

Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 23 (1966)

Heft: 3

Artikel: Energieversorgung

Autor: Wüger, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-783844>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

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

Energieversorgung

Von dipl. Ing. H. Wüger, Direktor der EKZ, Zürich

Auf dem Gebiet der Energieversorgung, im besonderen bei der Elektrizität, machen sich in letzter Zeit mannigfache Widerstände geltend. Man ist gegen neue Wasserkraftwerke und will keine thermischen Werke. Gegen Atomkraftwerke wird weniger eingewendet, aber man möchte sie doch möglichst weit weg haben. Anderseits steigt aber der Bedarf an Energie exponentiell an. Mit meinen Ausführungen will ich versuchen, die Probleme aufzuzeigen und für die Belange der Energieversorgung um Verständnis zu werben.

Welche Energiearten gibt es?

Wenn wir über die Energieversorgung sprechen wollen, müssen wir zuerst einen Ueberblick gewinnen über die verschiedenen Formen, in denen Energie vor kommt (Tab. 1).

Nicht alle Energiearten sind gleich wichtig und gleich begehrte. Elektrizität zum Beispiel wird nicht verlangt. Was der Mensch braucht, ist Licht, Kraft, Wärme und chemische Energie. Wenn Elektrizität trotzdem eine grosse Bedeutung erlangt hat, so darum, weil sie sich leicht transportieren und in jede der gewünschten Energieformen umwandeln lässt sowie in kleinsten und grössten Mengen abgegeben werden kann.

Tab. 2 gibt einen Ueberblick über die Verhältnisse auf dem schweizerischen «Energiemarkt».

Elektrizität

Nomenklatur, Physik und Allgemeines

Die in der Elektrotechnik verwendete Nomenklatur betreffend die Anlagen zeigt Tabelle 3. Elektrische Vorgänge spielen sich immer in einem Stromkreis ab. Der in einem Generator erzeugte Strom fliesst über einen Draht zum Verbraucher und von diesem zurück zum Generator. Zwischen den beiden Drähten messen wir eine Spannung in Volt, und im Draht fliesst eine Stromstärke, gemessen in Ampère. Stromstärke mal Spannung gibt Leistung. Man hat die Wahl, eine bestimmte Leistung entweder mit grossem Strom und kleiner Spannung oder mit kleinem Strom und grosser Spannung zu übertragen. Generatoren kann man nur bauen für bescheidene Spannungen, und beim Verbraucher müssen wir ganz niedere Spannungen anwenden, weil die Geräte (Schalter, Lampen, Kochplatten) ja möglichst klein und vor allem ungefährlich sein müssen. Es läge also nahe, die Energieversorgung mit kleinen Spannungen und grossen Strömen zu verwirklichen. Die Verluste in Maschinen und Leitungen wachsen aber mit zunehmender Stromstärke quadratisch. Wollte man die Leistung des Maggia-Kraftwerkes mit Niederspannung nach Zürich übertragen und würde man dazu über den Gotthard drei meterdicke Kupferkabel verlegen, so würde die ganze Kraftwerks-

leistung durch die Verluste aufgezehrt. Alle Energie wäre aufgebraucht für die Erwärmung der Kabel.

Praktisch können wir den Energietransport nur lösen mit mehrmaliger Transformation.

Wie muss man sich nun das Funktionieren der Elektrizitätsversorgung vorstellen? Das ganze Land ist überspannt von fünf Netzen. Das oberste, das 380-kV-Netz, besteht aus ganz wenigen Leitungen und Knoten. Dann folgt das sehr weitmaschige 220-kV, das dichtere 60-kV- und enge 16-kV- und schliesslich das in jedes Haus führende Niederspannungsnetz. Der in den 16-kV-Generatoren der Kraftwerke erzeugte Strom wird auftransformiert auf z. B. 220 kV und kommt, je nach Entfernung, über die verschiedenen Spannungsebenen zum Verbraucher.

Für den Planer sind die Daten wichtig, die den Raumbedarf für die einzelnen Unterwerke und die Transformatorenstationen angeben, und auch die Grössenordnung der Maschenweiten der verschiedenen Netze. Da wir die Energie in Niederspannung mit wirtschaftlichen Mitteln nur auf eine Entfernung von etwa 200—300 m transportieren können, müssen wir in Ortschaften die Transformatorenstationen in Abständen von höchstens 400—600 m anordnen. Aus analogen Ueberlegungen folgen die Abstände der Unterwerke. Wenn man wirtschaftlich bauen will, so müssen die Stationen und Unterwerke im Zentrum des ihnen zugeordneten Absatzgebietes liegen und niemals am Rand, weil sie sonst sehr schlecht ausgenutzt werden können. Im übrigen sind 380- und 220-kV-Netze mit den entsprechenden Netzen des Auslandes verbunden. In Europa ist heute der Zusammenschluss von Portugal bis Finnland und von Nordnorwegen über Schweden bis nach Südalien verwirklicht. Dadurch, dass gegenseitige Aushilfen nun leicht möglich sind, hat die Sicherheit der Elektrizitätsversorgung einen sehr hohen Grad erreicht, der aber im Hinblick auf die vielseitigen Anwendungen auch dringend notwendig ist.

Abb. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Ortsnetzplan, in dem Hoch- und Niederspannungsleitungen, Stationen und auch die Kabelverteilkabinen eingetragen sind.

Reservehaltung

In der Schweiz nimmt der Elektrizitätskonsum jährlich um etwa 5—6 % zu. Mit andern Worten: Er verdoppelt sich im Zeitraum von 12—14 Jahren. Wir müssen also in den kommenden 12—14 Jahren Anlagen bauen mit einer Leistungsfähigkeit, die gleich gross ist wie die Summe aller in den letzten 75 Jahren gebauten Anlagen! Nachher ist innert einer Zeitspanne von 12 bis 14 Jahren so viel zu bauen wie in 87—89 vorangegangenen Jahren zusammen.

Die neu zu erstellenden Anlagen dürfen daher nicht nur für die heutigen Bedürfnisse berechnet werden,

sondern man muss reichliche Reserven einrechnen. Nur so wird man den steigenden Anforderungen gerecht werden können.

