



Das Solarwerk 1

Eine CO₂-neutrale Fertigungshalle



Autor

Stefan Krämer,
Imtech Deutschland GmbH & Co. KG,
Kassel

Bauherr:

SMA Technology AG, Niestetal

Architekt:

HHS Planer+Architekten AG, Kassel

**Vorentwurf, Qualitätssicherung
und Bauherrenvertretung der
Energie- und Gebäudetechnik:**

EGS-Plan (Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH),
Stuttgart

Generalunternehmer Gebäude:

Goldbeck West GmbH, Kassel

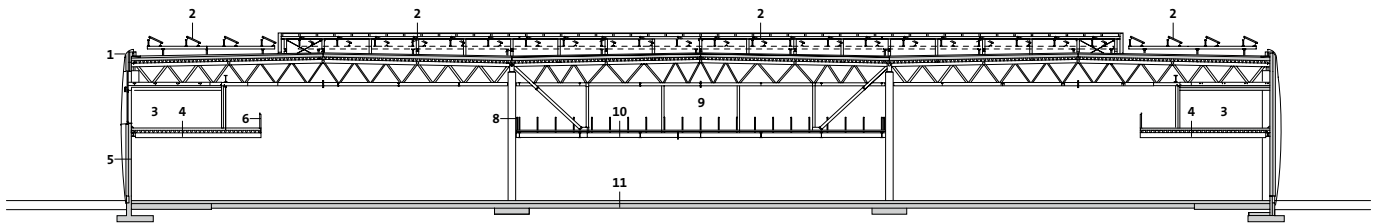
**Entwurfsplanung und General-
unternehmer Energie- und
Gebäudetechnik:**

Imtech Deutschland GmbH & Co. KG

**Lieferung Biogas, Fernwärme
und Naturstrom:**

Städtische Werke AG, Kassel

Die SMA Solar Technology AG hat Anfang 2009 in Niestetal bei Kassel die derzeit weltgrößte Wechselrichter-Fabrik, das Solarwerk 1, mit einem CO₂-neutralen Energiekonzept in Betrieb genommen. Täglich werden hier bis zu 3000 Wechselrichter unterschiedlicher Größen und Typen hergestellt.



Längsschnitt, M 1 : 500

Legende:

- | | | | | |
|------------------------------------|--|--|-----------------------------------|---|
| 1 Attikablech | 5 Wandaufbau:
Stahlbetonfertigteilstütze | 7 Dachaufbau:
Anspritzbegrünung/ Nassansaat | 8 Stahlgeländer:
Stahlhandlauf | 10 Aufbau Technikbühne:
Siebdruckplatten |
| 2 Solar-Module | Porenbeton | Keimsubstrat, Kleber und Sedum-Sprossen | Flachstahlkonsole | Akustik-Dachtrapezblech |
| 3 Empore | Mineralwolldämmung | Mineral-Einschichtsubstrat mit Kombischacht | Obergurt | Sickerfüller |
| 4 Fussbodenaufbau Empore:
Belag | Gebogene Metallblechfassade
auf Unterkonstruktion | und Triangelwasserleitprofil | Posten Flachstahl | Trägerlage - IPE |
| Gussaspalt | 6 Glasgeländer | Schutz- und Speicherfließ | 3 Knieleisten aus Rundstahl | 11 Bodenaufbau:
Stahlfaserbetonsohle |
| Dämmung | | Einlagige Dachbahn | 9 Technikbühne | Randdämmung |
| OSB-Platten | | Mineralwolldämmung | | Schotterplanum |
| Trapezblech - Akustik | | Trapezblech Akustik | | |
| Stahlkonstruktion | | | | |

Schnitt

Projekt

In zwölf Monaten die neue SMA-Produktionshalle zu planen und zu realisieren, so lautete die ehrgeizige Aufgabenstellung des Bauherrn, als sich Ende Dezember 2007 die SMA Solar Technology AG, HHS Planer+Architekten AG, EGS-Plan (Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH) und Imtech Deutschland GmbH & Co. KG zum Projektstart trafen. Nicht einfach irgendeine Produktionshalle, sondern eine mit CO₂-neutraler Energie- und Gebäudetechnik sollte es sein.

Um die Einhaltung des straffen Terminplans von Planung und Ausführung zu gewährleisten, war ein außergewöhnliches Vorgehen notwendig: „Design and Build“ so bezeichnete Prof. Dr.-Ing. Fisch von EGS-Plan die Vorgehensweise, nach der die ausführenden Unternehmen aktiv in die Planung eingebunden werden.

Den Vorentwurf für das Energiekonzept legte EGS-Plan bereits Mitte Januar 2008 vor, von hier an erstellte Imtech innerhalb von sechs Wochen die Entwurfsplanung einschließlich der Genehmigungsplanung. EGS-Plan stand hierbei dem Bauherrn beratend zur Seite, sicherte die Qualität der Planung und führte den Nachweis zur CO₂-Neutralität. Für die Ausführungsplanung und Durchführung des Bauvorhabens wurden zwei Generalunternehmer verpflichtet.

Mitte April 2008 erhielt Imtech den Auftrag als Generalunternehmer für die Energie- und Gebäudetechnik mit folgenden Gewerken:

- Energieverbund (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung),
- Elektrotechnik,
- Kälte-, Raumluft- und Heizungstechnik,
- Druckluft-, Vakuum- und Stickstoffversorgung,
- Gebäudeautomation (MSR und Gebäudeleittechnik),
- Sekundärtragssystem.

Realisierung

Vor Beginn der Baumaßnahme musste die Mündener Straße in Niesetal zurückgebaut und verlegt werden. Der quer über das Baufeld verlaufende Umbachsgraben wurde unterirdisch umgeleitet. Das Gelände musste von Blindgängern aus dem 2. Weltkrieg geräumt und

Der Bauherr

Die SMA Solar Technology AG beschäftigt weltweit 3500 Mitarbeiter, davon ca. 2500 an ihrem Stammsitz in Niesetal bei Kassel. Aufgrund der starken Nachfrage an Wechselrichtern stießen die vorhandenen Produktionsflächen an ihre Grenzen. Eine neue, auf die Zukunft ausgerichtete Produktionshalle musste her: das Solarwerk 1 ist für eine jährliche Kapazität von 4 Gigawatt Wechselrichterleistung ausgelegt und ist damit die größte Fabrik ihrer Art.

der zum Teil kontaminierte und in der Qualität minderwertige Oberboden großflächig abgetragen werden.

