

# Verbrennungsmotor-Wärmepumpen: Anwendung in Heizzentralen

Autor(en): **Bitterli, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **104 (1986)**

Heft 16

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76136>

## **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.

anstalt für Wasserbau der ETH Zürich (VAW) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umweltschutz (BUS) durchgeführt wird. Dabei sollen die heute bekannten Formen solcher Bauwerke im Hinblick auf eine vermehrte Anwendung in der schweizerischen Kanalisationstechnik gezielt vereinfacht, verbessert, möglichst standardisiert und praxisnah beschrieben werden.

Insbesondere bei schiessendem Zufluss sollen die als kritisch erkannten Elemente einer rechnerischen und experimentellen Prüfung unterzogen werden.

Dabei sollen ausser den rein hydraulischen Gesichtspunkten auch solche der Bautechnik, des Betriebes und der Wirtschaftlichkeit Eingang finden.

Ein erster Schritt bestand in der erwähnten Feldkampagne [6]. Aufgrund dieser Erfahrungen wird nun der experimentelle und rechnerische Teil durchgeführt. In einem aufwendigen, aber dafür räumlich variablen Modell (Bild 14) werden Strömungen in Drallkammern mit schiessendem Zufluss untersucht und im Hinblick auf die Bedürfnisse der Praxis ausgewertet.

Adressen der Verfasser: M. Kellenberger, dipl. Bauing. ETH, und Dr. P. Volkart, dipl. Bauing. ETH/SIA, Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich, 8092 Zürich.

All jenen gebührt besonderer Dank, die ihre Einwilligung zur Begehung an Ort und Stelle gegeben haben, sowie den Vertretern des Bundesamtes für Umweltschutz - insbesondere dem Sachbearbeiter D. Becher -, die direkt an diesem Forschungsprojekt beteiligt sind.

## Verbrennungsmotor-Wärmepumpen

### Anwendung in Heizzentralen

Bei Wärmepumpen ist nach der verwendeten Antriebsenergie zu unterscheiden zwischen elektrischen Wärmepumpen und Verbrennungsmotor-Wärmepumpen. Für elektrische Grosswärmepumpen ist die benötigte Anschlussleistung aus netztechnischen Gründen nicht überall erhältlich. Zudem muss in der Schweiz praktisch jeder weitere Strombedarf aus nuklearen Anlagen gedeckt werden, die nicht unumstritten sind. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf Anwendungsbeispiele mit Dieselmotorwärmepumpen (DMWP) und Gasmotorwärmepumpen mit Heizleistungen zwischen 200 und 800 kW pro Einheit. Bei Bedarf lassen sich mehrere Einheiten parallel schalten.

#### Funktion

Unter Ausnutzung einer Umweltwärmequelle, z. B. gereinigtes Abwasser nach Kläranlagen, Prozessabwärme, Grundwasser, Oberflächenwasser oder Luft wird im thermischen Kreisprozess Heizwärme auf ein höheres Niveau gebracht (Bild 1). Die dabei erreichbare Heizzahl  $\epsilon$  bezeichnet das Verhältnis

zwischen Nutzenergie und Antriebsenergie. Installierte Anlagen mit Verbrennungsmotor-Wärmepumpen erreichen heute Heizzahlen  $\epsilon$  von 1,6 bis 1,8. Ein guter Heizkessel erreicht einen Betriebswirkungsgrad von rund 90%, d.h. eine Motorwärmepumpe verbraucht für die gleiche Nutzenergie nur etwa die Hälfte der Primärenergie im Vergleich zum Heizkessel.

### Anwendungsfälle

Die Möglichkeiten und Anwendungsgebiete von Diesel- und Gasmotorwärmepumpen sind noch wenig bekannt, obschon in der Schweiz etwa 40 Anlagen in Betrieb stehen, zum Teil seit mehreren Jahren. Das Potential für sinnvolle und wirtschaftliche Anwendung von Heizmaschinen dieser Art liegt ohne Zweifel sehr viel höher.

