

Wärmeversorgung Binningen: Resultate einer NEFF-Untersuchung über das Leistungs- und Betriebsverhalten einer Totalenergieanlage

Autor(en): **Böhi, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **111 (1993)**

Heft 35

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78227>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Wärmeversorgung Binningen

Resultate einer NEFF-Untersuchung über das Leistungs- und Betriebsverhalten einer Totalenergieanlage

Die Wärmeversorgung Binningen AG – ein Unternehmen der Gemeinde Binningen und der EBM – betreiben seit 1984 im Dorfkern eine Nahwärmeversorgung. Die Wärmeerzeugung erfolgt mit einer Totalenergieanlage. Im Rahmen einer, vom Nationalen Energieforschungsfonds (NEFF) geförderten Untersuchung, wurde die Gesamtanlage im Jahre 1990 ausgemessen, mit dem Ziel, den Energiefluss, die momentanen Leistungen und die Emission zu erfassen und mit den Planungswerten zu vergleichen. Hier folgen die wichtigsten Messergebnisse und die Auswertungen.

Idee und Entstehung

Die Wärmeversorgung Binningen AG, ein Unternehmen der Gemeinde Binningen und der Elektra Birseck Münchenstein, hat sich vor etwas mehr als 10 Jahren zum Ziel gesetzt, im Dorfkern eine möglichst umweltfreundliche und sparsame Wärmeversorgung für etwa 40 Liegenschaften zu realisieren. Das Gesamtkonzept – Nahwärmeversorgung mit Totalenergieanlage – ging aus einem 1981 durchgeführten Ingenieurwettbewerb hervor. Das Projekt wurde in der Folge in Zusammenarbeit mit der Elektra Birseck, Münchenstein, weiterentwickelt (vgl. Tabelle 1) und durch die Wärmeversorgung Binningen AG realisiert.

VON H. BÖHI, BASEL

chenstein, hat sich vor etwas mehr als 10 Jahren zum Ziel gesetzt, im Dorfkern eine möglichst umweltfreundliche und sparsame Wärmeversorgung für etwa 40 Liegenschaften zu realisieren. Das Gesamtkonzept – Nahwärmeversorgung mit Totalenergieanlage – ging aus einem 1981 durchgeführten Ingenieurwettbewerb hervor. Das Projekt wurde in der Folge in Zusammenarbeit mit der Elektra Birseck, Münchenstein, weiterentwickelt (vgl. Tabelle 1) und durch die Wärmeversorgung Binningen AG realisiert.

Anlagen- und Funktionsbeschreibung

Im Normalbetrieb wird der Rücklauf aus dem Fernleitungsnetz in der Grundlastanlage erwärmt (vgl. Bilder 1 und 2). Die Totalenergieanlage (vgl. Bild 3) wird je nach Bedarf und Jahreszeit mit den folgenden Betriebsarten gefahren:

- Gasmotorwärmepumpenbetrieb (GMWP)
- Blockheizkraftwerkbetrieb (BHKW)
- Elektromotorwärmepumpenbetrieb (EWP)

Bei tiefen Aussentemperaturen reicht die Leistung der Grundlastanlage nicht für die Deckung des Wärmeleistungsbedarfs. Das Heizungswasser wird über eine Verbindungsleitung von rund 300 m Länge zur Spitzenlastzentrale geführt und mit den Ölkesseln nachgeheizt. Das Wasser des direkt neben der Grund-

lastzentrale fließenden Rümelinbaches dient als Wärmequelle (vgl. Bild 4) im Wärmepumpenbetrieb.

Die Zusammenstellung der wichtigsten technischen Daten in Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Gesamtanlage der Wärmeversorgung Binningen AG im Endausbau 1993.

Struktur der Wärmebezügler

Für die Beurteilung der im nächsten Abschnitt beschriebenen Ergebnisse der im Jahr 1990 durchgeführten NEFF-Untersuchungen ist es interessant, die Struktur der Wärmebezügler zu kennen.

Das Versorgungsgebiet der Wärmeversorgung Binningen AG hat städtischen Charakter. Neben dem grösseren Gebäudekomplex, dessen Heizanlage nun als Spitzendeckung für die Nahwärme-

versorgung dient, werden im wesentlichen Wohn- und Gewerbebauten sowie Schulanlagen versorgt. In Bild 5 ist der Anteil am Wärmeverbrauch unterteilt nach Eigentümern, Nutzungsart und Anlagengrösse dargestellt.

Ziele des NEFF-Forschungsprojektes

Die Anlage verfügt über Messeinrichtungen und ein Leitsystem, die es ermöglichen, die täglichen Energieflüsse zu messen und zu registrieren. Ziel der Arbeiten war es, den Energiefluss, die Leistung und die Emissionen im Betrieb zu messen und mit den Planungswerten zu vergleichen. Ebenfalls sollten allgemeine Zusammenhänge zwischen Auslegung und Betriebsverhalten aufgezeigt werden. Die wichtigsten Ergebnisse der 1990/1991 ausgeführten Messungen und Auswertungen werden nachfolgend beschrieben.

Wärmeproduktion der Gesamtanlage und der TEA-Anlage

Auf Grund der Tagesprotokolle im Jahr 1990 wurde die Wärmeproduktion der gesamten Anlage inklusive Spitzenlastkessel und für die 3 Betriebsarten – Gasmotor-Wärmepumpe (GMWP), Blockheizkraftwerk (BHKW) und Elektro-Wärmepumpe (EWP) – der Totalenergieanlage in Form von Summenhäufigkeitsdiagrammen ermittelt. Wir ver-

1980	Konzeptstudie über zukünftige Wärmeversorgungsmöglichkeiten
1981	Ingenieurwettbewerb und Wahl des Konzeptes «Totalenergieanlage»
1982	Projektierungs- und Planungsarbeiten
1983	Volksabstimmung über die Beteiligung der Gemeinde Binningen an der Wärmeversorgung Binningen AG
1984	Gründung der Wärmeversorgung Binningen AG, (Aktienkapital Fr. 1,8 Mio, Anteil Gemeinde 75%, Anteil EBM 25%); Bau Etappe I (Versorgung von 13 Liegenschaften ab einer der bestehenden Zentrale)
1986	Projekt für neue Grundlastzentrale mit Totalenergieanlage
1987	Bau Etappe II (Energiezentrale Postgasse mit Totalenergieanlage)
1989	Ersatz Kessel 1 in Spitzenlastzentrale durch neuen Low-Nox-Kessel
1991	Ersatz Kessel 2 in Spitzenlastzentrale durch neuen Low-Nox-Kessel und zweites Blockheizkraftwerk in Grundlastzentrale
1994	Einbau der zweiten Wärmepumpe vorgesehen