Elektrische Leitungen

Elektrizität wird noch zu einem wesentlichen Teil mit Freileitungen verteilt. Sie sind etwa 3- bis 7mal billiger als Kabelleitungen, aber sie sind natürlich keine Zierde der Landschaft. Als Elektrizität noch ein Luxus war, war jeder stolz auf eine zum Haus führende Freileitung. Sie war Beweis für seine fortschrittliche Gesinnung. Damals bekam man die Durchleitungsrechte für Freileitungen leicht.

| | 50 V | 1 000 V |
|-----------------------|---|---|
| Schwachstromanlagen | Niederspannungsanlagen Spannungen über 50 V aber unter 1 000 V | Hochspannungsanlagen Spannungen über 1 000 V |
| Spannungen unter 50 V | Starkstromanlagen Spannungen über 50 V | |
| | | |

Tab. 3. Einteilung und Bezeichnung elektrischer Anlagen

| Energiearten | | Beispiel | Leitungsarten |
|--------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Hauptgattungen | Untergruppen | | |
| Mechan. Energie | Energie d. Lage Bewegungsenergie | Speichersee Druckluft strömendes Wasser | Rohrleitung Rohrleitung |
| Wärme | | Heisswasser Dampf | Fernheizleitung |
| Chem. Energie | Lebensmittel Brennstoffe | Holz, Kohle Öl Gas | Pipeline Gasleitung |
| Elektr. Energie | Starkstrom Schwachstrom | — Telegraph Telephon Radio Fernsehen | Freileitung und Kabel Freileitung und Kabel Kabel Koaxialkabel |
| Strahlungsenergie | Elektromagnet. Strahlung | Radiowellen Wärme, Licht Röntgenstrahlen | Raum |
| Kernenergie (Atomenergie) | | Neutronen- strahlung | Raum |

Tab. 1. Energiearten

| | | 1966 ca. Anzahl |
|---------------------|---|--------------------|
| Öl, Kohle | kein Detailverkauf über Rohrnetz Kohlen- und Ölhändler | 1 300 |
| Gas | Kommunale und private Gaswerke | 88 |
| Wärme (Fernwärme) | öffentliche oder private Körperschaften, Industrie | 5 |
| Elektrizität | Private, gemeinwirtschaftliche, kommunale und staatliche Elektrizitätswerke | 1 250 |
| "Nachrichten" | P T T | 1 |

Tab. 2. Die Energielieferanten

Freileitungen haben aber noch andere Vorteile; sie sind weit überlastungsfähiger als Kabel, und ein allenfalls auftretender Schaden kann in längstens etwa einem halben Tag behoben werden.

Anders bei Kabeln: Seit der Verwendung von Baumaschinen treten Kabelschäden sehr häufig auf. Sie werden aber oft, besonders wenn es sich um kleinere Schäden handelt, nicht gemeldet. Monate, ja Jahre später werden sie dann wirksam. Fehlersuche, Aufgraben und Reparieren eines Kabels benötigen etwa gleich viele Tage, wie es bei einer Freileitung Stunden braucht. Wenn es noch tragbar erscheint, eine Fabrik, ja eine ganze Ortschaft vielleicht einmal in zehn Jahren während eines halben Tages ohne Strom zu lassen, so wird es sicher niemandem einfallen, einen Unterbruch von beinahe einer Woche noch als vertretbar zu bezeichnen. Daher muss man, wo Kabel verwendet werden, gleich immer noch ein Reservekabel verlegen, was die Wirtschaftlichkeit nochmals stark verschlechtert. Aus diesem Grund werden in Kabelnetzen die Stationen wenn immer möglich an Ringleitungen aufgereiht. Heute ist es technisch wohl möglich, Kabel für jede Spannung herzustellen, aber bei hohen Spannungen ist die Betriebssicherheit noch nicht so gut, wie wir es brauchen, so dass schon allein aus diesem Grund eine allgemeine Verkabelung nicht in Frage kommen könnte. Uebrigens würde dies eine Erhöhung der heutigen Tarife auf rund das Dreifache bedingen. Obwohl auch wir Werkleute eine Landschaft lieber ohne Leitungen sehen, wird es noch auf lange Zeit nicht möglich sein, auf den Bau von Freileitungen zu verzichten.

Keine Energie wird so vielseitig wie die Elektrizität angewendet. Daher ist heute fast jedermann auf sie angewiesen. Man verlangt nicht nur billigen Strom, man will auch, dass keine Unterbrüche vorkommen. Das zwingt die Werke dazu, alle wichtigen Verbraucher, seien es Spitäler, Pumpstationen, Fabriken, aber auch grössere Dörfer, stets zweiseitig zu speisen, damit bei einer Störung auf der einen Leitung die Speisung auf der andern ungestört vor sich gehen kann. Auch Hochhäuser, in denen namentlich die Aufzüge sehr unterbrechungsempfindlich sind, sollten stets zweiseitig gespiesen werden.

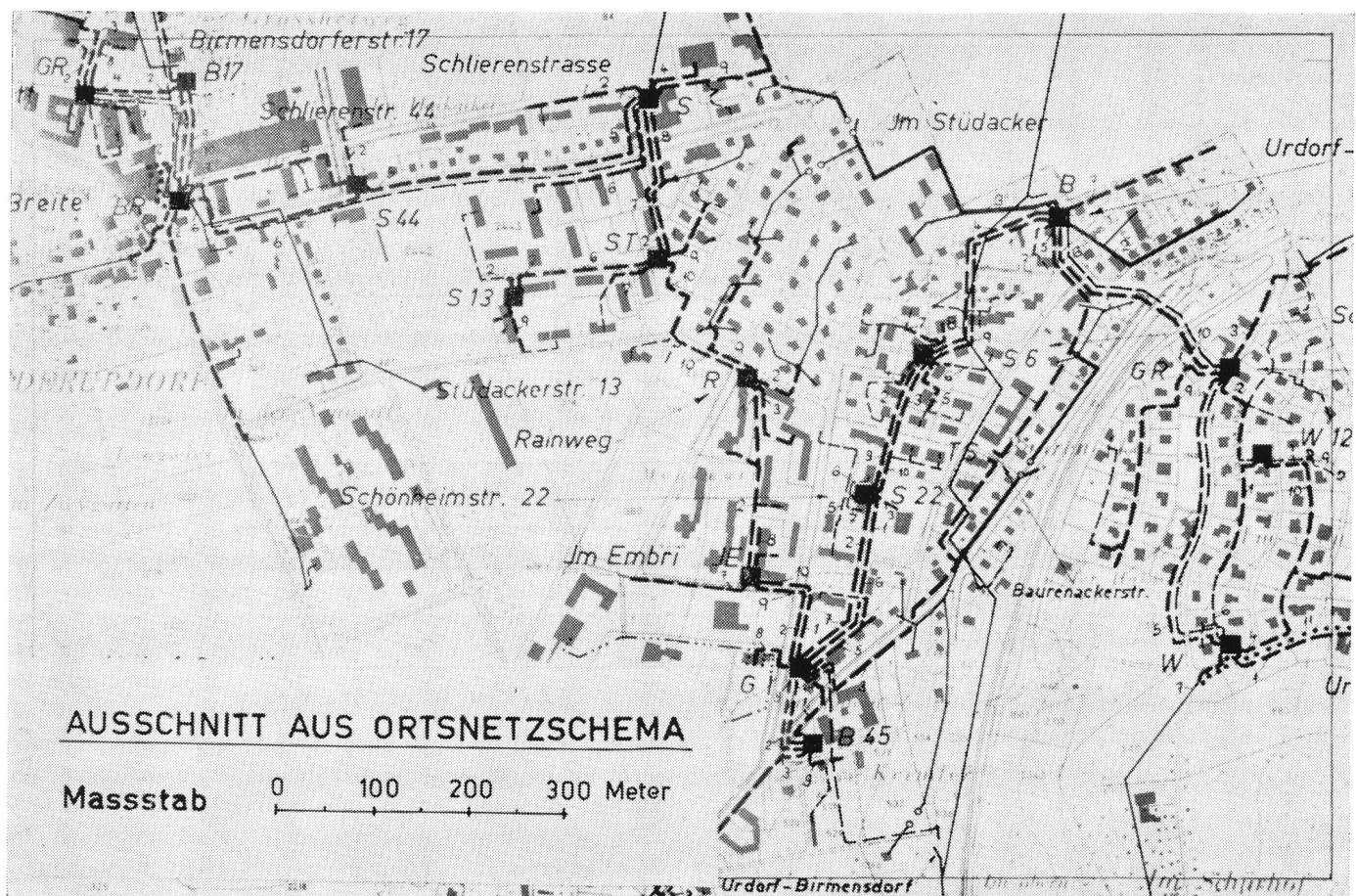


Abb. 1. Ausschnitt aus Ortsschema.