Motorwärmepumpen kommen in Neubauten wie auch bei Heizungssanierungen in bestehenden Überbauungen dank ihrer räumlichen Flexibilität und den erreichbaren Heizwassertemperaturen als vorteilhafte Alternative in Frage. Hydraulisch lassen sie sich praktisch in jede bestehende Heizanlage integrieren. Wo im Sommer und im Winter grössere Warmwassermengen benötigt werden, wie in Hotels, Restaurants, Schwimmbädern und in gewissen Indu-

Bild 1. Energieflussdiagramm einer Gasmotorwärmepumpe

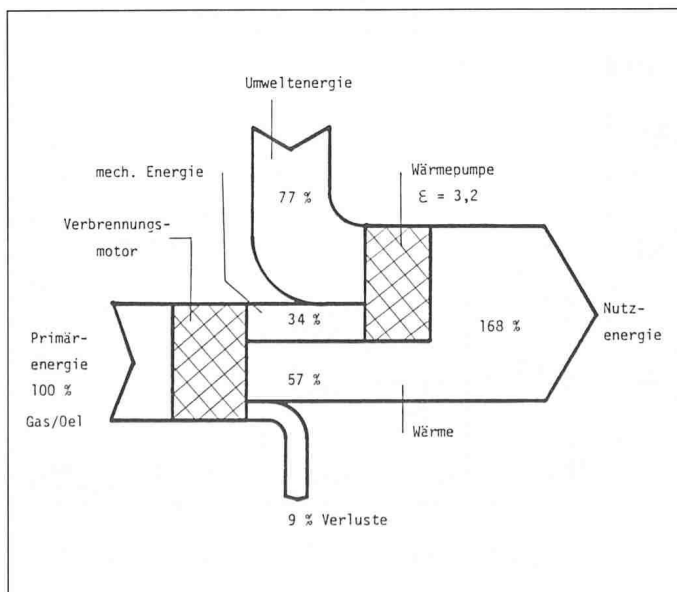
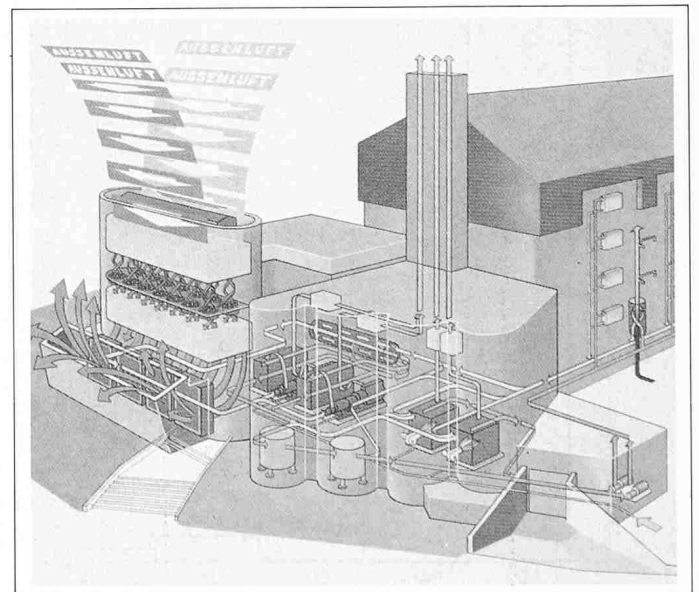


Bild 2. Nachträglich angebaute Heizzentrale mit Gasmotorwärmepumpe, Umweltenergiequelle Aussenluft



