

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103 (1985)
Heft: 24: Der Neubau des Hauptbahnhofs Luzern

Artikel: Die Energiezentrale: Konzept der Energieerzeugung
Autor: Polke, Reinhard / Däppen, Edgar
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-75823>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Energiezentrale

Konzept der Energieerzeugung

Von Reinhard Polke, Zürich und Edgar Däppen, Bern

Die SBB und die PTT einigten sich im Rahmen der Behördendelegation auf eine gemeinsame Energieproduktion und ein gemeinsames Parkhaus. Die Bauleitung für das Parkhaus lag bei den PTT, die SBB übernahmen die Ausführung der Energiezentrale. Durch SBB und PTT wurde gemeinsam im Herbst 1979 gesamtschweizerisch eine wettbewerbsähnliche Ingenieur-Ausschreibung veranstaltet um die Versorgung der im Bahnhofgebiet Luzern entstehenden umfangreichen Neubauten mit Wärme- und Kälteenergie durch ein zweckmässiges Energiekonzept zu gewährleisten, das sowohl ökonomischen als auch ökologischen Kriterien entsprechen musste. Aus dem Wettbewerb ging als Siegerprojekt dasjenige der Ingenieurbüros Polke + Ziege AG, Zürich (Heizung/Kälte), und Brauchli + Amstein AG, Zürich (Elektro), hervor.

Das *Gesamtkonzept* gestaltet sich wie folgt:

Im Endausbau werden rund 8000 kW Wärme- und 2000 kW Kälteenergie benötigt. Zur Erzeugung der entsprechenden Medien sieht das Konzept eine Kombination von 3 unterschiedlichen Energieumwandlungsverfahren vor: Drei Gasmotoren mit den zugehörigen Generatoren erzeugen die Elektrizität für den Betrieb von 6 seewasserspeisenden Wärmepumpen. Die Abwärme der Gasmotoren steht den Wärmeverbrauchern zur Verfügung. Die Spitzenlasten werden durch holzschnitzelbefeuerte Heizkessel gedeckt, welche im Notfall auch mit Gas betrieben werden können. Kesselbetrieb ist jedoch nur an hochwinterlichen Tagen erforderlich. Sonst decken die Wärmepumpen und die Abwärme der Gasmotoren den gesamten Wärmebedarf. Die Wärmeverversorgung der Gebäude erfolgt mit Niedertemperaturwasser von 70/40 °C.

Das erforderliche Kaltwasser für die Klimatisierung fällt entweder als Nebenprodukt des Wärmepumpenprozesses an oder wird im Sommer durch Umschalten der Wärmepumpen auf primären Kältebetrieb erzeugt. Der Kälteverdampfer ist so ausgelegt, dass damit nachts während der Niedertarifzeit Eis erzeugt und gespeichert werden kann. Die gespeicherte Kälteenergie kann so nach Bedarf oder zur Deckung der Spitzenlast an die Verbraucher abgegeben werden.

Aufgrund der günstigen Kälteerzeugungsbedingungen und der kurzen Kältebetriebszeit wurde die Wasserfassung im Vierwaldstättersee nach den Kriterien des Wärmepumpenbetriebes, d. h. in seichtere und damit wärmere Wassertiefen verlegt.

Elektrisch ist die Energiezentrale durch die Stromeigenerzeugung autonom, kann jedoch zum Ausgleich von momentanem Strommanko oder Überschuss Strom vom öffentlichen Netz beziehen oder in dieses rückspeisen. Dadurch besteht auch eine 100%ige Sicherheit bei Ausfall der eigenen Stromerzeugung durch Maschinendefekt oder Lieferstörung von Gas.

Als Konzeptziel stand seinerzeit die Verwendung von regenerierbaren, umweltfreundlichen, versorgungssicheren und preiswerten Energien im Vordergrund. Die Technologie neuester Umwandlungsverfahren mit hohen Energieausbeutefaktoren wurde bevorzugt und bei der Auswahl der Energien auf möglichst hohe Diversifikation und gegenseitige Austauschbarkeit geachtet. Die Anlage sollte wirtschaftlich und zudem in Etappen baubar sein.