Projektierung

Zu den die Planer interessierenden Fragen bezüglich der Leitungen ist etwa das Folgende zu sagen:

1. Freileitungen jeder Spannung sollten auf möglichst grossen Strecken geradlinig trassiert werden. Jeder Knick bedingt die Erstellung von verstärkten, relativ schwerfälligen Eckmasten oder bei niederen Spannungen die zusätzliche Anwendung von Streben oder Ankern.
2. Leitungen längs eines Tales stören weniger als solche quer zum Tal.
3. Waldüberspannungen erheischen sehr hohe und schwere Masten, sind daher teurer und in der Regel unschön.
4. Leitungen, die von Dörfern und Strassen aus, vor Bergen, Hügeln oder Wäldern erscheinen, stören weniger als solche, die silhouettenhaft vor dem Himmel stehen.
5. Masten sind olivgrün zu streichen. Als Isolatoren dürfen nur farbige (braun oder grün) verwendet werden.
6. Die Frage, ob mehrere Freileitungen zusammengefasst in grossen Leitungsstrassen oder jede Leitung auf möglichst getrenntem Weg geführt werden sollen, kann nur von Fall zu Fall entschieden werden.

Rechtliches

Den Werken steht das Expropriationsrecht zu, von dem sie aber im eigenen Interesse sehr sparsam Gebrauch machen. Im Grundbuch sind nur die wichtigsten Freileitungen eingetragen. Für kleinere Leitungen erübrigt sich ein Eintrag, weil sie ja sichtbar sind. In der Regel verpflichten sich die Werke, die Leitung zu verlegen, wenn dies wegen der Errichtung eines Bauwerkes nötig wird.

Da Kabelleitungen nicht sichtbar sind, müssen ihre Durchleitungsrechte, sofern sie sich nicht im öffentlichen Grund befinden, im Grundbuch eingetragen werden. Sehr wichtig ist die sorgfältige Erstellung und Nachführung der Pläne (siehe Publ. 149 des SIA von 1951).

Zahlreiche Werke, namentlich regionale, ziehen vor, ihre Kabel in Privatland und nicht in Strassen zu verlegen. Vorteile dieser Anordnung sind:

1. Entlastung des Raumes unter den Strassen.
2. Bei Reparaturen müssen die Beläge nicht aufgerissen werden.

Nachteilig ist bei dieser Lösung, dass Durchleitungsrechte zu erwerben sind. In der Regel wird nur für Hochspannungsleitungen etwas bezahlt. Alle Durchleitungsrechte müssen für möglichst lange Dauer erworben werden.

| Zu transportierendes Medium | Elektrizität (Elektronen) | | | | |
|-----------------------------|---|---|----------------------------|--------------------------|--|
| Charakteristik | Niederspannung | | Hochspannung | | |
| | Mittelspannung | Hochspannung | Höchstspannung | | |
| Spannung..... | 220 / 380 / 500 / 1000 V | 16 kV | 60 kV | 380 kV | |
| Stromstärke..... | 90... 400 A | 120... 535 A | 220... 750 A | 960 A | |
| Uebertragbare Leistung..... | 53... 240 kW | 3... 13,5 MW | 21... 70 MW | 570 MW | |
| Quellen..... | Transformatorstation | Unterwerk | Kraftwerk (Unterwerk) | | |
| Zielpunkte (Senken)..... | Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, alle Wohnbauten, Strassenbeleuchtung | Trf.-Station Industrie, Bahn | Unterwerk | | |
| Reichweite..... | 200... 800 m | 3... 10 km | 10... 40 km | bis 1 000 km | |
| Längenprofil..... | Minimale Abstände über Strassen und von Gebäuden | | | | |
| Grundriss..... | möglichst wenig Winkel | | | | |
| Leitungsart..... | blanke Drähte und Seile aus Kupfer, Aldrey, Stahl + Aluminium | | | | |
| Leitungsquerschnitt..... | 4 mm \varnothing ... 120 mm $^{\text{a}}$ | 5,5 mm \varnothing ... 240 mm $^{\text{a}}$ | 50... 400 mm $^{\text{a}}$ | bis 600 mm $^{\text{a}}$ | |
| Mastenmaterial..... | Holz und Beton | Holz und Beton | Beton | Stahl | |
| Mastenlänge..... | 9... 20 m | 9... 25 m | bis 30 m | bis 70 m | |
| Vorschriften..... | Elektrizitätsgesetz, Starkstrominspektorat, Schweiz. Elektrotechn. Verein (SEV) | | | | |
| Spezielle Einrichtungen.... | Erdseile, Anker, Streben, Erdungen, Sicherungen, Schalter, Ueberspannungsableiter | | | | |
| Gefahren..... | Elektrisierung, Lichtbogen | | | | |

Tab. 4. Elektrizität: Freileitungen

| Freileitungen im Mittelland | Niederspannung | | Hochspannung | | | | |
|------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | | | Mittelspannung | | Hochspannung | | |
| | 4 - Leiter | 3-Leiter | 6-Leiter | 6 - Leiter | 6 x 2er Bündel | | |
| Baukosten in Franken pro km. | 4 mm \varnothing | 120 mm $^{\text{a}}$ | 5,5 mm \varnothing | 240 mm $^{\text{a}}$ | 50 mm $^{\text{a}}$ | 400 mm $^{\text{a}}$ | |
| Gestänge mit Fundament | 2 600.- | 4 000.- | 3 500.- | 20 000.- | 20 000.- | 40 000.- | 160 000.- |
| Isolation | 1 000.- | 2 000.- | 1 300.- | 7 000.- | 7 000.- | 8 000.- | 25 000.- |
| Leiter | 2 700.- | 30 000.- | 3 800.- | 21 000.- | 19 000.- | 34 000.- | 100 000.- |
| Montage | 5 000.- | 9 000.- | 5 000.- | 16 000.- | 16 000.- | 25 000.- | 60 000.- |
| Durchleitungsrechte | --.- | --.- | 3 000.- | 3 000.- | 3 000.- | 3 000.- | } ~ 15 000.- |
| Kulturschaden | 200.- | 200.- | 200.- | 1 000.- | 1 000.- | 2 000.- | |
| Sicherungsmassnahmen | | | | | | | 20 000.- |
| Total (ohne Projektierung) | 11 500.- | 45 200.- | 16 800.- | 68 000.- | 66 000.- | 112 000.- | 380 000 - 400 000.- |
| dazu für Projektierung | 2 000.- | 2 000.- | 2 000.- | 10 000.- | 10 000.- | 15 000.- | 35 000.- |