Tabelle 1. Übersicht über Realisierungszeitraum

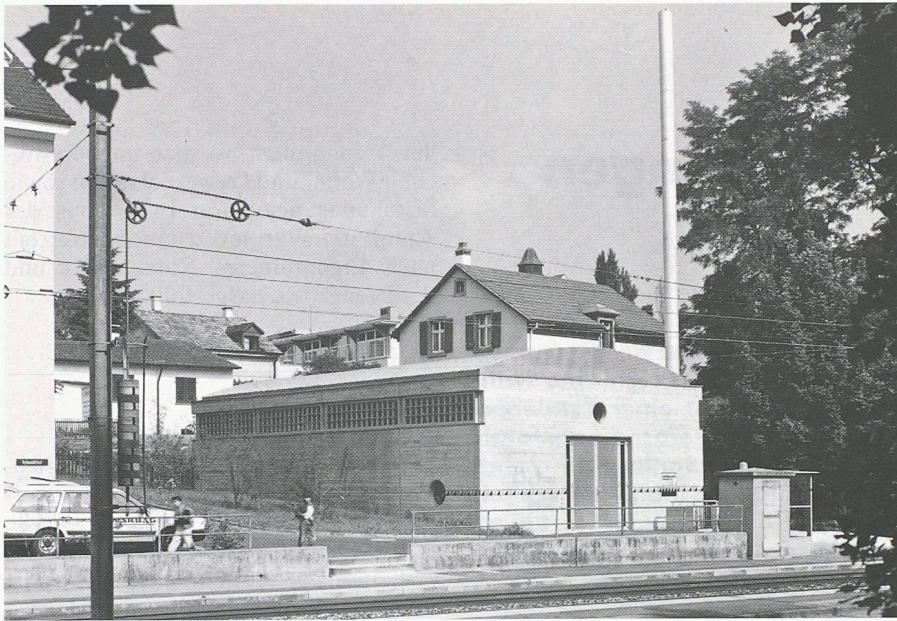


Bild 1. Gebäude für Grundlastzentrale

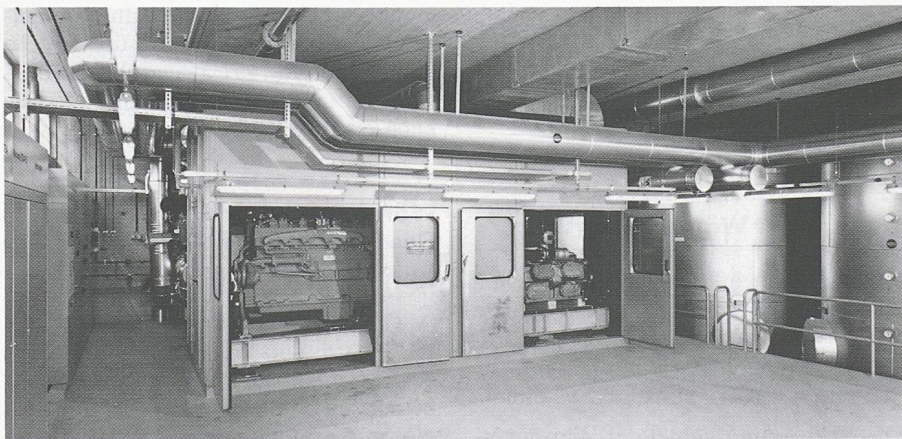


Bild 3. Totalenergieanlage

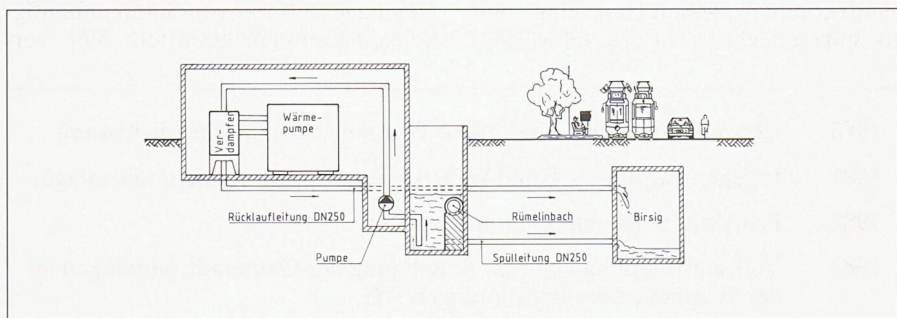


Bild 4. Schema Wasserfassung

zichten aus Gründen der Übersichtlichkeit auf eine nach Betriebsarten unterteilte Darstellung der Ergebnisse und beschränken uns auf die Gesamtproduktion der Totalenergieanlage.

Als Vergleich zu den gemessenen Werten der Totalenergie-Anlage (TEA) wurde die auf Grund der Planung erwartete Soll-Produktion berechnet und in den Diagrammen eingezeichnet. Die Soll-Wärmeproduktion der TEA-Anlage wurde für jeden Tag auf Grund des effektiven Wärmebedarfs und der gemessenen Leistungen für GMWP, EWP und BHKW ermittelt. Die über das Leitsystem vorgegebenen täglichen (z.B. BHKW-Betrieb in Spitzentarifzeit) und jahreszeitlichen (z.B. EWP-Betrieb im Sommer) Betriebsarten der TEA-Anlage wurden ebenfalls berücksichtigt.