Die ersten der insgesamt 128 Stahlbetonstützen standen im Mai 2008. Ende Juli war bereits das Dachtragwerk fertiggestellt und die Dachfläche zu einem Drittel mit Trapezblech belegt.

Architektur

Die Produktionshalle erstreckt sich als rückwärtige Bebauung entlang der Sandershäuserstraße. Die in weiß gehaltene Fassade ist leicht nach außen gewölbt und wird von einer halbrunden Attika begrenzt. Vertikal durchgehende Fensterbänder unterteilen die Fassade. Die Stirnseiten der Halle sind als Glasfassade ausgeführt, wodurch ein „Einblick“ in die Produktion gewährt wird. Das auf Stahlbetonstützen ruhende Dachtragwerk aus Stahlbindern ist ebenso wie das Dach-Trapezblech weiß lackiert, wodurch die Halle innen angenehm hell wirkt.

Zur Verbesserung der Akustik wurde gelochtes Dachtrapezblech verwendet. Die Sicken wurden zur Erhöhung der Schallabsorption mit Mineralwolle ausgestopft.

Entlang der Fassade ist eine umlaufende Empore eingehängt. Hier sind ca. 90 Büros und Besprechungsräume sowie Teeküchen, WC-Bereiche und Serverräume untergebracht. Die Raumaufteilung ist innerhalb des Rastermaßes von 2,5 m variabel.

Zwischen den mittleren Hallenachsen sind 13 Technikbühnen eingehängt. Hier befinden sich Produktionseinrichtungen sowie Anlagen der Energie- und Gebäudetechnik. Die Möglichkeit zur Nachrüstung von zusätzlichen Bühnen ist gegeben.

An die Fertigungshalle schließt sich ein zweigeschossiger Stahlbetonbau an, in dem sich neben dem Sozialbereich mit Umkleiden, Duschen, Küche und Speisesaal auch der Technik-Innenhof und die Energiezentrale befinden. Der Speisesaal bietet Platz für 240 Personen und wird auch für Veranstaltungen genutzt.

Um Besucher bereits beim Betreten des Gebäudes auf die Besonderheiten des Energiekonzepts aufmerksam zu machen, wurde die Energiezentrale mit einer Glaswand zum Haupteingang hin geöffnet. In der ersten Reihe befinden sich nebeneinander Biogas-Blockheizkraftwerk, Gas- Brennwertkessel und die Absorptionskältemaschine.

Nutzungskonzept Halle

Hohe Flexibilität ist für die Nutzer die wichtigste Eigenschaft der neuen Produktionshalle. Die Montagelinien selbst sind so flexibel aufgebaut, dass innerhalb von wenigen Stunden eine Umstellung der Produktion möglich ist. Die Energie- und Gebäudetechnik folgt diesem Konzept. Die Halle wird vollflächig gesprinkelt, auf eine Unterteilung in



Haupteingang



Energiebereitstellung



Sekundärtragsystem

Brandabschnitte konnte so verzichtet werden. Alle Bauteile in der Produktionshalle sind in F0-Qualität ausgeführt. Lediglich der Kopfbau ist durch eine Brandschutzwand von der Halle getrennt.

Ein flächendeckendes Sekundärtragsystem in der Halle ermöglicht die flexible Zuführung aller Produktionsmedien (Elektro, Datenleitungen, Druckluft, Stickstoff, Vakuum, Kalt- und Trinkwasser, Zuluft und Maschinenabluft) von oben.

Das Sekundärtragsystem besteht aus Aluminium-Vier-Punkt-Gitterträgern, bekannt aus der Veranstaltungstechnik, in Kombination mit Weitspannrinnen mit einem Raster von 7,5 m x 4 m. Das Tragsystem ist über senkrechte Leitern an Bindern im Dachtragwerk befestigt. Jede Leiter kann eine Last von 9 kN aufnehmen. Das System ist so dimensioniert, dass eine Reserve von 50 % für zusätzliche Installationen bereit steht. Das Sekundärtragsystem gewährleistet eine durchgängige lichte Höhe von 3,65 m für die Produktion.

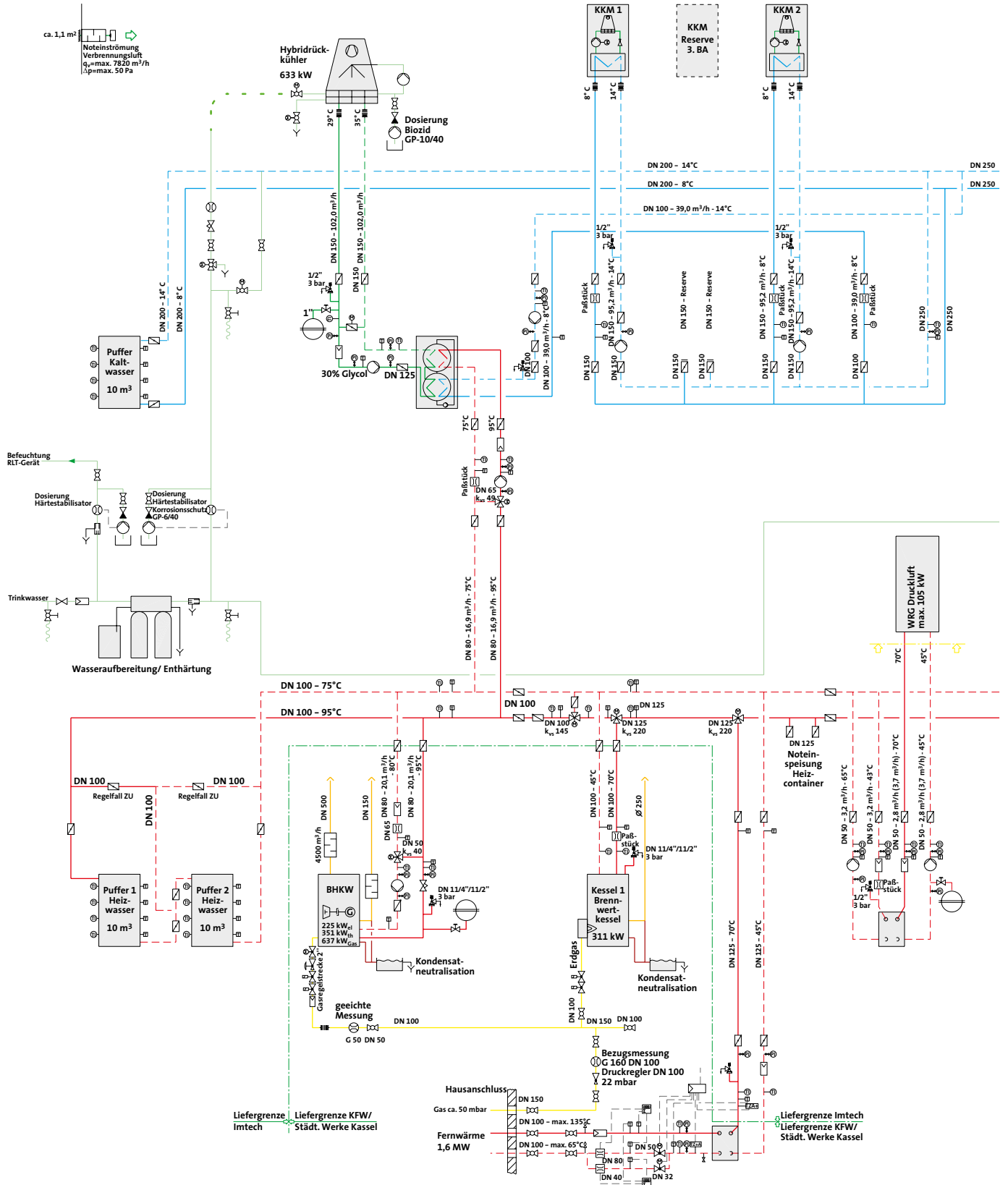
Die Halle ist in vier Produktionsabschnitte unterteilt. Beginnend von der Brandwand Achse 6 nach Achse 37 ist die Gliederung wie folgt:

In den Bereichen Produktion Solartechnik 1 & 2 wird die mechanische Fertigung vorgenommen, d.h. das Zusammensetzen von Baugruppen und Einbau der Baugruppen in die Wechselrichtergehäuse. In diesem Bereich befindet sich auch das Wechselrichter-Prüffeld mit 648 Prüfplätzen, hier werden alle Wechselrichter im Dauertest auf „Herz und Nieren“ geprüft.

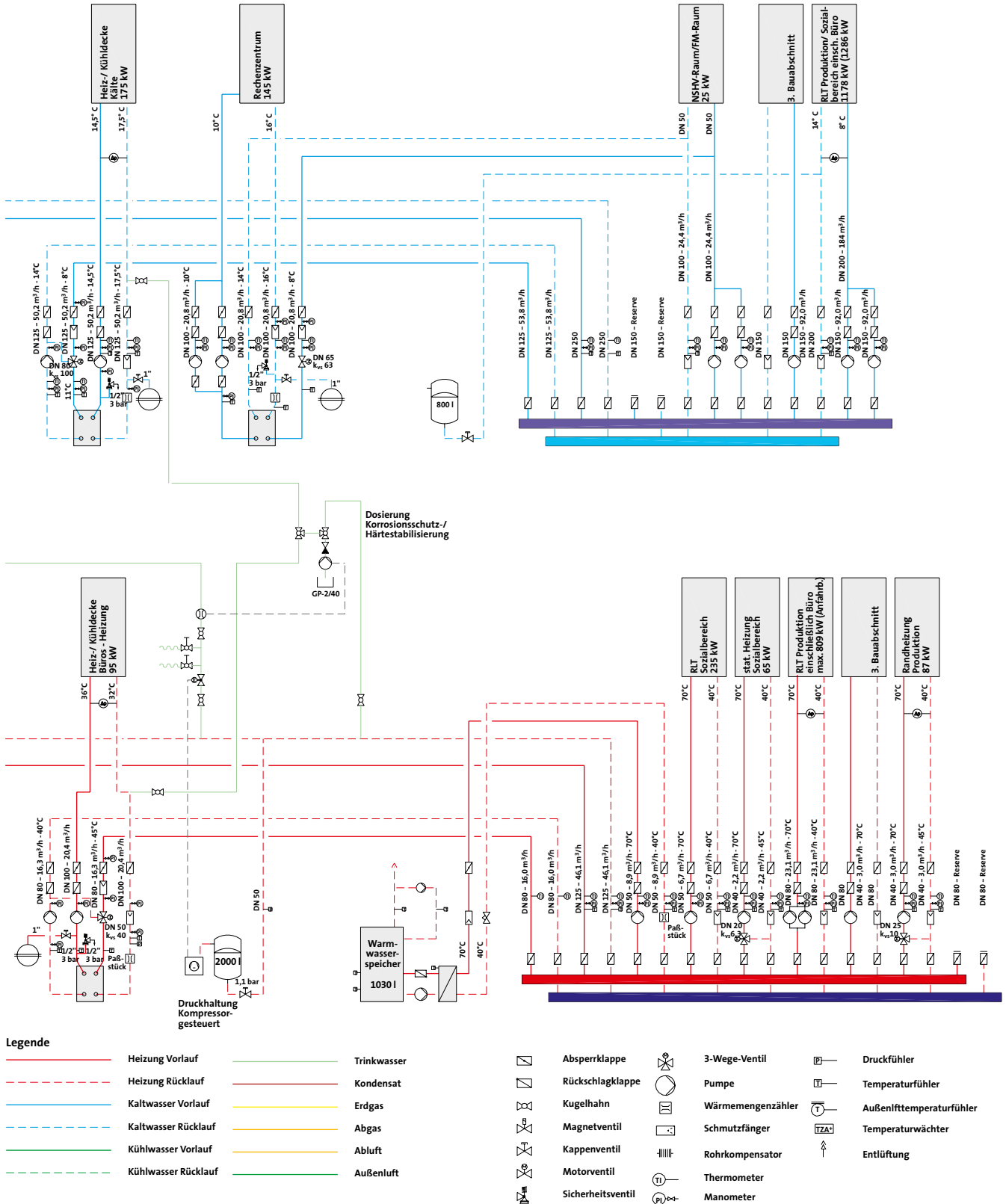


Photovoltaikanlage Parkhaus

Energietechnik



Schema Energieverbund



- Legende**
- | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|--|-------------|--|-------------------|--|-------------------|--|---------------------------|
| | Heizung Vorlauf | | Trinkwasser | | Absperrklappe | | 3-Wege-Ventil | | Druckfühler |
| | Heizung Rücklauf | | Kondensat | | Rückschlagklappe | | Pumpe | | Temperaturfühler |
| | Kaltwasser Vorlauf | | Erdgas | | Kugelhahn | | Wärmemengenzähler | | Außenlufttemperaturfühler |
| | Kaltwasser Rücklauf | | Abgas | | Magnetventil | | Schmutzfänger | | Temperaturwächter |
| | Kühlwasser Vorlauf | | Abluft | | Kappenventil | | Rohrkompensator | | Entlüftung |
| | Kühlwasser Rücklauf | | Außenluft | | Motorventil | | Thermometer | | |
| | | | | | Sicherheitsventil | | Manometer | | |



Wärmeübertrager

Unmittelbar hieran schließt sich der Abschnitt Endmontage und Lager an. Von dort gelangen die Wechselrichter ins Hochregallager, wo die Kommissionierung erfolgt. Im Anschluss daran erfolgen die Verpackung und die Übergabe an die Auslieferung. Produziert wird nach dem Just-in-Time-Prinzip: Jeder Wechselrichter, der vom Band läuft, ist bereits verkauft.

Die Elektronikfertigung ist mittels einer Thermopanelwand von den angrenzenden Bereichen getrennt. Hier werden besondere Anforderungen an das Raumklima gestellt. Die Elektronikfertigung gliedert sich in SMT-Fertigung (surface-mounted technology) und in THT-Fertigung (through-hole technology). Die SMT-Fertigung erfolgt mit einem hohen Automatisierungsgrad. Die Leiterplatten werden in mehreren Fertigungslinien mit Kleinstbauteilen bestückt und verlötet. Dieser Bereich weist sehr hohe Wärmelasten auf. In der THT-Fertigung hingegen sind die Bauteile größer und die Bestückung der Leiterplatten erfolgt zum Teil in Handarbeit.

Die An- und Auslieferung ist ebenfalls durch eine Thermopanelwand von der übrigen Halle getrennt. Dieser Bereich hat eine direkte Verbindung zu allen Produktionsabschnitten.

Photovoltaik

Die Photovoltaikanlage mit einer Spitzenleistung von 1,2 MW ist der wesentliche Faktor zum Ausgleich der CO₂-Bilanz.

Auf der Dachfläche sind 1,1 MW_p installiert. Dabei sind auch die Oberlichter mit einer Fläche von 3800 m² einbezogen, die mit transparenten Photovoltaikscheiben ausgestattet sind. Der Lichtdurchlassgrad der Scheiben beträgt 20 %.



Wärmeverteilung