Tab. 5. Elektrizität: Freileitungskosten

Transformatorenstationen

Auf dem Land ist der häufigste Stationentyp immer noch die Mastenstation (Abb. 3). Während aber früher in den Dörfern vorwiegend Turmstationen (Abb. 4) üblich waren, baut man jetzt eingeschossige, wobei die Leitungen in der nächsten Umgebung verkabelt sind. In Grossstädten, wo Tag und Nacht ein Lärmpegel von über 30—40 db gemessen wird, kann man Stationen auch unbedenklich in Wohnhäusern einbauen. In kleineren Städten und Dörfern dagegen muss der Zusammenbau mit Wohnhäusern vermieden werden, weil das Brummen der Transformatoren sehr störend empfunden wird. Beim Zusammenbau muss zwischen eigentlichem Wohnhaus und Station ein Zwischenbau, etwa eine Garage, vorgesehen werden. Oft lassen sich Stationen auch in Hänge einbauen, wobei es ohne weiteres möglich ist, auf dem Dach der Station Terrassen (Abb. 6) oder Gärten anzurichten. Eine Station kann in der Regel nur im Umkreis von etwa 50 m verschoben werden. Die Zufahrt mit 5- bis 6-t-Lastwagen muss möglich sein. Schattenseite ist erwünscht.

Die Grösse einer Station hängt von der Netzspannung, der Leistung und der Zahl der Leitungen sowie der Anordnung ab. Im Maximum benötigt man etwa eine reine Gebäudefläche von 5×8 m bei etwa 2,6 bis 3,2 m Höhe. Es sind gegenwärtig Bestrebungen im Gange, wesentlich kleinere Bauarten zu verwenden, doch kann über deren Bewährung noch nichts gesagt werden.

Unterirdische Stationen, die viel teurer sind, sind möglich, wenn

- der Stationsboden über dem allerhöchsten Grundwasserstand liegt,
- von Kanalisationen her selbst im ungünstigsten Fall kein Rückstau entstehen kann,
- der Zugang bei jeder Witterung (Schnee, Platzregen) Tag und Nacht ungehindert möglich ist.

| Zu transportierendes Medium: Elektrizität (Elektronen) | | | | |
|--|---|--|------------------------------|------------------------------|
| Charakteristik | Niederspannung | Hochspannung | | |
| | | Mittelspannung | Hochspannung | Höchstspannung |
| Spannung | 220, 380, 500, 1000 V | 16 kV | 60 kV | 220 kV |
| Übertragbare Leistung | 0,08... 0,24 MVA | 4,5... 8,5 MVA | 28... 63 MVA | 165... 280 MVA |
| Quellen Zielpunkte | Transf.- Station Industrie, Gewerbe alle Wohnbauten | Unterwerk Transf.- Stat. Industrie | Kraftwerk + UW Unterwerke | Kraftwerk + UW Unterwerke |
| Minim. Krümmungsradius | 1 m | 1,5 m | 2 m | 2,5 m |
| Reichweite | 0,2... 0,4 km | 3... 10 km | 10... 50 km | bis 300 km |
| Leiterzahl | 4 | 3 | 3 | 3 x Einleiter |
| Leiterquerschnitt | 25... 150 mm ² | 50... 150 mm ² | 95... 400 mm ² | 200... 600 mm ² |
| Kabelaussendurchmesser | 35... 65 mm | 60... 85 mm | 70... 100 mm | 80... 90 mm |
| Spez. Einrichtungen (Armaturen) | Muffen und Endverschlüsse Kabelverteilkabinen | Endverschlüsse Öeldrucktank | | |
| Schutz der Kabel | Decksteine, Tonkanäle, Zementrohre, Schächte | | | |
| Kosten in Franken pro km | 55 000... 100 000.- | 132 000.- | 265 000.- | 449 000.- |

Tab. 6. Kabel

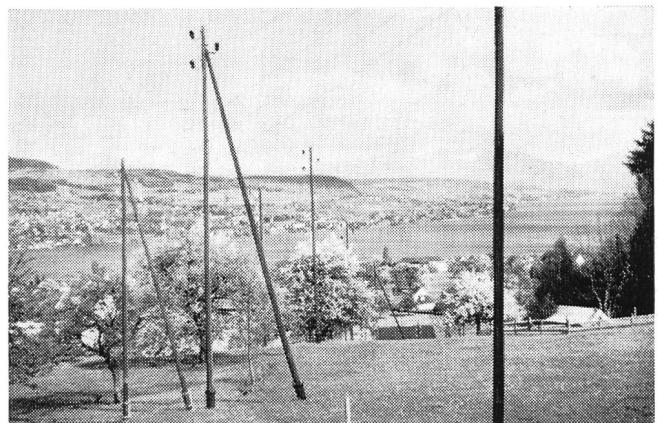


Abb. 2. Freileitungen oberhalb Thalwil.

Für die Werke ist es ausserordentlich wertvoll, wenn sie von den Gemeindebehörden unterstützt werden. Das kann z. B. in der Weise geschehen, dass in der Baubewilligung ein Passus aufgenommen wird, der dem Bauherrn vorschreibt, er habe sich mit dem Werk rechtzeitig in Verbindung zu setzen, und dass dort, wo eine Station nötig ist, mit dem Werk über den Einbau einer solchen zu verhandeln sei.

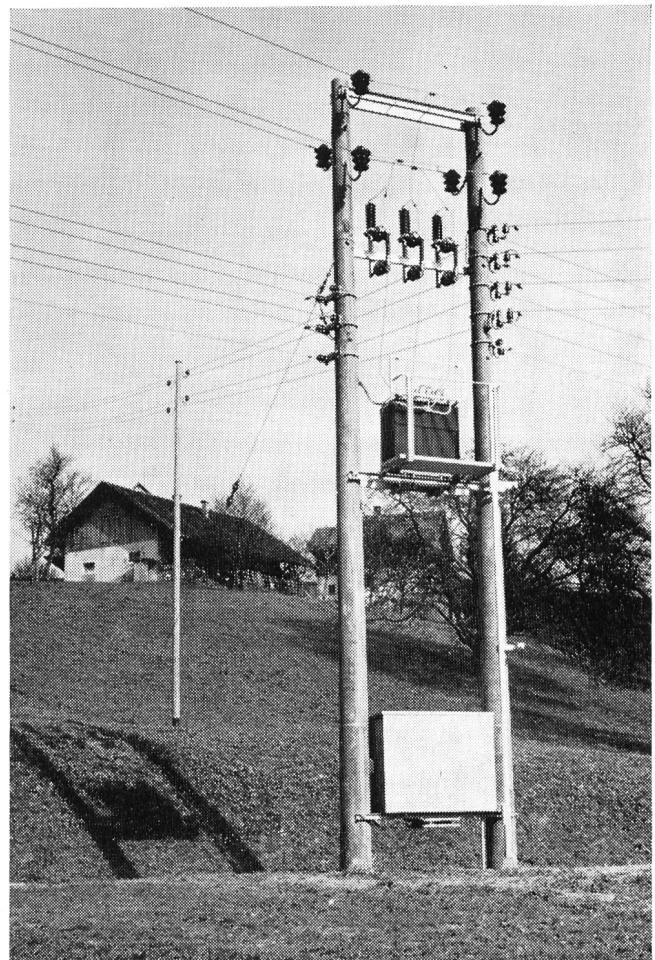


Abb. 3. Transformatorenstation (Betonmaststation) in Hirzel.