Anhand der heute betriebsbereiten Zentrale kann gezeigt werden, wie die Umsetzung von der Idee zur Praxis erfolgt ist:

Anwendung neuer Technologien

Bestandteile des Energiesystems sind:

- Wärmepumpen mit frostfreiem Plattenverdampfer für Ganzjahresbetrieb
- Gasmotoren mit zugeordneten Generatoren in Totalenergieschaltung
- automatische Holzverbrennungsanlage
- eisspeichernder Kälteverdampfer
- rechnergestützte Überwachung und Optimierung durch zentrales Leitsystem

Rationelle Energieverwendung

- mittlere Leistungsziffer der Wärmepumpe $\epsilon = 3,6$
- mittlere Ausnutzungsziffer der Kombination Wärmepumpe-Totalenergieanlage $\eta = 1,7$
- mittlerer Ausbeutefaktor, verglichen mit konventionellem Heizkessel $f = 2,0$

Letzteres bedeutet, dass ein herkömmlicher Heizkessel rund doppelt soviel Primärenergie verbrauchen würde wie die Wärmepumpen-Gasmotorkombination des verwirklichten Energiekonzeptes.

Weitere Hilfsmittel für rationelle Energieverwendung:

- Eisspeicherung mit Nachtstrom
- Optimierung des Betriebes und der verschiedenen Betriebsarten mittels zentralen Leitsystemes

Diversifikation auf zwei oder mehrere Energieträger

Als Energieträger für Wärmeerzeugung werden herangezogen:

- Erdgas 38%
- Elektrizität 5%
- Holz 16%
- Seewasser 41%

Erdgas und Strom sind sowohl für die Wärme- als auch für die Kälteerzeugung weitgehend gegeneinander austauschbar.

Bei der Wärmeerzeugung tragen die leistungsgebundenen Energien Gas und Strom die Grundlast, während das speicherbare Medium Holz die Spitzenlasten abdeckt.

Technisches Datenblatt

(auf Endausbau bezogen)

Seewasseranlage	
- Vorbehälter	100 m ³
- Rückgabebecken	145 m ³
- Fördermenge	720 m ³ /h
- Rückgabekapazität	1100 m ³ /h
Wärmepumpenanlage	
- Anzahl Wärmepumpen/Kältemaschinen	6
- Heizleistung	6 × 440 kW = 2640 kW
- Kälteleistung	6 × 320 kW = 1920 kW
Seewasserkühler/Eisspeicher	
- Beckeninhalte	6 × 72 m ³ = 432 m ³
- Wassermwälzung	6 × 1000 m ³ /h
- Verdampferfläche	4200 m ²
- separater Kälteumformer	3 × 670 kW = 2010 kW
Gasmotor/Generatoreinheiten (Totalenergieanlage)	
- Anzahl GG-Einheiten	3
- Heizleistung	3 × 678 kW = 2034 kW
- Stromleistung (Wirkleistung)	3 × 374 kW = 1122 kW
Holzschnitzelkessel	
- Heizleistung	2 × 1600 kW = 3200 kW
- Siloinhalte	2 × 300 m ³ = 600 m ³
- Befüllung mit SBB-Spezialwagen	à 60 m ³
- Holzschnitzel = Schreinerabfälle mit rund 15% Feuchtigkeit	
- nachgeschalteter Multizyklon für Rauchgasreinigung auf 100 mg/m ³	
Zentrales Leitsystem	
- rund 1000 Datenpunkte	
- Informatikprogramm, Optimierungsprogramm, kaufmännisches Rechenprogramm	
- 6 Unterstationen, 2 Unterzentralen, 1 Minicomputer	
- Peripherie mit 1 Farbterminal, 1 Schwarzweissterminal, 1 Ereignisdrucker, 2 Stördrucker, 1 Plotter, 1 Remote-PC für kaufm. Rechnen, 1 Remote-Stördrucker für Betreiber-Servicebasis	