Die Vordächer für Logistikhof und Außenterrasse, ebenfalls in transparenter Bauweise erstellt, haben zusammen eine Leistung von 100 kW_p. Das angrenzende Parkhaus wurde vollflächig mit Photovoltaikmodulen ausgestattet.

Der Strom aus der Photovoltaikanlage wird auf der Niederspannungsseite eingespeist. Je nach Bedarf wird diese Energie der Produktion zugeführt oder in das öffentliche Netz eingespeist.

Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWK), der so genannte Energieverbund, stellt einen weiteren Beitrag zum Ausgleich der CO₂-Bilanz dar. Der Energieverbund entsteht durch die zeitgleiche Bereitstellung von Wärme und Strom aus einem Biogas-Blockheizkraftwerk sowie durch die Umwandlung von Wärme in Kälte mit einer Absorptionskältemaschine.

Das Biogas-BHKW führt den erzeugten Strom der Niederspannungsseite zu. Auch hier wird in Abhängigkeit des momentanen Bedarfs entschieden, ob die Energie direkt genutzt oder in das öffentliche Netz eingespeist wird.

Das Biogas wird vom Energieversorger im Durchleitungsprinzip für die Kraft-Wärme-Kopplung bereitgestellt.

Heizungstechnik

Die Heizlastberechnung für das Gebäude ergab eine Heizleistung von 670 kW. Neben der statischen Heizleistung ergibt sich weiterer Leistungsbedarf für die raumlufttechnischen Anlagen zur Erwärmung der Mindestaußenrate und für die erforderliche Temperaturerhöhung aufgrund der adiabaten Zuluftbefeuchtung.



Kälteverteilung



Wechselrichter-Testfeld

Wärmebereitstellung

Geplant war die Wärmebereitstellung mit Biogas-BHKW, Gas-Brennwertkessel und einem Gas-Niedertemperaturkessel. Der Niedertemperaturkessel sollte vorerst in einem Container im Außenbereich untergebracht werden und zu einem späteren Zeitpunkt in den 3. Bauabschnitt integriert werden. Während der Ausführungsphase entschied sich der Bauherr für ein Wärmecontracting mit dem städtischen Energieversorger. Das Gebäude wurde dabei an das Fernwärmenetz angeschlossen.

Die Wärmebereitstellung wurde folgendermaßen realisiert:

- Biogas-BHKW 350 kW_{th} und 225 kW_{el},
- Wärmerückgewinnung Druckluft 105 kW,
- Fernwärme 1600 kW (einschl. Vorhaltung 3. BA),
- Gas-Brennwertkessel 310 kW.

Der Gas-Brennwertkessel wird in dieser Konstellation nur im Havariefall benötigt. Die Einbindung der Wärmerückgewinnung Druckluft erfolgt über einen Plattenwärmeübertrager.

Der Gesamtwirkungsgrad des BHKW liegt bei 90 %. Der elektrische Wirkungsgrad beträgt 35 %. Für den taktfreien Betrieb des BHKW und als hydraulische Weiche wurden zwei in Reihe geschaltete Heizwasser-Pufferspeicher mit je 10 m³-Inhalt vorgesehen. Die Heizwasser-Speicher werden mit einer Vorlauftemperatur von 95 °C geladen.

Das Füll- und Ergänzungswasser wird von einer Wasseraufbereitungs- und Enthärtungsanlage bereitgestellt. Die Druckhaltung erfolgt über ein kompressorgesteuertes Membranausdehnungsgefäß mit 2 m³ Inhalt.