Abb. 4. Transformatorenstation Bonstetten-Dorf.

Unterwerke

Als Unterwerke bezeichnet man grosse Transformatorenstationen, die Hochspannungsnetze verschiedener Spannungsstufen miteinander kuppeln. Bei hohen Spannungen kommen hiefür nur Freiluftanlagen in Betracht, die je nach Typ 0,7 bis 6 ha beanspruchen. Die Freiluftbauweise wird angewandt bis auf etwa 60 kV herab (Abb. 7).



Abb. 5. An Einfamilienhaus angebaute Transformatorenstation in Uitikon.



Abb. 6. Eine zum Teil über einer Transformatorenanlage erstellte Gartenanlage in Oberstammheim.

Für die Standortwahl der Unterwerke sind massgebend:

1. Die einzuführenden Leitungen müssen zum Unterwerk trassiert werden können.
2. Für den An- und Abtransport der Transformatoren müssen leistungsfähige Zufahrtsstrassen bestehen (zulässiges Transportgewicht bis 180 t und 4,8 m freie Durchfahrt). Waren im Kanton Zürich bisher etwa 70 Unterführungen, so steigt, wie Abbildung 8 zeigt, durch die Einführung einer zweiten Verkehrsebene (Aufhebung der Bahnübergänge und Autobahnen) deren Zahl sprunghaft auf etwa 250 bis 350. Es gehört ebenfalls zur Planung, dass jede

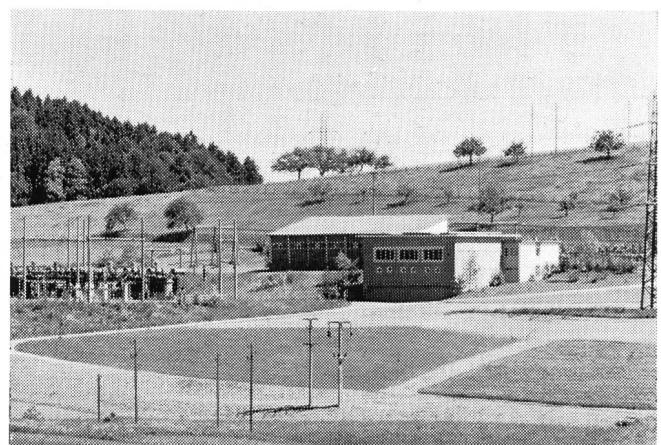
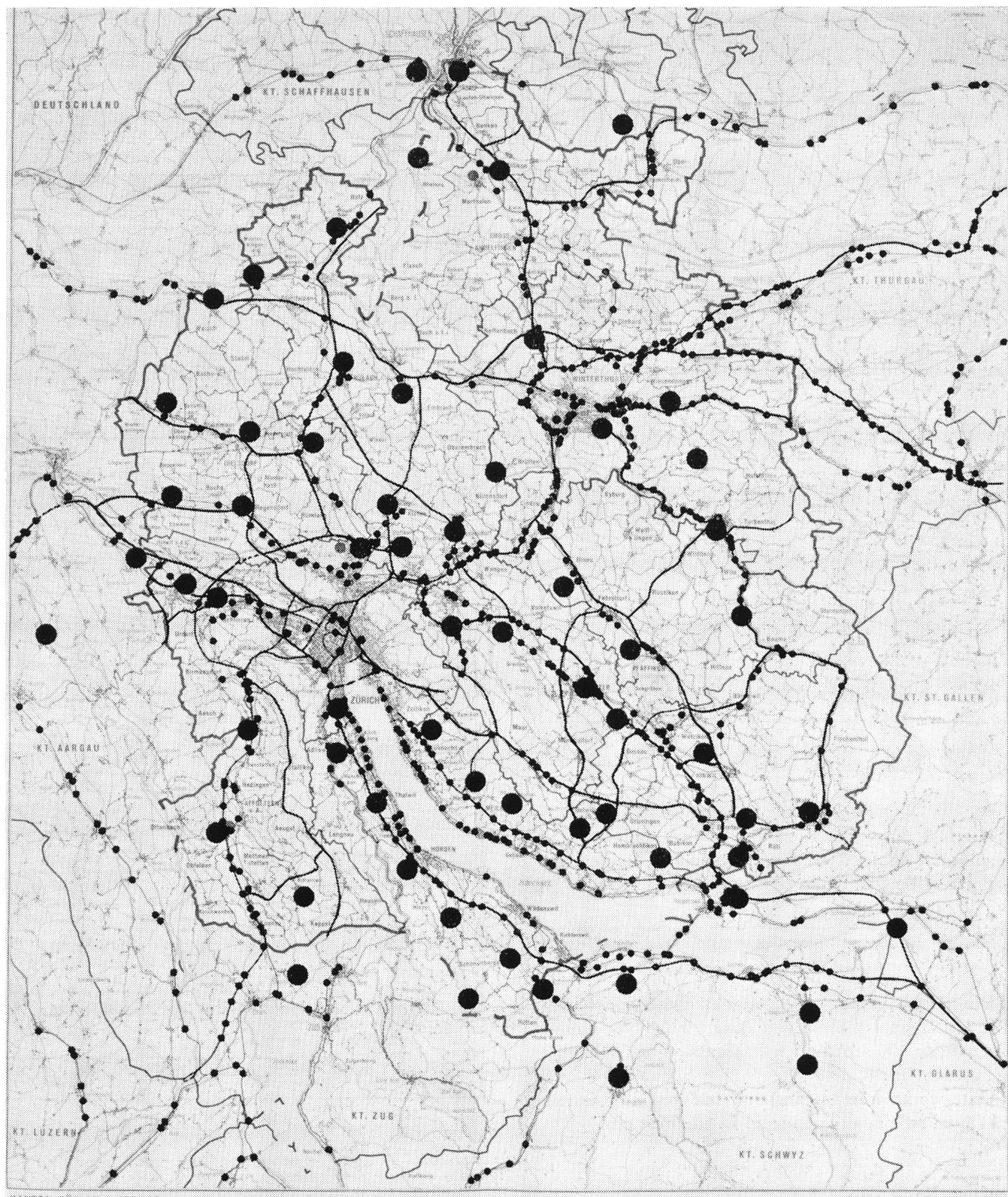


Abb. 7. Unterwerk Aathal. Von links nach rechts: 150-kV-Freiluftanlage, Schalthaus, Teil der 50-kW-Freiluftanlage.