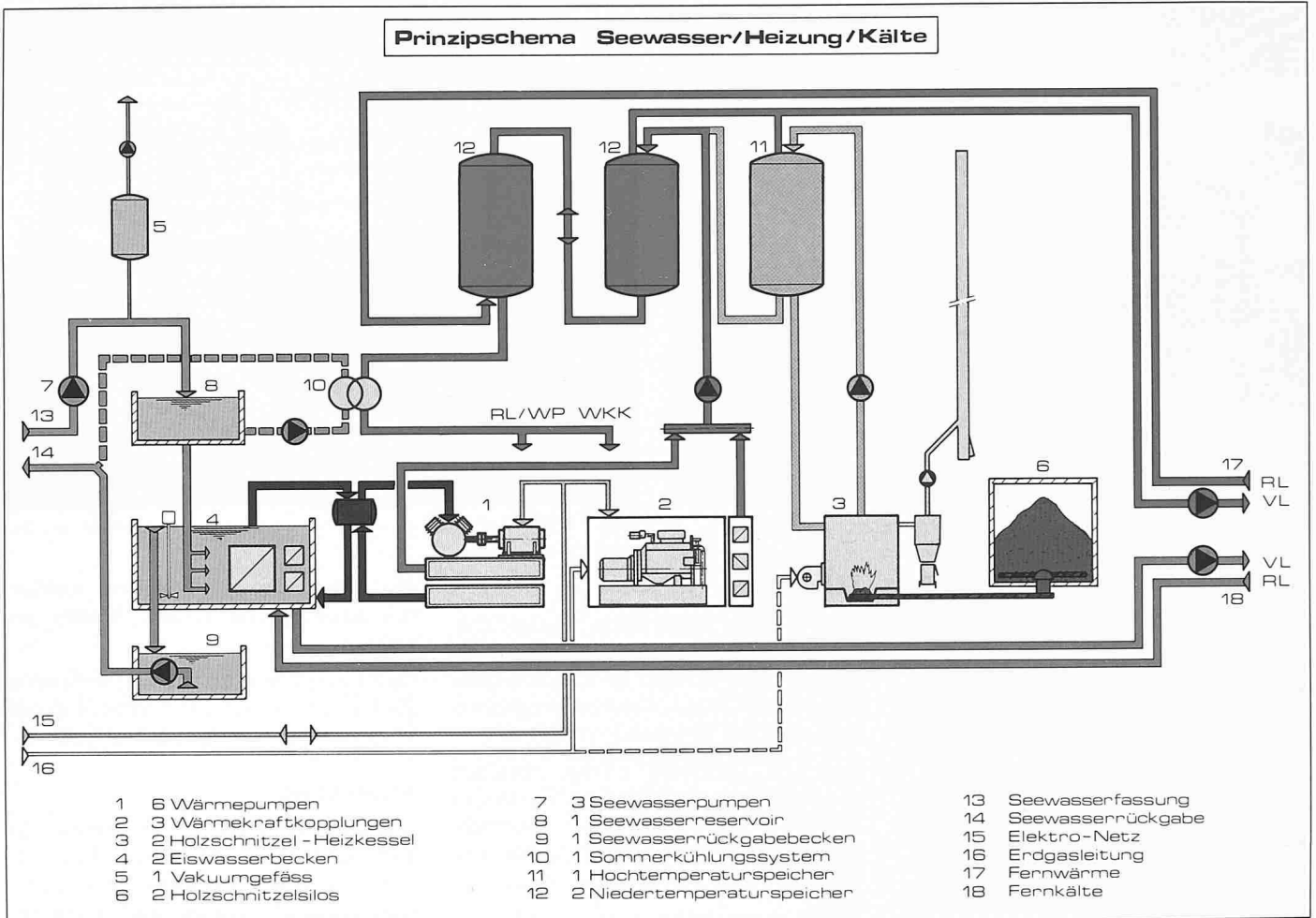


Bild 1. Prinzipschema Wärme- und Kälteerzeugung

Substitution von Öl

Das Konzept verzichtet ganz auf die Verwendung von Öl. Es werden im Endausbau pro Jahr rund 1,5 Mio. Liter Heizöl substituiert.