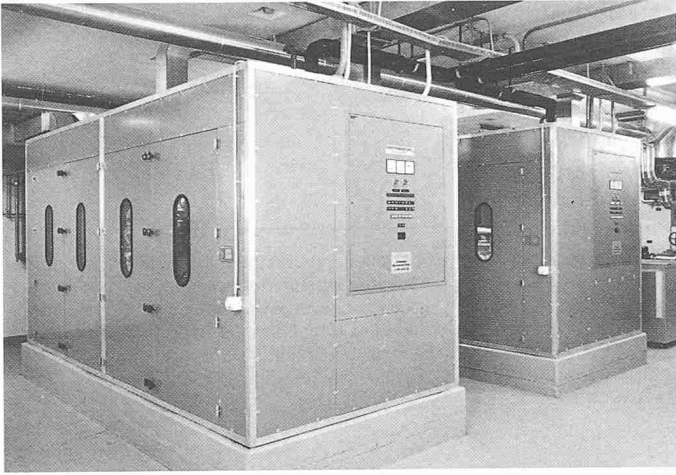


Bild 3. Zwei Gasmotorwärmepumpen mit Schutzhauben

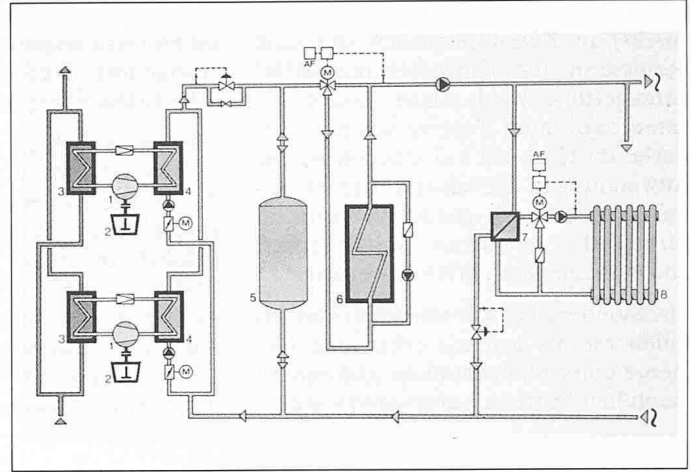


Bild 4. Heizzentrale mit Gasmotorwärmepumpe, Schema

striebetrieben, bringen solche «Heizmaschinen» eine verbesserte Energienutzung (Bild 2). Für eine optimale Anwendung von GMWP und DMWP sollten folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die minimale Heizleistung eines Moduls beträgt 200 kW, d.h. für Objekte, die eine Heizleistung von 400 oder mehr kW erfordern, ist die Anwendung von Motorwärmepumpen interessant;
- Eine der aufgezählten Umweltwärmequellen sollte mit vertretbarem

Aufwand erschlossen werden können;

- Wenn die bestehende Heizanlage ein Alter von 12 oder mehr Jahren aufweist, so wird die Wirtschaftlichkeit von Verbrennungsmotorwärmepumpen deutlich verbessert, da die alte Anlage als abgeschrieben betrachtet werden kann.

Insbesondere für Sanierungsobjekte sind Dieselmotor- und Gasmotorwärmepumpen eine prüfungswerte Variante

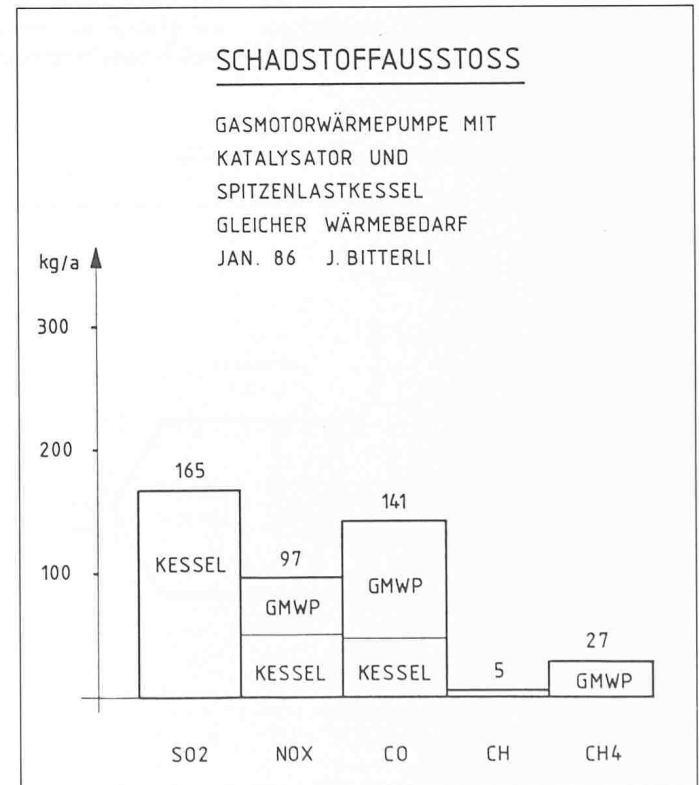
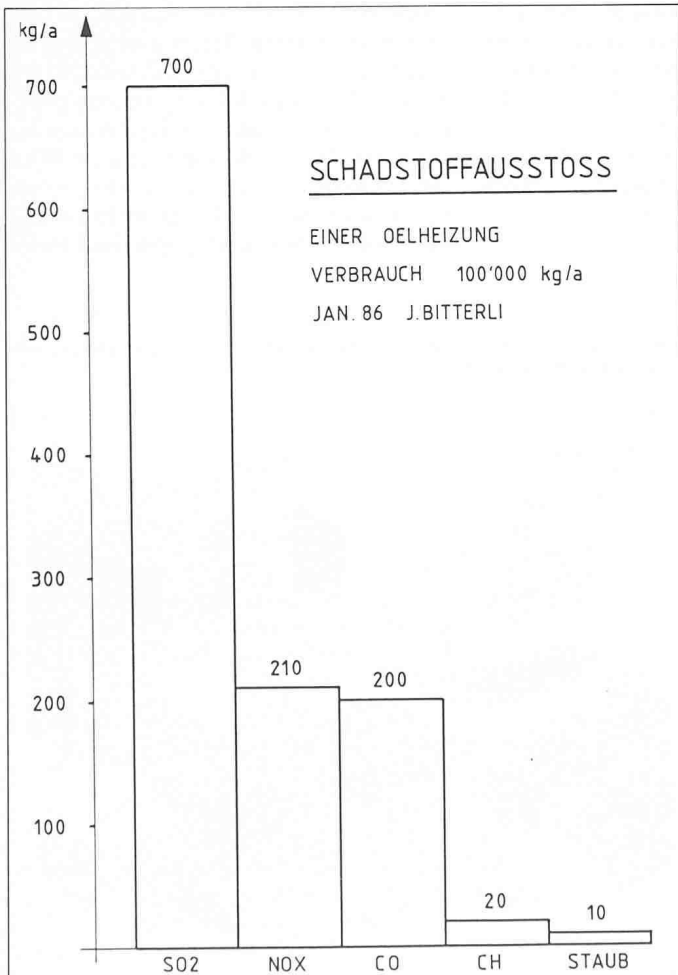
für eine sofort wirksame Reduktion des Brennstoffverbrauchs bei gleichzeitiger Umweltentlastung (Bilder 3 bis 5).