Die Summenhäufigkeit der Wärmeproduktion der Gesamtanlage sowie die

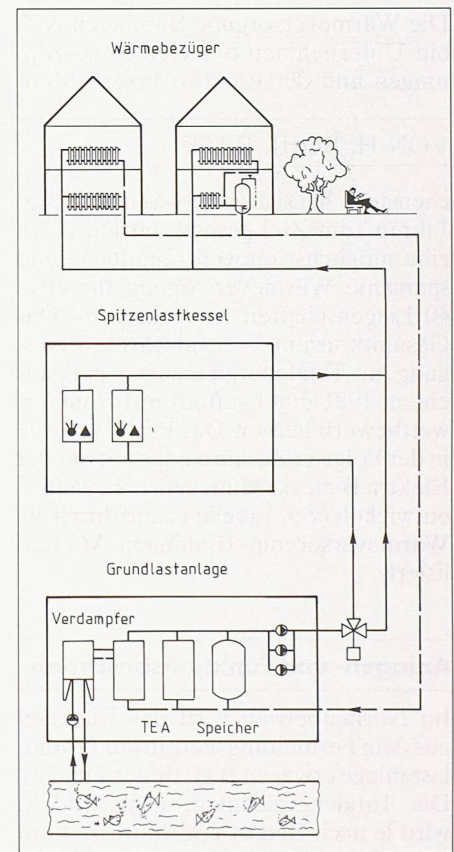


Bild 2. Vereinfachtes Prinzipschema

Wärmeverteilnetz, Energieverbrauch		
Anzahl Wärmebezüger		40
Abonnierte Leistung	kW	4 625
Wärmeverkauf	MWh/Jahr	7 500
Stromproduktion	MWh/Jahr	1 530
Trassellänge (inkl. Hausanschlüsse)	m	2 150

Tabelle 2. Technische Daten

Anlagedaten		
TEA-Anlage (1987)	Qth	= 600–850 kW
EWP	Qth	= 370–620 kW
BHKW	Qth	= 245 kW
	Qel	= 134 kW
		= 212 kW
Kälteleistung Verdampfer		
Wassermenge Wärmequelle	72 m ³ /h	
Kesselanlagen	2 x 1.5 MW	
BHKW-Anlage (1991)	Qth	= 600 kW
	Qel	= 280 kW
EWP-Anlage (1994)	Qth	= 370–620 kW

Kurven für den Soll- und Ist-Wert der TEA-Anlagen sind in Bild 6 dargestellt. Die TEA-Anlage lieferte im Jahr 1990 einen Anteil von 60% an die gesamte Wärmeproduktion. Dieses Ergebnis liegt etwa 19% unter dem geplanten Sollwert. Die Ursachen für diese Differenz liegen eindeutig in der schlechten Verfügbarkeit der Anlage im Verlauf des Jahres 1990, da die im Betrieb gemessene Heizzahl der GMWP, die Leistungsziffer der EWP und der Wirkungsgrad des BHKW den Planungs- und Garantiewerten entsprechen. Die Analyse der Störungsprotokolle ergab die folgenden, im Zeitraum der Untersuchungen aufgetretenen, ausserordentlichen Ereignisse.

□ Bedingt durch Probleme bei der Abgasreinigung musste der Gasmotor re-

vidiert werden und war während 2 Monaten ausser Betrieb.

□ Bei heftigen Niederschlägen musste die Wärmepumpe wegen zu starker Verschmutzung des Birsigwassers an etwa 15 Tagen ausser Betrieb genommen werden.

Korrelation der Wärmeproduktion mit den Tagesmitteltemperaturen

Bild 7 zeigt die Korrelation der gesamten Wärmeproduktion (Grund- und Spitzenlastzentrale) mit der Tagesmitteltemperatur. Der Streubereich der Messpunkte lässt sich unterhalb rund 16 °C durch eine Gerade annähern. Oberhalb 16 °C ist die Wärmeproduktion etwa konstant; sie entspricht dann dem

Verbrauch für die Warmwasser-Erzeugung zuzüglich den Verlusten der Fernleitung.

Dieser Zusammenhang erlaubt es, das Summenhäufigkeitsdiagramm der Wärmeproduktion mit einer Temperaturskala zu versehen. Bild 8 zeigt nochmals die Summenhäufigkeit der gesamten Wärmeproduktion. Darin eingezeichnet ist der Soll-Anteil der Totalenergieanlage und die Aufteilung in Warmwasser- und Heizanteil.

Man erkennt aus diesem Diagramm, dass der Bivalenzpunkt (Temperatur unterhalb der die Spitzenlastzentrale in Betrieb kommen) theoretisch bei etwa 9 °C liegt. Der hohe Bivalenzpunkt zeigt, dass ein TEA-Modul für den wachsenden Wärmeverbund zu klein geworden ist.

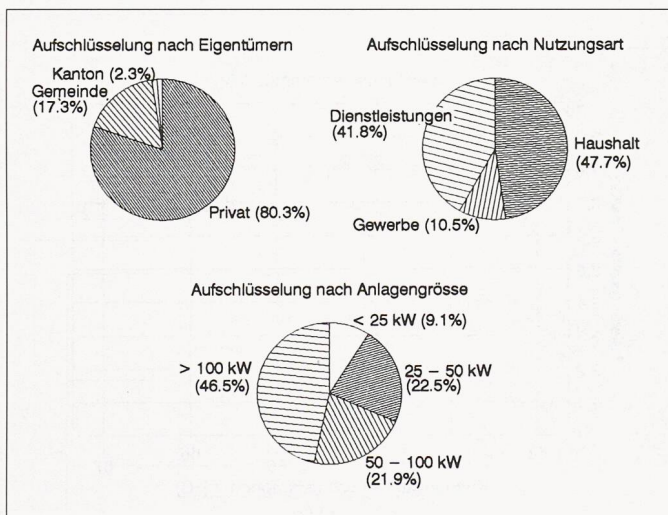


Bild 5. Wärmeverbrauch (1990/1991) nach Eigentümern, Nutzungsart und Anlagengrösse

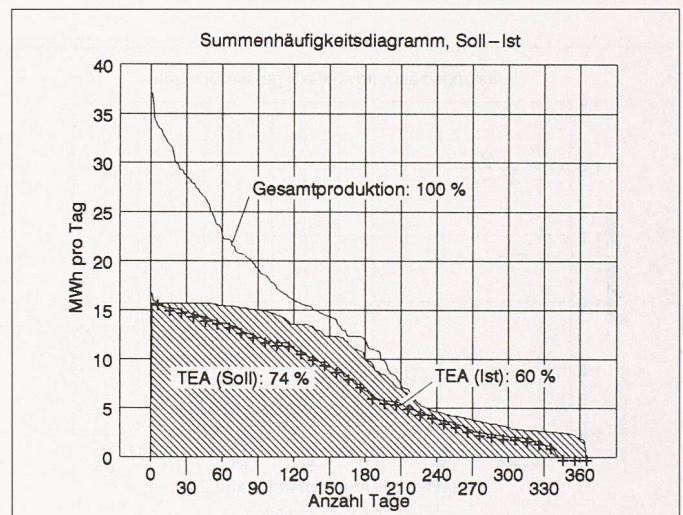


Bild 6. Summenhäufigkeit der Wärmeproduktion im Jahr 1990 für Gesamtanlage, inkl. Spitzenlastkessel sowie der Wärmeproduktion der TEA-Anlage (Soll- und Ist-Wert)