Wärmeverteilung

Nachstehende Abnehmer werden mit Heizwasser versorgt:

- Absorptionskältemaschine 395 kW, 95/75 °C
- RLT-Sozialbereich 235 kW, 70/40 °C
- Stat. Heizung Sozialbereich 65 kW, 70/45 °C
- RLT-Produktion 810 kW, 70/40 °C
- Randheizung Produktion 87 kW, 70/45 °C
- Heiz-/Kühlsegel Büros 95 kW, 36/32 °C
- Warmwasserbereitung 310 kW, 70/40 °C
- 3. Bauabschnitt

Alle Heizgruppen sind mit differenzdruckgeregelten Pumpen ausgestattet. In den Gruppen RLT-Produktion und Randheizung Produktion sind die Differenzdruckfühler im Netz-Schlechtpunkt angeordnet. Die Vorlauftemperaturen der Heizgruppen für statische Heizflächen werden witterungsgeführt geregelt.

Die raumlufttechnischen Anlagen sind hydraulisch mittels Einspritzschaltung und Durchgangsregelventil im Verteilnetz eingebunden. Für die statische Beheizung der Produktion wurden Plattenheizkörper entlang der Fassade vorgesehen. Umkleideräume und Nebenräume wurden ebenfalls mit Plattenheizkörpern ausgestattet. Hinter den Glasfassaden in der Produktionshalle und im Kopfbau wurden Überflurkonvektoren installiert.

Heiz-/Kühlsegel

Die Heiz-/Kühlsegel (2,4 m x 5,9 m) in den Büroräumen wurde als quadratisch gelochte Gipskartonsegel mit aufgelegter Akustik- und Wärmedämmung ausgeführt. Die Lochung der Platten verbessert die Schallabsorption im Raum nachhaltig.

Aufgrund der hohen Schallanforderungen der Büroräume wurde die Oberdecke in zweifacher Ausführung erstellt. Unter diese wurden die Segel gehängt. Die Aufbauhöhe der Heiz-/Kühlsegel beträgt 7 cm.

Umlaufend wurde eine ca. 3 cm breite Schattenfuge ausgebildet. Die Segelflächen (Breite 2,4 m) sind mittels Dehnfugen voneinander getrennt. Im Rastermaß von 5 m sind die Segelflächen entweder durch eine Wand oder durch einen 10 cm breiten Gipskarton-Streifen getrennt, der den nachträglichen Einbau einer Wand ermöglicht.

Als Rohrwerkstoff wurde Polybuten verwendet. Aluminiumprofile, mit denen die Rohre Kontakt haben, erhöhen den Wärmeübergang.

Im Raum-Achismaß von 5 m sind Ventilstationen für die Heiz-/Kühlsegel angeordnet. Die Ventilstationen sind als Absperr-, Regulier- und Regelgruppen für jeweils zwei bis drei Segel aufgebaut. Die Regelung erfolgt über den EIB/KNX-Einzelraumregler. Als Aktoren sind Thermostellantriebe im Vor- und Rücklauf angeordnet. Über den Einzelraumregler sind vier Betriebsmodi wählbar.

Kältetechnik

Das Solarwerk 1 weist eine Kühllast von rund 1100 kW auf. Diese wird rund zur Hälfte durch innere Lasten in der Produktion verursacht. Hinzu kommt der Kühlleistungsbedarf der raumlufttechnischen Anlagen zur Kühlung der Außenluft. Insgesamt beträgt der Kältebedarf 1525 kW.

Kältebereitstellung

Die Kälte wird von einer Absorptionskältemaschine mit Hybridkühler und zwei Kompaktkältemaschinen mit Schraubenverdichter bereitgestellt. Eine Kompaktkältemaschine ist mit einer freien Kühlung über den Kältekreislauf ausgestattet. Im Technik-Innenhof ist ein Stellplatz für eine dritte Kompaktkältemaschine vorgesehen, hiermit können



RLT-Anlage Sozialbereich

entweder weitere Bauabschnitte versorgt oder eine Redundanz geschaffen werden.

Das Kaltwassernetz wurde für eine Vorlauftemperatur von 8 °C bei einer Spreizung von 6 K ausgelegt.

Für die Kältebereitstellung stehen folgende Komponenten bereit:

- Absorptionskältemaschine 270 kW,
- Kompaktkältemaschine 1 670 kW,
- Kompaktkältemaschine 2 670 kW.

Durch die adiabate Abluftbefeuchtung der raumlufttechnischen Anlagen wird eine zusätzliche Kälteleistung von 130 kW erzielt.

In der Technikzentrale ist ein Kaltwasser-Pufferspeicher mit 10 m³-Inhalt installiert. Der Pufferspeicher übernimmt die Funktion einer hydraulischen Weiche und vermeidet das Takten der Kältemaschinen.

Das Wärmeverhältnis der Absorptionskältemaschine (Verhältnis von Kälteleistung zu Austreiberleistung) beträgt 0,68. Der Verdunstungsrückkühler des Absorbers arbeitet unterhalb von 11 °C im Freikühlbetrieb. Bei höheren Temperaturen werden die Lamellen der Wärmeübertrager befeuchtet. Der Rückkühler ist für Kühlwasservorlauftemperatur von 29 °C bei einer Außentemperatur von 35 °C ausgelegt.

Kälteverteilung

Die Kälteverteilung ist folgendermaßen aufgebaut:

- Kühlung Produktion 1180 kW, 8/14 °C,
- Rechenzentrum und NSHV-Raum 170 kW, 8/14 °C,
- Heiz-/Kühlsegl Büros 175 kW, 14,5/17,5 °C,
- 3. Bauabschnitt.

Alle Verbraucher werden von differenzdruckgeregelten Pumpen versorgt. Die Pumpendrehzahl der Gruppen Heiz-/Kühlsegl Büros und Kühlung Produktion werden über Differenzdruckfühler im Netzschlechtepunkt geregelt.

Die Kaltwasser-Verbraucher sind mengengeregt über Durchgangs- bzw. Dreiwegeventile im Verteilnetz integriert.

Die Kreise Rechenzentrum und Heiz-/Kühlsegl sind mittels Plattenwärmeübertrager vom Hauptsystem getrennt.