**Beispiel 1: Überbauung**

In der Überbauung Kilchmatt in Muttenz BL ist eine Gasmotorwärmepumpe für die Warmwassererzeugung und Heizung in Betrieb. Als Umweltwärmequelle dient Aussenluft. Mit geringem Aufwand ist die Maschine in eine bestehende Heizanlage integriert worden. Die maximale Heizleistung beträgt 280 kW. Um den Aufwand für das periodi-

Bild 5 (links). Schadstoffausstoss bei Ölheizung

Bild 6. Schadstoffausstoss bei Gasmotorwärmepumpe und ölgefeuerten Spitzenlastkessel



sche Abtauen der Verdampfer in Grenzen zu halten und um einen günstigen Gastarif zu erreichen, wird die Anlage bei Aussentemperaturen unter  $-4^{\circ}\text{C}$  stillgelegt. Unter diesen Verhältnissen sowie zur Spitzenlastdeckung dient die bestehende Kesselanlage. Diese Installation erlaubt eine um 30% bessere Energienutzung gegenüber dem reinen Kesselbetrieb. Die Amortisationsdauer für die Mehrinvestitionen beträgt sieben Jahre.

### Beispiel 2: Laden-Neubau

Beim Neubauobjekt Migros Claraplatz in Basel ist die Wärmequelle Grundwasser, das ohnehin zu Kühl- und Löschzwecken in das Gebäude geführt werden musste. Das Grundwasser wird auf dem eigenen Areal gefasst und auch wieder versickert. Die Abkühlung beträgt maximal  $6^{\circ}$ . Die zweistufige Gasmotorwärmepumpe deckt mit einer maximalen Heizleistung von 510 kW 80% des gesamten Wärmebedarfs. Dieses Konzept ergibt eine um 36% bessere Energienutzung gegenüber dem reinen Kesselbetrieb. Die Mehrkosten im Vergleich zu einem Anschluss an das Fernheiznetz amortisieren sich innert acht Jahren. Die Anlage steht im dritten Betriebsjahr.

### Beispiel 3: Sanierungskonzept

Auf dem Areal der Basler Mission in Basel kommt ein umfassendes Sanierungskonzept zur Verwirklichung. Fünf alte Heizzentralen in verschiedenen Gebäuden werden in einer Nahwärmeversorgung zusammengefasst. Eine Gasmotorwärmepumpe deckt 75% des Jahreswärmebedarfes für Heizung und Warmwassererzeugung. Als Wärmequelle dient Grundwasser. Zur Deckung der Spitzenlast sowie im Notfall dient ein neuer Ölheizkessel. Diese Art der Sanierung – die in vielen vergleich-

baren Objekten in Betracht kommen kann – ermöglicht eine um 34% bessere Energienutzung gegenüber einer neuen konventionellen Wärmeerzeugungsanlage. Die Amortisation der Mehrinvestitionen ist – bei einer Energieteuerung von 2% pro Jahr – innert 8,5 Jahren möglich. Dank einem geregelten Dreiweg-Katalysator wird zudem eine gute Umweltschonung erreicht.

## Emissionen

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass bei jeder Motorwärmepumpe bereits dank dem reduzierten Primärenergieverbrauch, bezogen auf die Nutzenergie, bedeutend weniger Schadstoffe an die Umwelt abgegeben werden.