KANTON ZÜRICH 1:100 000

Künftig nötige Kreuzungsbauwerke
an Eisenbahnen, Autobahnen und den
wichtigsten Hauptverkehrsstrassen

- Kreuzungsbauwerk
- Unterwerk in Betrieb
- Unterwerk vorgesehen

| | Zahl der Kreuzungs-bauwerke | Davon sind Unterführungen 50 % bis 66 2/3 % |
|----------------------|-----------------------------|---|
| Kanton Zürich | 494 | 247 bis 340 |
| Übriges Kartengebiet | 233 | 116 bis 155 |
| Ganzes Kartengebiet | 727 | 363 bis 495 |

1965

Abb. 8. Künftige nötige Kreuzungsbauwerke an Eisenbahnen, Autobahnen und den wichtigsten Hauptverkehrsstrassen.

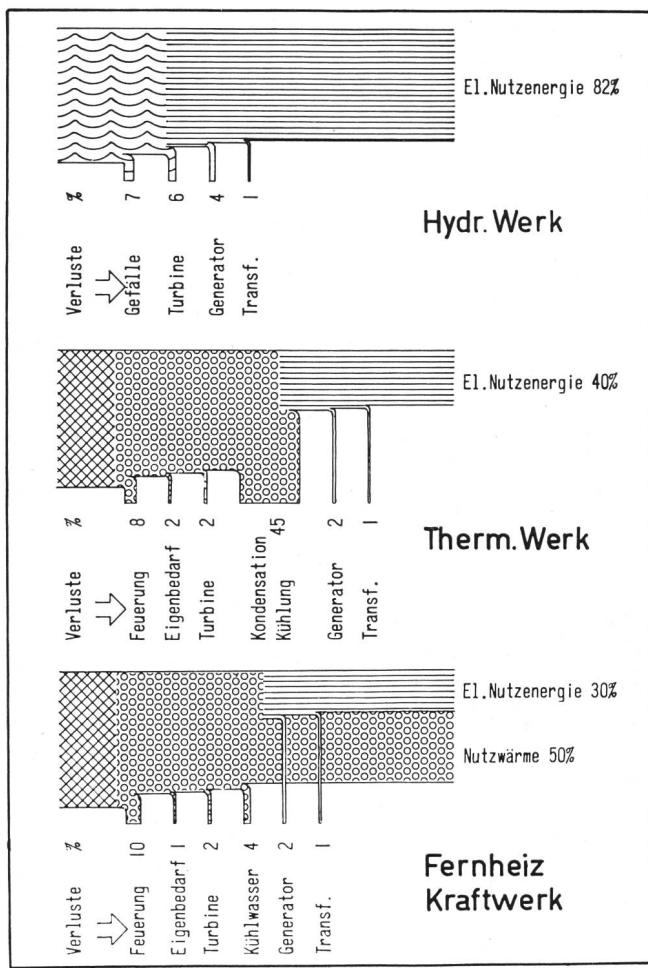


Abb. 9. Ausnutzung der Rohenergie.

durch Strassen, Bahnen und Flüsse gebildete Parzelle auf mindestens zwei Wegen für Sondertransporte mit 4,8 m Höhe zugänglich bleibt.

3. Tragfähiger Baugrund.
4. Einige hundert Meter Abstand von Siedlungen wegen Geräuschbelästigung.

Die Verschiebung des Standortes eines Unterwerkes ist möglich im Umkreis von etwa 500 m bei kleinen Spannungen, bei sehr hohen Spannungen bis zu mehreren Kilometern.

Unterwerke können ansprechend gestaltet werden und fügen sich auch gut in die Landschaft ein.

Kraftwerke

Hydraulische Kraftwerke

Der Standort hydraulischer Kraftwerke ist natürlich vorbestimmt durch die Gewässer, die Gefällsverhältnisse und bei Pumpspeicheranlagen durch die Möglichkeit der Benutzung natürlicher oder der Erstellung künstlicher Speicherbecken. Praktisch sind heute die Wasserkräfte ausgenutzt, so dass nur noch wenige solche Anlagen entstehen werden.

| Zu transportierendes Medium | Dampf | Heisswasser |
|---|--|--|
| Charakteristik Temperatur Druck Fördermenge | 150 - 450 °C 3 - 50 atü 1 - 100 t/h | 90 - 180 °C 3 - 20 atü 20 - 1000 m³/h |
| Quellpunkte | Fernheizkraftwerke Fernheizwerke Industrien Kehrichtverbrennung | Fernheizkraftwerke Fernheizwerke Industrien Kehrichtverbrennung |
| Zielpunkte | Industrien Spitäler Waschereien | Industrien alle öffentlichen und priv. Gebäude |
| Reichweite | ca. 2,0 km | ca. 3,0 km |
| Längenprofil Entlüftungen Entwässerung, Kondenstöpfe Expansionsstücke Leitungsart Leitungsquerschnitte Isolationsdicke Aussendurchmesser Schutzkanalart Abmessungen im Licht Minimale Überdeckung ca. | min. 1% Steigung od. Gefälle (Geländeangepassg.) - untere Knickpunkte alle 60 - 150 m geschweißte 80-500 + 25-150 mm 60-200 + 20-50 mm 200-900 + 70-250 mm Beton 250x300 - 1000x1100mm 50 cm | obere Knickpunkte untere Knickpunkte alle 60 - 200 m Stahlrohre 25-500 mm 30-200 + 20-150 mm 85-900 + 65-800 mm Beton 150x300 - 1000x1900mm 50 cm |
| Vorschriften Gefahren | Schweiz, Verein von Dampfkesselbesitzern ev. Explosion | fast keine |

Tab. 7. Fernwärme

| Zu transportierendes Medium | Dampf | Heisswasser | | |
|--------------------------------------|-------|-------------|-------|-------------|
| Kosten per m in Franken | min. | max. | min. | max. |
| Graben | 80.- | 400.- | 80.- | 400.- |
| Heizleitungen | 15.- | 150.- | 15.- | 150.- |
| Isolation | 15.- | 120.- | 15.- | 120.- |
| Expansionen, Armaturen | 5.- | 30.- | 5.- | 30.- |
| Kanal | 30.- | 200.- | 30.- | 200.- |
| Montage | 15.- | 150.- | 15.- | 150.- |
| Belagsarbeiten oder Kulturschäden | 30.- | 120.- | 30.- | 120.- |
| Total | 190.- | 1110-1170.- | 190.- | 1110-1170.- |

Tab. 8. Fernwärmekosten

Thermische Kraftwerke

Sieht man sich die Energiebilanzen verschiedener Kraftwerke an (Abb. 9), so fällt auf, dass bei thermischen Werken mit Einschluss der Atomwerke nur etwa 30 bis 40 % des Energieinhaltes der Brennstoffe in elektrische Energie umgewandelt werden können. 60 bis 70 % fallen als Wärme bei 60 bis 120 °C an.

Zur Einsparung von Uebertragungsverlusten sollten thermische Kraftwerke eigentlich in der Nähe der Konsumzentren erstellt werden. Dann könnte auch die

Abwärme zum Heizen und zur Warmwasserbereitung verwendet werden (Fernheizkraftwerk). Auch grosse Kehrichtverbrennungsanlagen können zu Fernheizkraftwerken ausgebaut werden (Basel, Bern, Zürich).