Die Substitution erfolgt dabei nicht einfach durch einen anderen ebenfalls ausländischen Energieträger, das Gas. Mehr als die Hälfte entfallen auf einheimische und regenerierbare Medien wie Seewasser, Holz und - soweit hydraulisch erzeugt (CKW) - Elektrizität.

Versorgungssicherheit

Diese beruht auf den vorbeschriebenen Bedingungen der Diversifikation und Substitution:

- Verwendung 4 verschiedener Energieträger, wobei Gas und Strom gegenseitig austauschbar sind und beide im Notfall wenigstens teilweise auch durch Holz ersetzt werden können.
- Die leitungsgebundenen Medien Gas und Strom gewährleisten langfristig gesehen eine grössere Versorgungssicherheit als lagerhaltige Medien wie Öl.
- Holz und Seewasser sind sowohl heimisch als auch regenerierbar.
- Elektrizität ist ebenfalls - soweit hy-

draulisch erzeugt - als heimische und regenerierbare Energie zu beurteilen.

Umweltschutz

Die verwendeten Energien Gas, Strom, Seewasser gelten als sauber, d. h. praktisch emissionsfrei.

Holz enthält keinen Schwefel und zeichnet sich somit vor allem gegenüber Öl aus. Geruchsbelästigung ergibt sich nur bei unvollständiger Verbrennung und kommt bei gut überwachten Anlagen nicht vor.

Der Auswurf von staubartigen Aschenpartikeln ist mit 100 mg pro m³ auf geringste begrenzt und vor allem wegen der kurzen Spitzenlastbetriebszeit von minimaler Grössenordnung.

Etappierung, Erweiterungsmöglichkeit

Die Anlage setzt sich modularartig aus Einzelbauteilen zusammen. Im Endausbau vorgesehen sind (in Klammer 1. Etappe)

- 6 (4) Wärmepumpen
- 3 (2) Gasmotoren/Generator-einheiten
- 2 Holzessel

Die Leistung des ersten Ausbaus ist so bemessen, dass bei Fertigstellung weiterer Bauten des Bahnhofgebietes nicht

sofort nachgerüstet werden muss. Der Erstausbau deckt also mit rund 5,3 MW Wärme und rund 1,3 MW Kälte etwas mehr als die Leistung der jetzt zu versorgenden Bauten Postbetriebszentrum und Bau Inselquai.

Wirtschaftlichkeit

Da die Energiezentrale aufgrund ihrer günstigen Umwandlungsverfahren nur

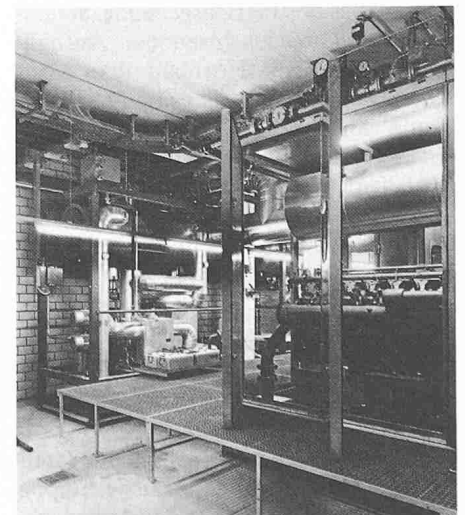


Bild 2. Blockheizkraftwerk (Totalenergieanlage); rechts im Vordergrund Gasmotor, im Hintergrund links Wärmerückgewinnung von Motor- und Abgaswärme