Für die Produktionskühlung des 60 Hz-Raumes und des Sunny-Central-Feldtestraumes wurden Präzisionsumluftkühler mit EC-Motoren aufgestellt. In der Elektronikfertigung wurde ein Sekundär-Kältenetz (30 kW, 18/28 °C) zur direkten Kühlung der Lötmaschinen und Platinbestücker erstellt.

Rechenzentrum

Die Erstellung des Rechenzentrums (IT- und Klimatechnik) wurde einem weiteren Generalunternehmer übertragen. Die Schnittstelle



Druckluftherzeugung

zur Gebäude- und Energietechnik ist der sekundärseitige Kaltwasseranschluss (10/16 °C) im Rechenzentrum sowie ein Abgangsfeld in der Niederspannungshauptverteilung.

Die Kälteverteilung im Rechenzentrum erfolgt über drei Präzisionsumluftkühler. Die auf 16 °C gekühlte Luft wird durch den 70 cm hohen Doppelboden in die eingehausten Kaltgänge geleitet und strömt über die Bauteile in die Warmgänge ab.

Als Redundanz zur Kältebereitstellung wurde eine außenstehende 200 kW Kompaktkältemaschine mit Netzersatzanlage erstellt.

Im Brandfall wird das Rechenzentrum von einer Gas-Löschanlage geflutet.

Raumlufttechnik

Die Raumlufttechnik im Solarwerk 1 wurde nach den Gesichtspunkten Abführung von Wärmelasten und Einbringung der Mindestaußenrate ausgelegt. Die Wärmezufuhr über Raumlufttechnik findet in thermisch hoch belasteten Bereichen (Elektronikfertigung und Wechselrichter-Testfeld) nur im Aufheizbetrieb statt, so dass im Heizfall die Zuluft bei Mindestvolumenstrom mit geringer Übertemperatur eingebracht werden kann.

Die Außenluftaufbereitung erfolgt über kombinierte Zu- und Abluftgeräte. Die RLT-Geräte verfügen über folgende thermodynamische Luftbehandlungsfunktionen: Heizen, Kühlen, Mischen und Wärmerückgewinnung. Einige Geräte sind zusätzlich mit einem adiabaten Zuluftbefeuchter und adiabatem Abluftbefeuchter, zur Kühlung, ausgestattet. Durch Einsatz von Doppel-Plattenwärmeübertrager werden bei der Wärmerückgewinnung Rückwärmzahlen zwischen 0,69 und 0,81 erzielt. Die Klimageräte wurden in Energieeffizienzklasse A ausgeführt.

Der Auslegungsvolumenstrom für die Produktionshalle einschl. Kopfbau beträgt 202 500 m³/h. Für die Produktionsfläche ist hiervon ein Volumenstrom von 151 500 m³/h vorgesehen. Durch den volumenvariablen Betrieb der RLT-Geräte kann dieser innerhalb der Produktion bis auf 75 000 m³/h reduziert werden. Die Außenluft wird über in die Fassade integrierte Wetterschutzgitter auf der Nord-West-Seite angesaugt. Die Fortluft wird über die Fassade auf der Süd-Ost-Seite ausgeblasen.

Für die Zuluft einbringung innerhalb der Produktion wurden Drallauslässe verwendet. Die Drallschaukeln werden in Abhängigkeit der Zulufttemperatur motorisch verstellt. Die Luftdurchlässe sind am Sekundärtragsystem befestigt.

Auf ein Abluftkanalsystem wurde verzichtet. Die Hallenluft wird direkt über die Abluftschalldämpfer an den Klimageräten angesaugt. Die Temperaturschichtung zwischen Aufenthaltsbereich und Abluftan-



Pufferspeicher

saug beträgt nach ersten Betriebserfahrungen im Kühlfall ca. 3 bis 4 K. Die Produktionsfläche wird zusätzlich von 45 Umluftkühlgeräten konditioniert. Diese sind ebenfalls am Sekundärtragsystem befestigt. Die Umluftkühlgeräte wurden für eine Kühllast von 295 kW ausgelegt. Für die Erstausrüstung wurde nur die Hälfte in den thermisch hochbelasteten Bereichen montiert. Das Kaltwassernetz wurde für die Ausbaustufe dimensioniert. Die Regelung der Umluftkühler erfolgt im Zusammenspiel mit den raumlufttechnischen Anlagen der jeweiligen Bereiche. Die Umluftkühler werden gruppenweise geregelt.

Raumlufttechnik Produktion Solartechnik

Der Bereich wird von zwei raumlufttechnischen Anlagen mit jeweils 20000 m³/h versorgt. Die Produktion Solartechnik wird im Heizfall auf 21 °C und im Kühlfall abhängig von der Außentemperatur gleitend bis auf 26 °C konditioniert. Anforderungen an die Raumluftfeuchte bestehen nicht.

Als Redundanz zu den Lüftungsgeräten wurden zwei Not-Abluftgeräte eingebaut. Bei Ausfall einer Klimaanlage wird der zugehörige Abluftventilator in Betrieb genommen und stellt die Abluftführung über die Testschränke sicher. Die Not-Abluftventilatoren arbeiten im Umluftbetrieb.

Raumlufttechnik Endmontage/Lager

An die Raumluft werden die gleichen Anforderungen gestellt wie im Bereich Produktion Solartechnik. Im Bereich Endmontage/Lager ist eine Klimaanlage mit einem Volumenstrom von 20000 m³/h installiert. Die Abluft ist mit einer adiabaten Befeuchtung ausgestattet. Die Anlage wird volumenstromvariabel betrieben.

Raumlufttechnik Elektronikfertigung

Die Elektronikfertigung wird von drei Klimaanlagen mit insgesamt 80000 m³/h versorgt. Die Raumlufttemperatur im Heizfall beträgt 21 °C, im Kühlfall wird diese gleitend bis auf 26°C angehoben. Die minimale Raumluftfeuchte ist auf 35 % begrenzt. Die Klimaanlagen sind jeweils mit Zu- und Abluftbefeuchtern ausgestattet. Im gemeinsamen Zuluftnetz sind variable Volumenstromregler installiert. Die Anlagen werden im VVS-Betrieb gefahren.