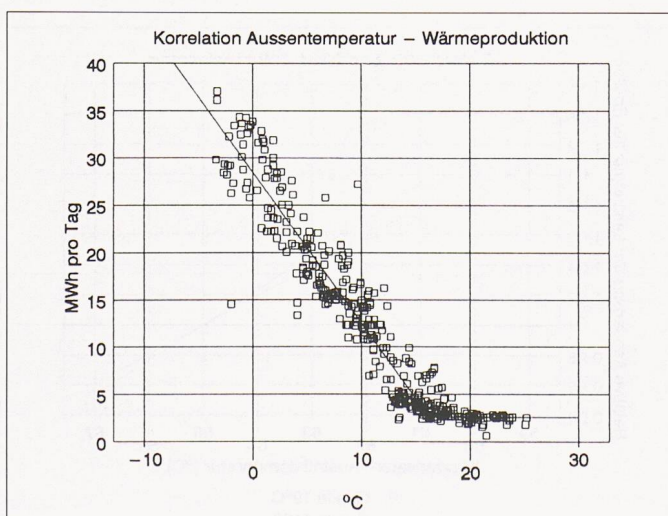


Bild 7. Korrelation Wärmeproduktion mit Tagesmitteltemperatur

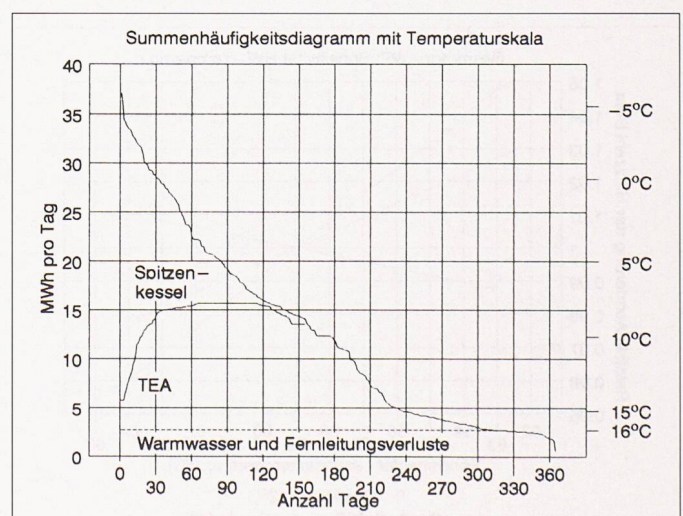


Bild 8. Summenhäufigkeit der Wärmeproduktion im Jahr 1990 für Gesamtanlage inkl. Spitzenlastkessel sowie der Wärmeproduktion der TEA-Anlage mit Temperaturskala für Tagesmitteltemperatur

Übersicht der durchgeführten Messungen zur Ermittlung von Anlagenkennzahlen

Die erreichbaren Anlagenkennzahlen in den verschiedenen Betriebsarten hängen von mehreren Auslegungsparametern ab. Insbesondere variiert die

Leistungsziffer bzw. die Heizzahl im Wärmepumpenbetrieb stark nach der zur Verfügung stehenden Quellentemperatur. Ebenso ist sie abhängig vom verlangten Temperaturniveau im Heizkreislauf.

Ein weiterer Einfluss ergibt sich durch das Anfahrverhalten des Gasmotors

und der Wärmepumpe. Beide geben nicht sofort nach dem Start ihre volle Leistung ab. Bei kurzen Laufzeiten ist deshalb die Leistungsziffer bzw. die Heizzahl kleiner als im stationären Betrieb. Es muss daher ein Speicher vorgesehen werden, der eine gewisse Mindestlaufzeit der Anlage gewährleistet.

In der Tabelle 3 sind die durchgeführten Betriebsversuche zusammengestellt.

Anlage	Anlagenkennzahl	Parameter
BHKW	Wirkungsgrad (elektrisch/thermisch)	Vorlauftemperaturen
GMWP	Heizzahl	Vorlauftemperaturen Quellentemperatur Drehzahl
EWP	Leistungsziffer	Anfahrverhalten Vorlauftemperatur Quellentemperatur Anfahrverhalten

Ergebnisse der Messungen für Heizzahl (GMWP) und Leistungsziffer (EWP)

Heizzahl der GMWP in Abhängigkeit von Kondensations- und Quellentemperatur

Die Abhängigkeit der Heizzahl von der Kondensationstemperatur und der Quellentemperatur ist in Bild 9 darge-

Tabelle 3. Übersicht über die durchgeführten Versuche

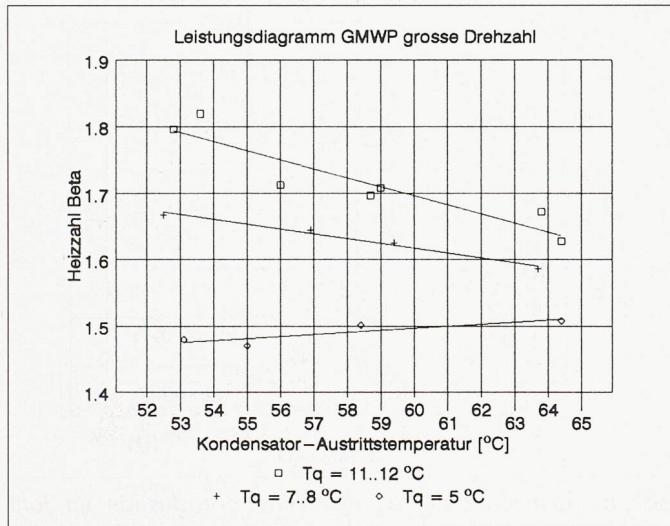


Bild 9. Heizzahl GMWP als Funktion der Kondensationstemperatur mit Quellentemperatur als Parameter