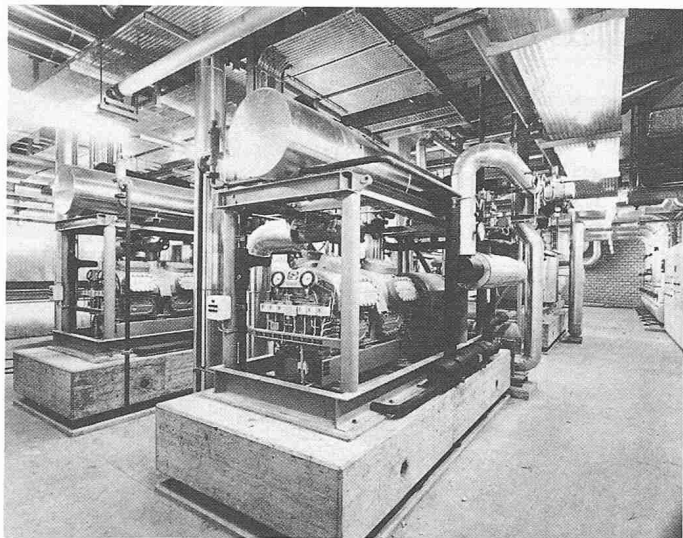


Bild 3. Wärmepumpen

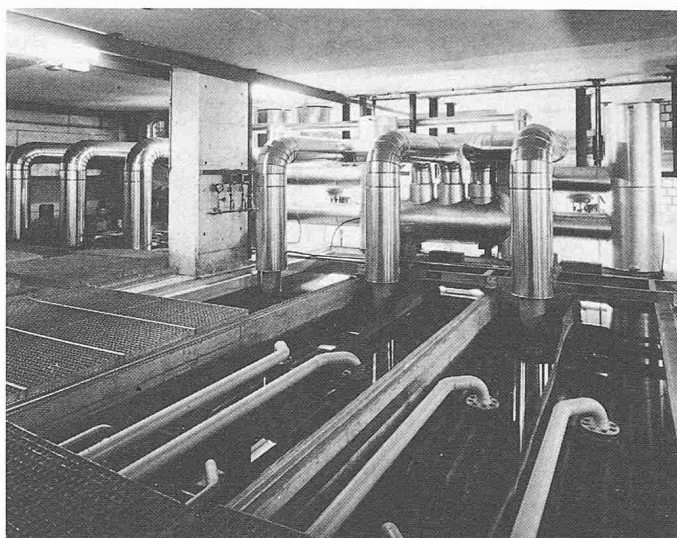


Bild 4. Seewasserbecken mit Plattenverdampfern, im Hintergrund der Seewassereinlauf

rund die Hälfte an Primärenergie verbraucht wie eine herkömmliche Ölheizung, ergeben sich auf der Energieseite erhebliche Einsparungen. Mit diesen Einsparungen müssen die allerdings rund doppelt so hohen Investitionen für das Alternativkonzept kompensiert werden.

Die Kosten-Nutzen-Schwelle, jetzt auf gut 20 Jahre berechnet, hängt wesentlich ab von der Entwicklung der Teuerung, der Baugeschwindigkeit weiterer Verbraucher und dem Anschluss weiterer abnahmewilliger Anlieger wie Kunsthaus, Hauptpost usw.

Baubeschrieb

Von Heinrich Portmann, Luzern

Zweck

Die Energiezentrale des Bauvorhabens Bahnhofgebiet Luzern versorgt im Endausbau sämtliche Neubauten des Bahnhofes Luzern mit kalorischer Energie. Es sind dies Postbetriebsgebäude, Wohn- und Geschäftshaus Inseliquali, Aufnahmegebäude SBB, Hochbau über Aufnahmegebäude und die beiden Seitengebäude längs dem Gleisfeld, insgesamt ein Hochbauvolumen von über 350 000 m³ SIA.