Erstellt man thermische Kraftwerke abseits der grossen Siedlungen, so muss auf die Abwärmeverwertung verzichtet werden. Man ist dann darauf angewiesen, die Werke an grossen Flüssen zu errichten, um die Abwärme mit dem Wasser abführen zu können. Reihen sich mehrere solcher Anlagen aneinander, so kann sich in Niederwasserzeiten das Flusswasser und damit auch das Grundwasser spürbar erwärmen (Fische, Verkrustung, wärmeres Trinkwasser!). Man sieht also, dass es für die Wahl des Standortes von thermischen Kraftwerken ganz widersprechende Forderungen gibt.

| | Therm. Kraftwerke | Fernheizkraftwerke |
|-----------------------------------|--|---|
| Techn. wirtschaftliche Begründung | Im Verbrauchergebiet am wasserreichen Fluss, Zufuhr von Brennstoffen per Schiff, Bahn oder Pipeline. | Mitten in der Stadt. Brennstoffzufuhr per Schiff, Bahn oder Pipeline. |
| Hygienische Begründung | Weit ab von den Siedlungen, weit ab von Nadelwäldern | |

Was die Zufahrten anbelangt, so muss man bei thermischen Kraftwerken mit Transportgewichten von bis zu 480 t und Durchfahrtshöhen von mindestens 5,2 m rechnen.

Andere Energieträger

Fernheizungen

Fernheizkraftwerke machen Tausende von Einzelheizungen und damit ebensoviele Oeltanks mit ihrer Gefahr für das Grundwasser überflüssig. Sie verbessern die Lufthygiene, weil es in einem grossen Werk möglich ist, die Reinigung der Rauchgase viel weiter zu treiben als in einer Einzelheizung. Auch könnte unsere Handelsbilanz spürbar verbessert werden durch Einsparungen beim Brennstoffeinkauf.

Dem Problem der Fernheizungen muss daher volle Aufmerksamkeit geschenkt werden. Man darf aber nicht verschweigen, dass sehr viele und grosse Schwierigkeiten finanzieller, rechtlicher und psychologischer Art überwunden werden müssen. Nur mit grösster Beharrlichkeit wird man schrittweise ans Ziel kommen können.

| Zu transportierendes Medium | Rohöl | Raffinerieprodukte |
|---|--|---|
| Charakteristik: Viscosität Druck Heizwert Fördermenge | 1... 25 cstk 60... 80 kg/cm ² 10 000... 11 000 kcal/kg 0,5... 50 Mio t/Jahr (bei 8 000 h) | Mitten in der Stadt. Brennstoffzufuhr per Schiff, Bahn oder Pipeline. |
| Quellpunkte: Zielpunkte: | Oelfeld, Hafen Hafen, Raffinerie Tankanlage, Kraftwerk | Hafen, Raffinerie Tankanlage, Industrie Flugplatz, Kraftwerk |
| Reichweite: Trassewahl, zu meiden sind: Minimale Abstände: Von Strassen und Bahnen Von Gebäuden | ...viele 100 km Grundwassergebiete, Rutschzonen, Bauzonen 20 m 20... 150 m | |
| Nebenanl.: Pumpwerke Schieberhäuschen Havarientank | ca. alle 70... 80 km ca. alle 20 km nach Bedarf | |
| Schutzmassnahmen, Leckschutz: | z.B. in Grundwassergebieten: Doppelrohr | |
| Rohranlage: Material Min. Ueberdeckg. Rohrdurchmesser | geschweißte Stahlrohre 1 m 150... 1 000 mm | |
| Gesetze und Vorschriften: | Eidgen. Rohrleitungsgesetz vom 4. 10. 1963 Eidgen. Verordnung vom 25. 2. 1964 Sicherheitsverordnung in Vorbereitung SIA - Normen | |
| Gefahren: | Grundwasserverschmutzung Feuer | Feuer- und Explosion |
| Kosten pro km in Franken: | 150 mm Ø Rohre Isoliert Rohrmontage Graben (sehr verschieden) Projekt, Vermessg., Erwerb v. Rechten, Nebenanl., Ba. Unvorhergesehenes | 600 mm Ø 22 000.- 35 000.- 90 000.- 70 000.- 22 000.- 250 000.- |
| | | 140 000.- 95 000.- 130 000.- 95 000.- 48 000.- 530 000.- |

Tab. 9. Oelleitungen (Pipelines)

| Transportiertes Medium | Natur - und Erdgas | | Stadtgas | | Propan |
|-----------------------------------|---|---|---|--------------------------------|-------------------------------|
| | H D | N D | H D | N D | |
| Charakteristik | | | | | |
| Unt. Heizwert kcal/m ³ | 8 100... | 9 100 | 3 200... | 3 500 | 6 000 |
| Druck kg/cm ² | ... 40 | 0,02 | ... 65 | 3,008 | 0,008 |
| Fördermenge m ³ /h | 120 000 | 350 | 35 000 | 380 | 260 |
| Quellpunkte | Erdgasfeld | Druckreglerstation | Gaswerk | Gaswerk od. Druckreglerstation | Gaswerk Raffinerie |
| Zielpunkte | Gaswerk Raffinerie Kraftwerk Heizungen Industrie Gewerbe Haushalt | Kraftwerk Heizwerk Pump- und Druckreglerstation | Kraft- und Heizwerk Druckreglerstation | Industrie Gewerbe Haushalt | Industrie Gewerbe Haushalt |
| Reichweite in km | ... 4 000 | ... 10 | ... 4 000 | ... 10 | ... 10 |
| Längenprofil | möglichst wenig Umkehrpunkte Entlüftung Entwässerung in jedem Abzweig | | | | |
| Obere Umkehrpunkte | H D: verschweißte Stahlrohre | | | | |
| Untere Umkehrpunkte | 10... 100 cm | | | | |
| Schieber | keiner | | | | |
| Leitungsa rt | 100 cm | | | | |
| Leitungsdurchmesser | N D: Gussrohre | | | | |
| Schutz der Leitung | 10... 100 cm | | | | |
| Minimale Ueberdeckung | keiner | | | | |
| Vorschriften | Bundesgesetz über Rohrleitungsanlagen zur Beförderung flüssiger oder gasförmiger Brenn- oder Treibstoffe Schweiz, Verband Gas- und Wasserfachleute | | | | |
| Gefahren | Brand- und Explosionsgefahr, zum Teil noch. giftig | | | | |
| Kosten in Franken pro km | 20 cm Ø H D | 5 cm Ø N D | 60 cm Ø N D | | |
| Graben | 110 000.- | 110 000.- | 110 000.- | | |
| Leitung verlegt } | 50 000.- | 45 000.- | 400 000.- | | |
| Montage | 42 000.- | 42 000.- | 42 000.- | | |
| Belag | (2 000.-) | (2 000.-) | (2 000.-) | | |
| ev. Durchleitungsrechte | (5 000.-) | (5 000.-) | (5 000.-) | | |
| ev. Kulturschäden | | | | | |
| Total | 202 000.- | 197 000.- | 552 000.- | | |

Tab. 10. Gas

Tabellen 7 und 8 geben eine Uebersicht über die charakteristischen Daten von Fernheizungen. Man sieht, dass solche Kanäle sowohl hinsichtlich der Kosten als auch bezüglich des Platzbedarfes recht aufwendig sind. Ganz besonders wichtig ist bei Fernheizungen, daran zu denken, dass Wärme nur etwa 2,5 bis 3 km weit übertragen werden kann.

