmaschinen und -verfahren beinhaltet, wie sie in den meisten Fabriken anzutreffen sind und dazu ein breites Spektrum an Querschnittstechnologien abdeckt. Anhand der beispielhaften Produktionsprozesskette soll untersucht werden, wie sich die bereitgestellte Nutzenergie minimieren und im Gegenzug bei der Wandlung in benötigte Nutzenergieformen der Wirkungsgrad steigern lässt. Im Fokus stehen auch die Optimierung der Anschlussleistung und die Reduktion der Abwärme. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse auf Komponentenebene beeinflussen schlussendlich die Versorgungsinfrastruktur und das Raumklima in der ETA-Fabrik.

Energieforschung in der Praxis

Das Forschungsgrößeßgerät ETA-Fabrik ist eine praxisnahe Spielwiese, um herauszufinden, welche Räder sich an kleinen und großen Elementen im Sinne einer energieeffizienten Vernetzung drehen lassen, um Maschinen, Bauteile, Fassaden, thermische und elektrische Speicher sowie die dazu gehörigen thermischen und elektrischen Netze mit dem neuen, unverzichtbaren Netz der Daten und Informationen zu verknüpfen. Die dabei erhobenen Daten und Ergebnisse können mit Simulationen verglichen werden, um theoretische Modelle beispiels-



Gebäude- und Energiekenndaten

Gebäudetypologie: Nichtwohngebäude, Hüllkonstruktion aus Betonfertigteilen und Ganzglasfassaden an den beiden Stirnseiten

- Baujahr: 2016
- Nettovolumen V: 6688,1 m³
- Nettogrundfläche A_{NGF}: 1142,7 m²
- thermische Hüllfläche: 2906,6 m²
- charakt. Breite: 20,02 m
- charakt. Länge: 39,28 m
- Baukosten: 5,5 Mio. Euro
- Primärenergiebedarf: 214,13 kWh/(m²a)
- Endenergiebedarf ges.: 140,92 kWh/(m²a)
 - Heizung: 101,88 kWh/(m²a)
 - Trinkwarmwasser: 16,02 kWh/(m²a)
 - Beleuchtung: 21,84 kWh/(m²a)
 - Lüftung: 0,25 kWh/(m²a)
 - Kühlung: 0,23 kWh/(m²a)
- Endenergiebedarf Wärme (Erdgas H): 72,2 kWh/(m²a)
- Endenergiebedarf Strom (Strom-Mix): 68,7 kWh/(m²a)
- spez. Transmissionswärmeverlust H_T: 0,611 W/(m²K)
- mittlere U-Werte
 - opake Außenbauteile (≥ 19 °C): 0,329 W/(m²K)
 - transparente Außenbauteile (≥ 19 °C): 1,337 W/(m²K)
 - opake Außenbauteile (12–19 °C): 0,266 W/(m²K)
 - transparente Außenbauteile (12–19 °C): 1,299 W/(m²K)
 - Glasdächer, Lichtbänder und Lichtkuppeln (12–19 °C): 1,456 W/(m²K)

Gebäudetechnisches Konzept

Thermische Vernetzung von Produktionsmaschinen, Versorgungstechnik und Gebäude. Rückgewinnung bisher ungenutzter Verlustwärme und Abfuhr von Wärmeüberschüssen aus dem Gebäude. Grundstruktur aus drei wasserbasierten thermohydraulischen Rohrleitungssystemen: Kaltwasser (ca. 15 °C) zur Versorgung und Kühlung von Produktionsmaschinen sowie zur wasserbasierten Abwärmeabfuhr, Warmwasser (ca. 35 °C) zur Rückkühlung einer Adsorptionskältemaschine und zur Niedertemperaturbeheizung der Maschinenhalle und Büros – und Heißwasser (ca. 85 °C) zum Antrieb der Adsorptionskältemaschine, gespeist aus Hochtemperaturabwärme und BHKW. Bedarfsabhängige Betriebsweise mit ca. 100 Feldgeräten (Pumpen, Ventile, Großgeräte) der haustechnischen Anlagen und mit Gebäudeleittechnik (rund 600 Datenpunkte). Neben dem konzipierten Gesamtsystem tragen innovative Produkte der Projektpartner zur Wärmeerzeugung (BHKW, Wärmepumpen, Brennwärgekessel), Wärmespeicherung, Druckluftherzeugung, Beleuchtung, Raumlüftung und Haustechnikpumpen bei, was eine optimale Ausschöpfung aller Effizienzpotenziale ermöglicht.

weise zu Energiebilanzen, der Thermodynamik oder Prozess- und Fertigungstechnik zu verbessern.

In der ETA-Fabrik forschen Studenten und Wissenschaftler ebenso wie Mitarbeiter aus der Industrie, um die nachhaltig wirtschaftende Gesellschaft zur Realität werden zu lassen. Rauchende Schornsteine und nächtliche Lichtermeere wird es sehr wahrscheinlich weiterhin geben – aber die für Gebäudebetrieb und Produktionsprozesse benötigte Energie wird künftig zunehmend effizienter als heutzutage genutzt und aufeinander abgestimmt sein. Die ETA-Fabrik dürfte daran einen maßgeblichen Anteil haben. ■



11 Fassade und Dach des modular zusammengesetzten Gebäudes sind thermisch aktivierbar: Den äußeren Abschluss der Hüllkonstruktion bilden 5 cm schlanke hinterlüftete Fassaden- und Dachplatten aus mikrobewehrtem, ultrahochfestem Beton. Innen wie außen ist oberflächennah ein Rohrleitungsnetz aus Polypropylen eingelegt, in dem Wasser zirkuliert.

12 Um die in der Modellfabrik erzielten Erkenntnisse auf möglichst viele Unternehmen übertragen zu können, wurde eine für die metallverarbeitende Industrie repräsentative Prozesskette gewählt, die typische Vorgänge wie Zerspanen, Schleifen, Reinigen und die Wärmebehandlung umfasst.