Standort

Bei der wettbewerbsähnlichen Ausschreibung des Energiekonzeptes wurden zwei Möglichkeiten angeboten, als Untergeschoss unter dem Bau Inseliquali oder als mehrgeschossiger Anbau desselben. Dieser Standort war abhängig von der Nähe des grössten Verbrauchers und weil der Bau Inseliquali als erste Etappe realisiert wurde. Das aus der Ausschreibung hervorgegangene Energiekonzept sah die Energiezentrale in zwei Untergeschossen vor.

Versorgung

Elektro: Die elektrische Ausgleichsenergie wird von den Städtischen Werken bezogen. Hierfür wurde eine neue Kabelanlage zum Unterwerk Steghof erstellt und eine bestehende verstärkt.

Gas: Der Gasbezug erfolgt ebenfalls von den Städtischen Werken. Zu diesem Zwecke wurde eine neue Gashochdruckleitung Kaliber 300 mm von der Seebrücke bis zur Energiezentrale erstellt.

Seewasser: Das Seewasser wird mittels eines spiralgeschweissten Stahlrohres 250 m vom Ufer entfernt in einer Tiefe von 3 m gefasst. Die Rückgabe erfolgt bei der Schiffflände 385 m vom Entnahmepunkt entfernt.

Holzsnitzel: Die Anlieferung der Holzsnitzel erfolgt per Bahn. Der Abfall wird pneumatisch bewerkstelligt. Die Abladevorrichtung wurde eigens für die Energiezentrale entwickelt und konstruiert.

Baugrund und Tiefbau

Die durchgeführten Baugrunduntersuchungen haben die bisherigen Erkenntnisse bestätigt, dass bis auf eine Tiefe von 50 m kein tragfähiger Baugrund angetroffen wurde (siehe auch «Baugrund im Bahnhofgebiet»). Die Setzungsempfindlichkeit des Bodens, die hohen und sehr unterschiedlich konzentrierten Lasten erforderten eine Pfahlfundation. Da der tragfähige Untergrund tiefer als 50 m liegt, wurde eine schwebende «Fundation» gewählt. Diese besteht in einer die ganze Baugrube umschliessenden Schlitzwand und einer Bohrpfähreihe. Schlitzwand und Pfähle reichen bis in eine Tiefe von 20 m.

Da Bewegungen des Bauwerkes aus den verschiedenen Belastungsfällen und dem schwankenden Grundwasserspiegel nicht auszuschliessen waren, wurde

eine plastische Grundwasserisolation mit äusserer und innerer Wanne gewählt.

Die Energiezentrale dient gleichzeitig als Fundament für das darüberliegende Wohn- und Geschäftshaus Inseliquali.

Konstruktion

Die Untergeschosse sind in Stahlbeton konstruiert und monolithisch, ohne Dilationen, ausgeführt. Erd- und grundwasserberührte Wände sind innen isoliert und mit Kalksandsteinmauerwerk vorgemauert. Der gesamte Ausbau entspricht dem üblichen Ausbau technischer Zentralen.

Baudaten

Abmessungen: Länge:	134 m
Breite:	14,4 m
Tiefe:	8,5 m

Materialauszüge:

Schlitzwände im Betonverfahren	4890 m ² , d = 80 cm, t = 20 m
Bohrpfähle	500 m
Aushub	20 000 m ³
Betonkubatur	5400 m ³
Armierungsstahl	540 t

Termine

Baubeginn (Führungsmauern für Schlitzwände):	7.5.1981
Installationsbeginn:	Oktober 1983
Inbetriebnahme (Wärme)	Oktober 1984
Inbetriebnahme (Kälte)	Mai 1985

Adressen der Verfasser: R. Polke, dipl. Ing., in Fa. Polke und Ziege AG, beratende Ingenieure, Zollikerstrasse 6, 8032 Zürich, E. Däppen, Ing. HTL, SWKI, Sektionschef HL, Bauabteilung der Generaldirektion SBB, Mittelstrasse 43, 3030 Bern, und H. Portmann, dipl. Arch. ETH, in Fa. H.-P. Ammann und P. Baumann, Kappelgasse 1, 6004 Luzern.