Die Produktionsmaschinen sind an ein separates Abluftsystem angeschlossen. Die Absaugung erfolgt über zwei druckgeregelt Abluftventilatoren. Die Fortluft wird über das Dach abgeführt.

Raumlufttechnik Büros

Zwei Zuluftgeräte in der Halle versorgen die Büros mit Außenluft. Die

Wärmerückgewinnung erfolgt über ein Kreislaufverbundsystem. Der Wärmeübertrager ist in die Abluft der Produktionslüftung integriert. Im Heizfall wird die Zuluft nahezu isotherm eingebracht, im Kühlfall mit geringer Untertemperatur. Die Abluft strömt über die umlaufende Schattenfuge der Heiz-/Kühlsegel durch einen Schalldämpfer in die Halle ab. Zur Vermeidung von Schallübertragung zwischen den Büros sind Telefoneschalldämpfer in der Zuluft eingesetzt. Alle Büros sind mit kippbaren Fenstern ausgestattet.

Raumlufttechnik Sozialbereich

Für die Südfassade des Gebäudes wurde von EGS-Plan eine thermische Simulation mit TRNSYS erstellt. Die Südfassade ist als Pfosten-Riegel-Fassade mit außenliegendem Sonnenschutz ausgeführt. An sie grenzen der Eingangsbereich, Flure und der Speisesaal.

Das beste Simulationsergebnis bei hohem Komfort und gleichzeitig geringem Energieeinsatz hat die Variante „Frühe Kühlung mit außenliegendem Sonnenschutz“ gezeigt. Die Regelstrategie ist wie folgt definiert: Kühlung an bei Raumlufttemperatur 24°C, Kühlung aus bei 22°C. Der Speisesaal wurde als einzige Zone im Sozialbereich mit einem Luftkühler ausgestattet. In den übrigen Bereichen wie der Eingangshalle, den Fluren und Umkleideräumen wird die Außenluft geringfügig (max. 4 K) durch die adiabate Abluftbefeuchtung über den Plattenwärmeübertrager gekühlt.

Der Zuluftvolumenstrom im Speisesaal wurde auf 9600 m³/h festgelegt. Im Speisesaal ist zusätzlich ein CO₂-Fühler installiert. Die Regelung der Luftmenge erfolgt über eine Maximalauswahl aus CO₂- und Temperaturmesswert. Der Luftvolumenstrom wird bedarfsabhängig zwischen 4700 und 9600 m³/h geregelt.

Druckluft-, Vakuum und Stickstoffversorgung

Das Druckluftnetz ist für einen Volumenstrom von 11200 l/min bei einem Betriebsdruck von 10 bar ausgelegt. Erzeugt wird die Druckluft von drei Schraubkompressoren. Einem regelbarem Kompressor sowie zwei einstufigen Kompressoren. Letztgenannte sind redundant (n+1).

■ Kompressor 1	1,47 bis 6,04 m ³ /min,
■ Kompressor 2	4,63 m ³ /min,
■ Kompressor 3	4,63 m ³ /min.

Die Kältetrockner sind redundant ausgelegt (n+1).

Die Verdichter sind wasser-/luftgekühlt und mittels Wärmeübertrager in den Heizungsrücklauf eingebunden. Ein Teil der Verlustwärme wird über das Lüftungssystem nach außen abgeführt oder zur Temperierung der Technikzentrale genutzt. Die übergeordnete Regelung entscheidet über die Freigabe und Drehzahlvorgabe der Kompressoren.

Die Druckluft wird über eine 600 m lange Edelstahl-Ringleitung der Produktion zugeführt. Die Ringleitung ist unterhalb der Emporen befestigt, alle 7,5 m steht ein Abgang DN 25 bereit. Von hier erfolgt die weitere Verteilung über das Sekundärtragsystem bis zur Mediensäule bzw. zum Verbraucher. Auf dem Sekundärtragsystem wurde alle 4 m ein Abgang DN 20 ausgeführt.

Für die Elektronikfertigung ist die Versorgung mit Stickstoff Klasse 5.0 erforderlich. Im Außenbereich wurde ein 100 m³ Speichertank mit einem Druck von 25 bar aufgestellt. Der Netzdruck wird auf 13 bar gedrosselt. Über eine erdverlegte Leitung erfolgt die Einführung ins Gebäude. Das Netz im Gebäude wurde als Ringleitung aus Kupfer aufgebaut. Die weitere Verteilung erfolgt wie bereits bei der Druckluft erläutert.

In der Elektronikfertigung wurde ein Vakuumnetz für vier Produktionsmaschinen erstellt. Jede Maschine wird von einer Vakuumpumpe versorgt. Die Pumpen befinden sich zentral auf einer Technikbühne. Das Rohrsystem wurde mit Kupferrohr ausgeführt.

Elektrotechnik

Die Elektroenergie für die Produktionshalle wird über zwei Mittelspannungsanschlüsse im Kopfbau bereitgestellt. In der Mittelspannungsanlage sind fünf Trafoabgangsfelder à 1000 kVA vorgesehen, wovon derzeit drei genutzt werden. Zwei luftisolierte Transformatoren sind im Kopfbau untergebracht. Von hier werden über die Niederspannungshauptverteilung der Kopfbau und die Produktionshalle (Achsen 6–20) versorgt. Die Energieverteilung erfolgt über zwei 1600 A-Stromschienen, welche an den Emporen befestigt sind. Von der Empore aus verzweigen sich 250 A-Stromschienen kammartig auf dem Sekundärtragsystem. Zur Versorgung der Achsen 21 bis 37 wurde ein zusätzlicher luftisolierter Transformator innerhalb der Produktionshalle auf einer Technikbühne platziert. Dieser versorgt über die Gebäudehauptverteilung mit je zwei 630 A-Stromschienen die Bereiche Endmontage/Lager und Elektronikfertigung.

Beleuchtung

Vorgabe bei der Konstruktion der Produktionshalle war optimale Nutzung des Tageslichtes. Hierfür wurden ausreichend Fenster in der Fassade und 3800 m² Oberlichter installiert.