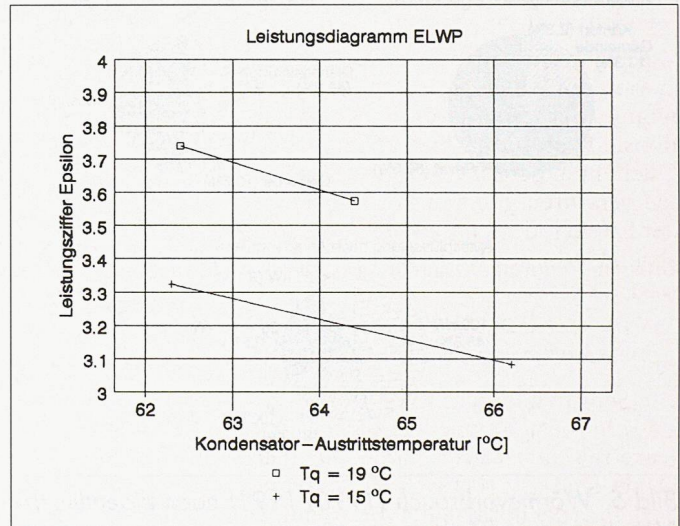


Bild 10. Leistungsziffer der EWP als Funktion der Kondensationstemperatur mit Quellentemperatur als Parameter

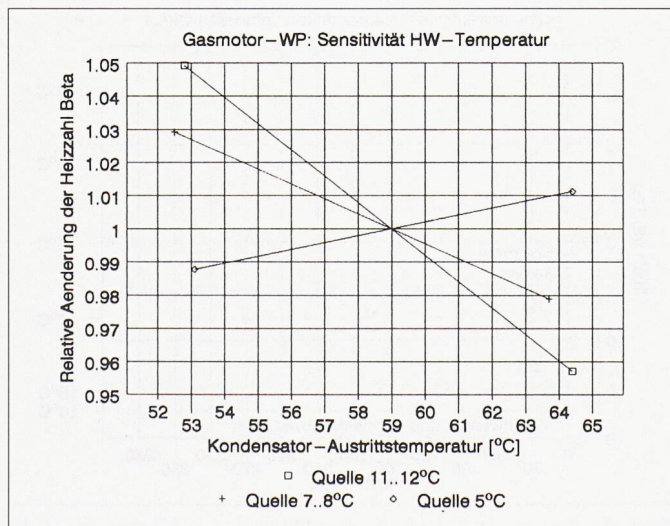


Bild 11. Relative Änderung der Heizzahl (GMWP) bei Variation der Kondensationstemperatur mit Quellentemperatur als Parameter

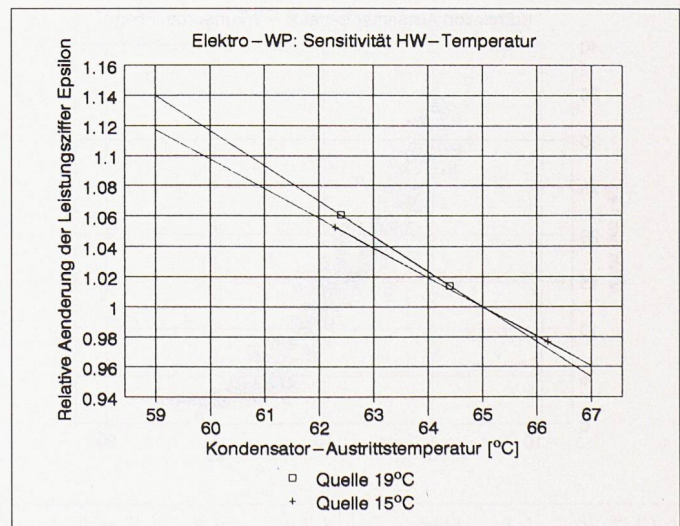


Bild 12. Relative Änderung der Leistungsziffer (EWP) bei Variation der Kondensationstemperatur mit Quellentemperatur als Parameter

stellt. Die Vorlauftemperatur des Heizwasserkreislaufs liegt wegen des nachgeschalteten Wärmetauschers für das Motorkühlwasser und die Abgaswärme etwa 5–6 °C höher. Die Heizzahl entspricht im Auslegungspunkt dem Planungs- und Garantiewert. Interessant ist, dass bei tiefer Quelltemperatur die Heizzahl kaum mehr von der Kondensationstemperatur abhängt.

Leistungsziffer der EWP in Abhängigkeit von Kondensations- und Quelltemperaturen

Analog zum Gasmotor-WP-Betrieb ist in Bild 10 der gleiche Zusammenhang für die Elektro-Wärmepumpe aufgetragen. Da diese Messungen nur während der Sommerzeit durchgeführt wurden (um den Anlagenbetrieb nicht zu stark zu stören), konnte die Quelltemperatur nicht in so weiten Grenzen variiert werden wie bei der Gasmotor-Wärmepumpe. Das gleiche gilt – als Folge des kleinen Wärmebedarfs – auch für die Kondensationstemperatur.

Die Figur zeigt qualitativ wiederum die erwarteten Abhängigkeiten. Auch hier nimmt der Einfluss der Kondensationstemperatur ab bei abnehmender Quelltemperatur. Da die Quelltemperaturen generell hoch liegen, ist der Effekt indessen weniger ausgeprägt als im Gasmotor-Betrieb.

Sensitivität bezüglich Variation des Temperaturniveaus im Heizkreislauf

Die Sensitivität im GMWP-Betrieb bezüglich des Temperaturniveaus im Heizkreislauf ist aus Bild 11 ersichtlich. Dabei sind die relativen Änderungen bezüglich des normalen Arbeitspunktes aufgetragen, der bei etwa 59 °C liegt (entsprechend rund 65 °C Vorlauftemperatur).

Bei 11 bis 12 °C Quelltemperatur erhöht sich die Heizzahl um etwa 4%, wenn die Kondensationstemperatur um 5 °C gesenkt wird. Bei einer Quelltemperatur von 7 bis 8 °C beträgt die Erhöhung im gleichen Fall nur noch knapp 2,5%. Sinkt die Quelltemperatur auf 5 °C, so bringt eine Reduktion der Kondensationstemperatur keinen messtechnischen erfassbaren Gewinn mehr.

Bild 12 zeigt das gleiche Diagramm für den Betrieb als Elektrowärmepumpe. Der normale Arbeitspunkt wurde wie bei der Gasmotor-Wärmepumpe bei einer Vorlauftemperatur von 65 °C angenommen, was nun aber einer Kondensationstemperatur von ebenfalls 65 °C entspricht.