### Antrieb mit Gasmotor

Für die Umstellung eines Heizsystems von reiner Ölfeuerung auf das Mischsystem Gasmotorwärmepumpe mit Katalysator und Spitzenlastkessel mit Ölfeuerung ist der Schadstoffausstoss in den Bildern 5 und 6 dargestellt. Bei gleicher Nutzenergie sind die Reduktionen beträchtlich:  $-76\%$  Schwefeldioxid  $\text{SO}_2$ ,  $-54\%$  Kohlenmonoxid  $\text{CO}$ ,  $-30\%$  einfache Kohlenwasserstoffe  $\text{CH}$ . Die stabile  $\text{CH}_4$ -Verbindung ist nach heutiger Erkenntnis für die Umwelt nicht belastend. Die Abgasnormen 1986 und die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung lassen sich problemlos einhalten. Diese Reduktionen sind ein Dienst an der Umwelt und kommen der Volkswirtschaft zugute, was sich leider in keiner Amortisationsrechnung ausdrückt.

### Antrieb mit Dieselmotor

Bei den Dieselmotoren erreicht heute die Vorkammermaschine mit nachgeschaltetem Russfilter die geringsten Emissionen. Leider muss der Umwelt-

vorteil dieser Kombination mit einem Treibstoffmehrverbrauch von rund 10% erkauft werden.

In Zukunft dürften Systeme zur Anwendung kommen, die eine dem Gasmotor ähnliche Abgasreinigung erreichen werden. Entwicklungen und Pilotversuche sind im Gang für Abgasrückführung, Wassereindüsung und für Ammoniak-Katalysatoren. Vorläufig ist der Preis solcher Systeme noch nicht attraktiv genug, um eine rasche Markteinführung zu ermöglichen.

## Verbreitungshemmnisse

Die Gründe für ein Zögern sind verschiedenartig: Neben einem allgemeinem Unbehagen gegenüber «phantastischen» Versprechungen von Ingenieuren und Heizungsplanern bremsen vor allem folgende Punkte die Weiterverbreitung der Verbrennungsmotorwärmepumpen:

- Generelles Misstrauen gegen Wärmepumpentechnologie («Mit einem Heizkessel weiss man, was man hat!»);
- Unvollständige oder falsche Information über die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen;
- Mangelnde Bereitschaft, längerfristige Investitionen auf einem Gebiet zu tätigen, das man – gedanklich und materiell – in den Keller verbannen möchte;
- Mangelnde Erkenntnis, dass bessere Energienutzung aktiver Umweltschutz ist.

Die 40 bestehenden Anlagen sparen pro Jahr umgerechnet 1200 bis 1700 t Öl ein.

Adresse des Verfassers: Jürg Bitterli, Ing. HTL, Büro für Energieberatung, Grellingerstrasse 60, 4052 Basel.

## Mobile Messstation für Luftemissionen und -immissionen

### Die Oertli AG Dübendorf hat eine neue, mobile Messstation für Luftemissionen und -immissionen in Betrieb genommen

Zur Hauptsache wird die Station bei Inbetriebnahmen und periodischen Kontrollmessungen von Heizungsanlagen eingesetzt. Diese sind in der am 1. März 1986 in Kraft getretenen Luftreinhalte-Verordnung LRV vorgeschrieben. Mit dieser Messstation können die notwendigen Messungen nach allgemein anerkannten Normen und LRV-konform vorgenommen werden. Von Vorteil ist,

dass bei Bedarf die Einstellung von Anlagen sofort verändert und die Wirkung dieser Massnahme simultan gemessen werden kann.

Zusätzlich steht die Messstation öffentlichen Ämtern und der Industrie für Expertisenaufträge zur Verfügung. Da sie ausser für Emissions- auch für Immissionsmessungen ausge-

rüstet ist, kann sie beispielsweise die Auswirkungen veränderter Emissionswerte aus Feuerungsanlagen auf die Luft der Umgebung messen.

Die Messstation besteht aus dem Messlabor im Innern des Wagens und einem Energieversorgungsanhänger, der einen netzunabhängigen Betrieb der Messgeräte während etwa 48 Stunden erlaubt.

Der Laborwagen ist ein 6 Tonnen schwerer, dieselbetriebener Wagen mit Spezialeinrichtungen und -aufbauten. Er verfügt über fest eingebaute Einrichtungen zur Analyse von Luft-Schadstoffen und Rauchgas-Bestandtei-