Die künstliche Beleuchtung der Produktionshalle erfolgt mit 2000 einzeln regelbaren Leuchten. Es wurden spezielle Leuchten mit hohem Entblendungsgrad gewählt. Die Beleuchtungsstärke beträgt zwischen 200 und 800 Lux. Die Leuchten sind in den EIB/KNX-Bus eingebunden und werden mittels DALI-Protokoll angesteuert. Folgende Datenpunkte werden hierbei übermittelt: Betrieb, Beleuchtungsstärke und Störmeldung. Über die Gebäudeleittechnik kann die Beleuchtung gruppenweise gesteuert werden. Die Notbeleuchtung kann über Taster in der Produktion eingeschaltet werden. Für die Beleuchtung der Halle wurden vier Unterverteilungen mit Sicherheitslichtgeräten auf den Technikbühnen installiert. Auf den Emporen sind für die Beleuchtung und das Netzwerk der Büros sechs Unterverteilungen vorhanden. Im Kopfbau befinden sich zwei weitere Unterverteilungen für die Beleuchtung. Je Büro sind drei tageslichtgeregelte Leuchten eingebaut. Die Leuchten werden über den EIB/KNX-Bus angesteuert.

Brandmeldeanlage

Das Gebäude ist mit einer flächendeckenden Brandmeldeanlage ausgestattet. In den Büros und unterhalb von Emporen und Technikbühnen sind Rauchmelder installiert. Die übrigen Produktionsbereiche sind mit Rauch-Ansaug-Systemen unter dem Hallendach ausgerüstet.

Zugangskontrolle

Die Zugangskontrolle wird über zwei voneinander unabhängige Schließsysteme gewährleistet. Für den Gebäudezutritt sind beide Systeme vorhanden. Der Zugang zu Technik- und Nebenräumen erfolgt über eine Schließanlage. Besondere Räume sind mit einem speziellen System gesichert.

Bussystem Büroräume

Um eine hohe Flexibilität der Büros zu gewährleisten, hat sich der Bauherr für die Installation eines Bussystems (EIB/KNX) entschieden. Über das Bussystem werden folgende Aktoren angesteuert: Beleuchtung, Sonnenschutz und Einzelraumregelung Heiz-/Kühlsegel. Die Ansteuerung der Aktoren erfolgt über Busmodule. Für jeweils zwei Büroräume wurde ein Modul vorgesehen.

Datennetz Produktion

Die Produktionsmaschinen und Testschränke sind mit einem eigenen Datennetz ausgestattet. Insgesamt wurden 120 km Datenleitung auf dem Sekundärtragsystem verlegt. An den Kreuzungspunkten der

Weitspannrinnen sind EDV-Dosen vorhanden. Von hier kann die Leitung flexibel verlängert werden.

Gebäudeautomation

Die Gebäudeautomation gliedert sich in acht Informationsschwerpunkte. Diese sind in der Technikzentrale im Kopfbau und innerhalb der Produktionshalle auf den Technikbühnen angeordnet. Für die Gebäudeautomation wurde das Produkt Imtech-HSC verwendet. Die Automationsstationen kommunizieren über das BACnet-Protokoll. Für die HLK-Gewerke wurden 3500 Datenpunkte generiert. Die Gebäudeleittechnik umfasst für das Solarwerk 1 4300 Datenpunkte und 45 Anlagenbilder. Von der Gebäudeleittechnik kann auf alle vorrangigen Systeme der Energie- und Gebäudetechnik zugegriffen werden. Die Kommunikation zwischen Gebäudeleittechnik und den Automationsstationen erfolgt mittels BACnet. Der GLT-Server ist im Gebäudenetzwerk eingebunden. Der Zugriff der GLT-Clients erfolgt über LAN. Für die Weiterleitung von Störmeldungen wurden vier Dringlichkeitsgruppen eingerichtet. Die Zuordnung zu einer Gruppe und Tages- bzw. Nachtzeit entscheidet darüber, ob eine Meldung unmittelbar oder zeitverzögert weitergeleitet wird. Die Störmeldungweiterleitung außerhalb der üblichen Arbeitszeit erfolgt nach besonderen Bedingungen.

Gewerke Sanitär und Feuerlöschanlage

Die Gewerke Sanitär und Feuerlöschtechnik wurden vom Generalunternehmer Gebäude ausgeführt.

Das Gebäude verfügt über eine flächendeckende Sprinklerung, innerhalb der Produktion in Verbindung mit einer Kaltentrauchung. Der Kopfbau wird nur bereichsweise gesprinklert. Die Sprinkleranlage wird von zwei unterirdischen Tanks gespeist. Im Gebäude sind außerdem Wandhydranten und Feuerlöscher vorhanden.

Energiemanagement

Für die Zielkontrolle der Energieverbräuche und für Anlagenoptimierungen sowie zur Bedarfsschätzung zukünftiger Bauvorhaben wird derzeit ein Energiemonitoring vorbereitet. Gemessen werden produktionsrelevante und wesentliche Verbraucher der Anlagentechnik. Für die elektroseitigen Messungen wird das bestehende Mess-System erweitert. Die Weiterleitung an die Gebäudeleittechnik erfolgt mittels OPC-Server. Die Daten aus den Wasser-, Druckluft-, Wärme- und Kältemengenmessungen werden über M-Bus an die DDC-Unterstationen und von dort über BACnet an die GLT weitergeleitet. Die Messwerte werden von der GLT in Form von CSV-Dateien zur Verfügung gestellt. Die Auswertung der Roh-Daten erfolgt mit einer gesonderten Software.

Kosten

Die Gesamtkosten für die Energie- und Gebäudetechnik betragen rund 9,5 Mio. €.

Fazit

Mit diesem CO₂-neutralen Energiekonzept übernimmt die SMA Solar Technology AG eine Vorreiterrolle im Klimaschutz. Den Projektbeteiligten ist es gelungen, mit einem innovativen Energie- und Gebäudekonzept neue Standards in der industriellen Produktion zu setzen.

Die CO₂-Neutralität des Solarwerks wurde erreicht durch:

- Photovoltaikanlage mit einer Spitzenleistung von 1,2 MW,
- Biogas für die Kraft-Wärme-Kopplung,
- Fernwärme – gewonnen zu 98,5 % aus Kraft-Wärme-Kopplung,
- 100 % Ökostrom,

Der eng bemessene Zeitrahmen für Planung und Bau sowie die Vorgehensweise des Planungs- und Bauprozesses nach „Design and Build“ sind weitere Besonderheiten dieses Projekts.