Das Temperaturniveau hat hier einen wesentlich grösseren Einfluss als im Gasmotor-Betrieb: Bei 19 °C Quelltemperatur erhöht sich die Leistung um fast 12%, wenn die Kondensationstemperatur um 5 °C gesenkt wird. Bei einer Quelltemperatur von 15 °C beträgt die entsprechende Erhöhung noch knapp 10%.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Eine weitere Reduktion des Temperaturniveaus im Heizwasserkreislauf bringt nur im Sommer eine wesentliche Verbesserung der Energieausbeute. Dies vor allem im Betrieb als Elektrowärmepumpe, wo die Verbesserung pro 5 °C Temperaturreduktion in der Grössenordnung von 10% liegt. – Im Winter (Gasmotor-Betrieb, tiefe Quelltemperatur) ist durch eine Reduktion des Temperaturniveaus keine energetische Verbesserung erreichbar.

Sensitivität bezüglich Variation der Quelltemperatur

Bild 13 zeigt, wie sich die Heizzahl der Gasmotor-Wärmepumpe verändert,

wenn die Quelltemperatur variiert wird. Die Änderungen sind um einen mittleren Arbeitspunkt dargestellt, der zwischen 7 und 8 °C angenommen wurde. Kurvenparameter ist die Kondensator-Austrittstemperatur, die etwa 5 bis 6 °C unter der Vorlauftemperatur liegt.

Eine Temperaturerhöhung von 8 °C auf 11 °C ergibt je nach Kondensationstemperatur eine Verbesserung der Heizzahl um 3% bis 6%. Eine Temperaturerniedrigung von 8 °C auf 5 °C führt zu einer Einbusse von 5% bis 11%.

Bild 14 zeigt den gleichen Zusammenhang für die Elektrowärmepumpe. Als mittlerer Arbeitspunkt wurde eine Quelltemperatur im Sommer von 15 °C angenommen. Eine Erhöhung der Quelltemperatur von 15 °C auf 18 °C verbessert hier die Leistungsziffer um etwa 11%.

Generell übt also – wie zu erwarten war – die Quelltemperatur einen höheren Einfluss auf die Energieausbeute aus als das Temperaturniveau des Heizkreislaufs. Eine Variation der Quelltemperatur um nur 3 °C kann, je nach Betriebsart und Arbeitspunkt, eine Änderung der Energieausbeute von über 10% hervorrufen.

Aus diesem Grunde ist es richtig, in der kältesten Jahreszeit vorwiegend in der Betriebsart «Blockheizkraftwerk» zu fahren und den Wärmepumpenbetrieb in die Übergangszeit zu verlagern.

Auswirkung des Anfahrverhaltens auf Heizzahl und Leistungsziffer

Die Anfahrversuche sollen Antwort geben auf die Frage, wieviel Energie bei kurzen Laufzeiten verloren geht durch das Anfahrverhalten des Gasmotors und der Wärmepumpe. Zu diesem

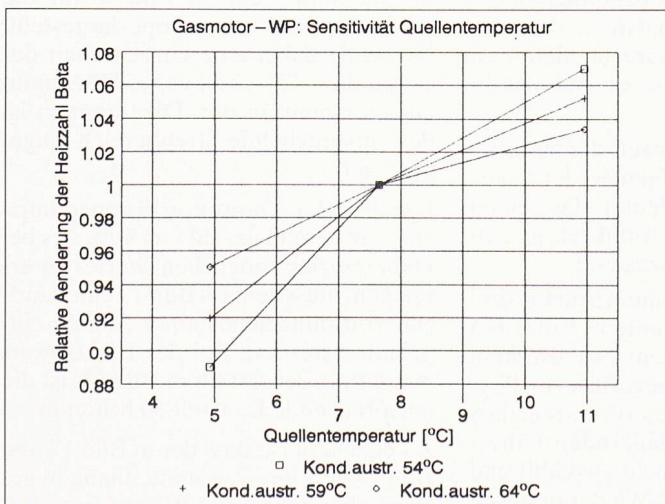


Bild 13. Relative Änderung der Heizzahl (GMWP) bei Variation der Quelltemperatur mit Kondensationstemperatur als Parameter

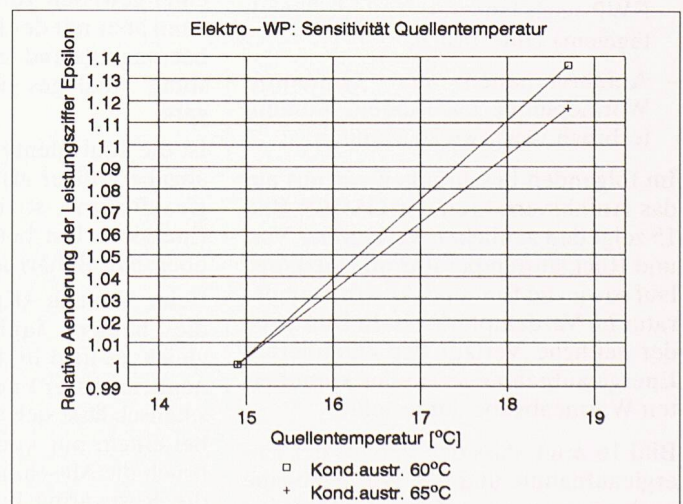


Bild 14. Relative Änderung der Leistungsziffer (EWP) bei Variation der Quelltemperatur mit Kondensationstemperatur als Parameter

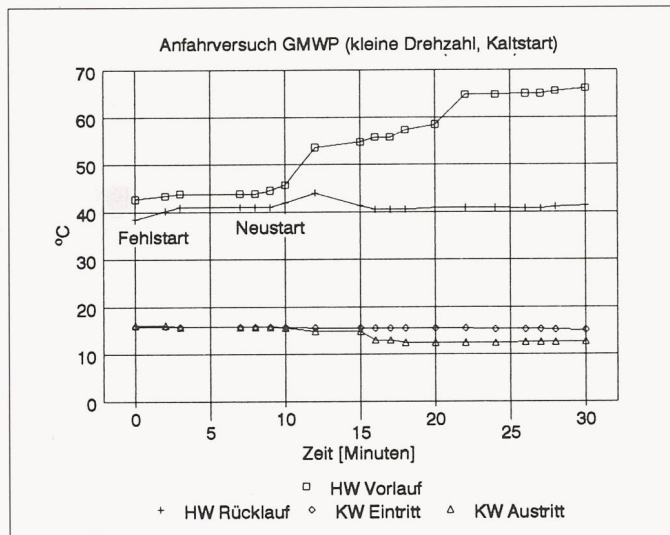


Bild 15. Anfahrverhalten der GMWP nach mind. 1-tägigem Stillstand, Temperaturverluste

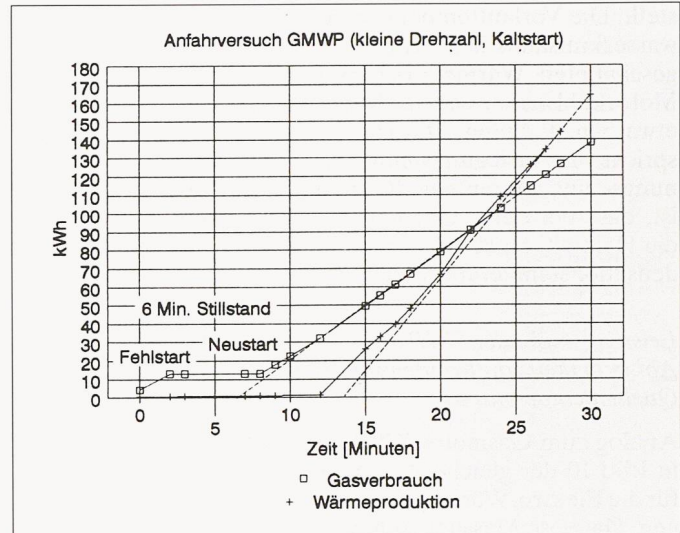


Bild 16. Anfahrvorgang der GMWP nach mind. 1-tägigem Stillstand, Verlauf der Energieaufnahme und der Wärmeabgabe

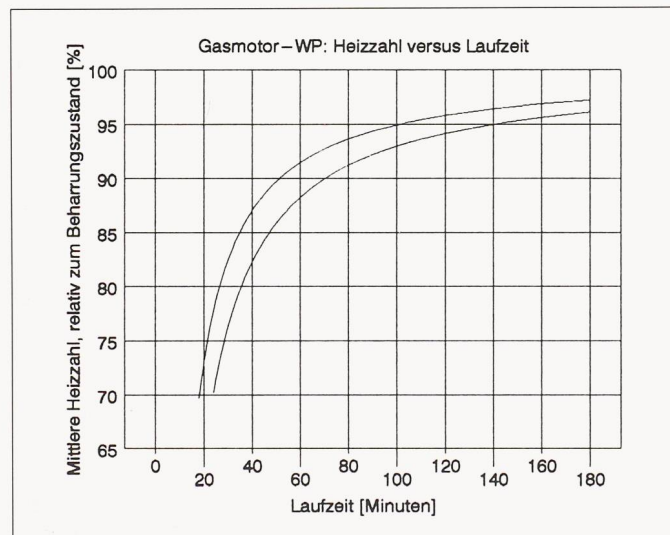


Bild 17. Relative mittlere Heizzahl der GMWP in Abhängigkeit der Laufzeit bei einer Auskühlzeit von 1 Tag

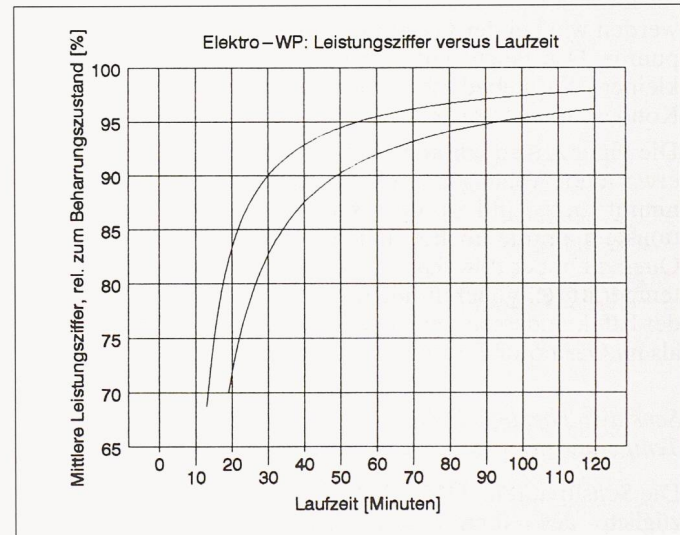


Bild 18. Relative mittlere Leistungsziffer der EWP in Abhängigkeit der Laufzeit bei einer Auskühlzeit von 1 Tag

Zweck wurden folgende Versuche durchgeführt:

- Anfahrverhalten der GMWP und der EWP nach längerem (mindestens 1-tägigem) Unterbruch.
- Anfahrverhalten der Gasmotor-Wärmepumpe nach einem Kurzunterbruch von etwa 20 Minuten.

Im folgenden beschränken wir uns auf das Anfahrverfahren der GMWP. Bild 15 zeigt den zeitlichen Verlauf der Vor- und Rücklauftemperatur im Heizkreislauf sowie die Ein- und Austrittstemperatur im Verdampferkreis. In Bild 16 ist der zeitliche Verlauf der kumulierten Energieaufnahme sowie der kumulierten Wärmeabgabe dargestellt.

Bild 16 zeigt, dass der Verlauf der Energieaufnahme und der Wärmeabgabe nach einer gewissen Zeit einer Geraden folgt (konstante Leistung). Wenn diese Geraden rückwärts verlängert werden, erhält man äquivalente Totzeiten der

Energieaufnahme und der Wärmeabgabe. Die Anlage verhält sich so, wie wenn die Energieaufnahme erst nach einer gewissen Totzeit begonnen hätte, dann aber mit der konstanten, dem Beharrungszustand entsprechenden Leistung. Analoges gilt für die Wärmeabgabe.

Ist die äquivalente Totzeit der Wärmeabgabe grösser als diejenige der Energieaufnahme, so bedeutet dies einen Energieverlust beim Anfahren gegenüber dem Beharrungszustand.

Beim Versuch «Kurzunterbruch» sind die beiden äquivalenten Totzeiten gleich; es liegt in diesem Fall also kein nennenswerter Energieverlust vor. Physikalisch lässt sich dies so erklären, dass bei einem nur kurz dauernden Unterbruch die Maschine nicht auskühlt und die Restwärme beim Wiederanfahren noch genutzt werden kann.

Mit dem Konzept der äquivalenten Totzeit lässt sich ermitteln, wie die mittlere

Heizzahl bzw. Leistungsziffer von der Laufzeit abhängt. Dieser Zusammenhang ist in Bild 17 für die Gasmotor-Wärmepumpe und in Bild 18 für die Elektromotorwärmepumpe dargestellt. Es wurde dabei eine Unsicherheit der ermittelten Totzeiten von $\pm 1/2$ Minute angenommen; in den Diagrammen ist der entsprechende Streubereich eingezeichnet.

Um bei der Gasmotor-Wärmepumpe eine mittlere Heizzahl von 90% des bei Dauerbetrieb möglichen Wertes zu erreichen, muss gemäss Bild 17 eine Laufzeit von mindestens einer Stunde eingehalten werden. Bei der Elektrowärmepumpe, dargestellt in Bild 18, ist die entsprechende Laufzeit 30 Minuten.

Zu beachten ist, dass der in Bild 17 und Bild 18 gezeigte Zusammenhang in gewisser Hinsicht eine «Worst-Case»-Betrachtung darstellt. Es wurde angenommen, dass die Maschine zwischen den Einschaltzeiten praktisch vollständig

auskühlt. In Wirklichkeit sind die Ausschaltzeiten aber meist kurz genug, so dass beim Wiederanfahren noch ein Teil der Restwärme genutzt werden kann. Die mittlere Heizzahl bzw. Leistungsziffer wird also eher höher liegen, als in den Diagrammen dargestellt.

Erkenntnisse aus den Messergebnissen und den Betriebserfahrungen

Messungen und Betriebserfahrung haben gezeigt, dass die geplanten Leistungszahlen und der Gesamtwirkungs-

grad der TEA-Anlage im Normalbetrieb erreicht wird.

Die Verfügbarkeit der Anlage wurde in der Planung überschätzt. Der Betrieb hat gezeigt, dass die Tandemanlage (Motor, Generator und Kompressor auf einer Welle) recht störungsanfällig ist. Für den weiteren Ausbau wird deshalb eine Zwillingsanlage bestehend aus BHKW und Elektrowärmepumpe eingesetzt. Der um etwa 2–3% tiefere momentane Gesamtwirkungsgrad der Zwillingsanlage wird, über das Jahr gesehen, durch die bessere Verfügbarkeit mehr als wettgemacht.

Literatur

[1] NEFF Bericht Nr. 399

Adressen der Verfasser: *H. Böhi*, dipl. Ing. ETH, Gruneko AG, Ingenieure für Energiewirtschaft, Münchensteinerstrasse 43, 4002 Basel; und *M. Blatter*, dipl. Ing. ETH/Energieingenieur NDS, Weiermattstrasse 8, 4153 Reinach

Die Autoren danken an dieser Stelle der Wärmeversorgung Binningen AG, der Elektra Birseck Münchenstein und dem NEFF für die technische und finanzielle Unterstützung.

Concours: Reconstruction du Marché Couvert à Bulle FR

La Ville de Bulle a organisé un concours de projets pour la reconstruction du Marché Couvert. Ce concours était ouvert aux architectes domiciliés ou établis avant le 1^{er} janvier 1993 dans le canton de Fribourg ou originaires de ce canton et inscrits au Registre des personnes autorisés dans le canton ou ils exercent leur activité. En outre six bureaux d'architecture ont été invités à participer au concours. 43 projets ont été remis dans les délais. Résultats:

1^{er} prix (16 000 fr. avec mandat pour la poursuite des études): O. Galetti, C. Matter, Y. Jacot

2^e prix (13 000 fr.): Regina et Alain Gonthier, Bern; collaborateur: Velimir Miksaj; Dr. Gustave Marchand, ing.

3^e prix (10 000 fr.): Geneviève Bonnard et Denis Voeffray, Monthey; collaboratrice: Alexandra Poltri

4^e prix (9000 fr.): Bernard Verdon, Eric Giroud, Lausanne

5^e prix (7000 fr.): AAF, Thomas Huber, Claude Schroeter, Jean-Paul Chablais, André Lanthemann, Philippe Schorderet, Fribourg

6^e prix (6000 fr.): Erhard Roggo, Olten; projet: Fredi Anker; collaborateurs: Mirjam Stricker, Reto Meier, Ralph Troll

7^e prix (5000 fr.): Basel Farra et Oliver Fazan-Magi, Lausanne

8^e prix (4000 fr.): Association des bureaux: Lalteltin S.A.; Linder & Zuehlke & Ass. S.A.; M. Aebicher, J.-F. Monnerat, E. Lateltin, M. Berto-Huser, Fribourg

Architectes dans le jury: Charles-Henri Lang, architecte cantonal, Fribourg, Jean-Michel Baechler, Fribourg, Fonso Boschetti, Lausanne, Claudine Lorenz, Monthey, Livio Vacchini, Locarno, Siro Bernasconi, Lausanne.

Données de base

Situés à l'entrée ouest de la Ville de Bulle, le Marché Couvert et la Place des Albergeux constituent une maille du tissu urbain dont les limites et les fonctions sont très précises.

C'est en 1908 que fut construit l'actuel Marché Couvert. Destiné à répondre aux besoins des éleveurs de promouvoir des produits dont la qualité allait croissante, il a été implanté sur un site à l'interface entre la ville et la campagne. Sa contribution au développement régional est importante.

Le bâtiment, dans sa configuration primitive, a la forme d'un carré de 75 m de côté dont le centre est occupé par une cour de près de 3600 m². Une aile a été adjointe à son côté ouest en 1951. Malgré sa qualité, il est devenu obsolète. La dimension de ses espaces ainsi que leurs équipements ne correspondent plus aux besoins actuels. Il sera par conséquent démolé.

Le but du présent concours est de requalifier un lieu marquant une des entrées dans la zone la plus dense de la Ville de Bulle, en lui conférant une nouvelle échelle, en précisant ses limites et ses éléments significatifs.

Il s'agit de réaliser un espace dont les destinations principales seraient la tenue des marchés aux bestiaux et l'accueil du Comptoir gruérien. La nouvelle structure devra en outre être apte à accueillir des activités culturelles et sociales.

L'organisateur souhaite que les concurrents intègrent dans leur démarche de projet la notion d'économie, et plus précisément:

- une occupation rationnelle du terrain à disposition.
- Une conception claire et rationnelle du système constructif.
- Une prise en compte globale des problèmes d'exploitation (flexibilité des espaces, diversité des utilisations possibles, éclairages et ventilations naturels)

Programme des locaux

Halle d'expositions: halles rez., 3400 m², halles autres niveaux 3000 m², pesage et taxation 150 m², halle de présentation 2500 m², traite/lavage 250 m², stockage, bureaux; *équipements communs:* hall, restaurant 600 m², cuisine 400 m², office, stockage, buvette 230 m²; *aménagements extérieures:* surface d'expositions couvertes, parking, dégagement extérieur.