Oelleitungen (Pipelines)

Eine zweite Kategorie von Rohrleitungen für die Energieversorgung stellen die Mineralöl-Pipelines dar (Tabelle 9). Diese werden aber im Gegensatz zu den andern Leitungen nicht in die Ortschaften eindringen, sondern verlaufen in der Regel um sie herum. In der Planung müssen sie aber gleichwohl berücksichtigt werden.

Gasleitungen

Seitdem der Auerstrumpf durch die Glühlampe verdrängt wurde, wird das Gas praktisch nur noch für Wärmeanwendungen gebraucht. Während früher ausschliesslich lokale Niederdruckverteilnetze bestanden, entstehen jetzt für die Verbundsysteme auch Fernleitungen mit hohen Drücken von 20 bis 60 atü und mehr (Tab. 10).

Nachrichtenleitungen

Obwohl nicht zur Energieversorgung zu rechnen, seien zum Schluss noch die Nachrichtenleitungen erwähnt, die ja bei der Planung auch zu berücksichtigen sind.

Das Telefon hat einen ganz andern Netzaufbau als die bisher geschilderten Energieträger. Jeder Abonnent ist über zwei eigene Drähte an die Zentrale angeschlossen, wo sich auch die Spannungsquelle und die Schalt einrichtungen befinden. Verschiedene Zentralen sind wieder untereinander verbunden. Alle Leitungen sind

gleich dick. Die in den Kabeln zusammengefassten Stränge unterscheiden sich aber durch die Zahl der Adern.

Müssen auf bestimmten Strecken sehr viele Gesprächsverbindungen zur Verfügung stehen, so greift man zu Hochfrequenzverbindungen, bei denen durch Ueberlagerung auf der gleichen Leitung bis zu vielen hundert Kanälen zur Verfügung gestellt werden können. Noch höhere Frequenzen benutzt man beim Fernsehen, wobei ein Fernsehkabel gleichviel Uebertragungsmöglichkeiten braucht wie 1260 Gesprächsverbindungen. Solche Hochfrequenzleitungen (Koaxialkabel) werden von der PTT gebraucht, z. B. für die Verbindungen zwischen Studio und Sendeanlagen. Mehr und mehr machen aber auch private Organisationen von solchen Kabeln Gebrauch für Gemeinschaftsantennen-Anlagen für Radio und Fernsehen. Dadurch kann man die Antennenwälder auf den Häusern lichten, eine Bestrebung also, die vom heimatschützlerischen Standpunkt aus sehr zu begrüssen ist.

Planerische und bautechnische Fragen

Eine der wichtigsten Fragen ist die Beanspruchung des Raumes unter den Strassen. Auch da fängt der Platz an knapp zu werden, denn außer den vielen aufgezählten Leitungen gibt es ja noch Wasserleitungen und Kanalisationen.

Der SIA hat 1951 Richtlinien für Kartierung, Verlegung und Bezeichnung unterirdischer Leitungen herausgegeben, auf die hier nochmals aufmerksam gemacht sei.

Abb. 10 zeigt, wie die Leitungen im Grundriss zu verlegen sind. Es muss vermieden werden, dass die verschiedenen Leitungen sich überkreuzen, damit jede ohne Tangierung einer andern für Reparaturen von oben zugänglich bleibt.

Es entspricht einer alten Praxis, die Abwasser kanalisation, die in der Regel am tiefsten liegt, in Strassenmitte zu legen. Auf der einen Strassenseite werden Gas und Wasser angeordnet, und zwar das Wasser so tief, dass ein Einfrieren mit Sicherheit vermieden wird. Auf der andern Seite der Strasse finden die Kabel für Telefon und Elektrizität Platz.

In grossen Städten mit dichter Bebauung wird man mit der Zeit auf Doppelinstallatoren kommen. Das heisst: Auf jeder Strassenseite werden in breiten Trottoirs alle Leitungsarten verlegt. So vermeidet man die vielen Querverbindungen. Die Höhenstaffelung aber ist auch in diesen Fällen nötig, damit die Hausanschlüsse einwandfrei bewerkstelligt werden können.

Begehbarer Kanäle

Es ist der Traum jedes Gemeindeingenieurs, alle Leitungen in einem begehbarer oder doch bekriechbarer Kanal unterzubringen, um so Strassenaufbrüche überhaupt unnötig zu machen. Solche Lösungen existieren, aber die meisten sind viel zu teuer. Leider will man die Sache in der Regel zu gut machen; man in-

| Zu übertragendes Medium: | Nachrichten (elektrische Ströme) | | | |
|---------------------------------------|--|-----------------|---------------------------------|--|
| Charakteristik: Aderpaare | Freileitungen | | Teilnehmerkabel | |
| Spannung | ca. 48 V | | | ca. 48 V |
| Quellen Zielpunkte | Abonnenten, Zentralen Zentralen, Abonnenten | | | Abonnenten, Zentralen Zentralen, Abonnenten |
| Aderpaare Kabellauendurchmesser | max. 20 — | | 1... 2400 13... 94 mm | |
| Längenprofil Trasse, minim. Radius | Bodenabstand min. 5 m wenig Knick | | Tiefe 40... 90 cm 0,5... 1 m | |
| Schutzkanäle: Art | — | | Zores | Betonrohre |
| Reichweite | 21 km | | 2... 9 km | |
| | I Aderpaar | 10 Aderpaare | I Aderpaar | 2 400 Aderpaare |
| Kosten in Franken pro km | 5 080.- | 12 300.- | 11 850.- | 204 000.- |

Tab. 11. Telefonleitungen

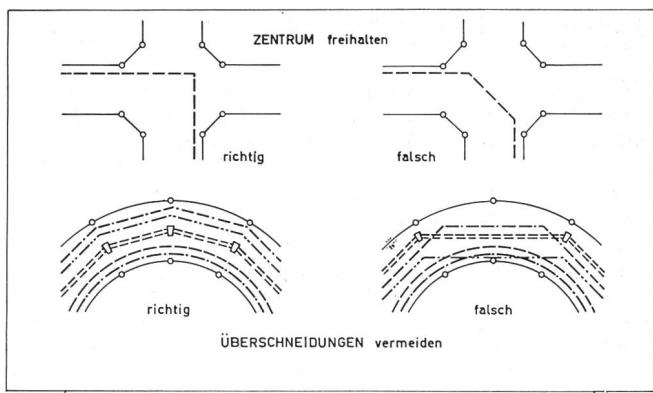


Abb. 10. Trassierung der Leitungen.

stalliert Beleuchtungen, Lüftungsanlagen, und wenn möglich wird das Ganze noch wie ein Badezimmer gekachelt. Im übrigen sind folgende Bedingungen zu berücksichtigen:

1. Trinkwasserleitungen dürfen nicht einfrieren, aber sie sollen doch stets kühl bleiben, denn nichts ist unangenehmer als warmes Trinkwasser. Wo also Heizleitungen verlegt werden, ist die Wasserleitung fehl am Platz.
2. Gasleitungen können undicht werden. Tritt Gas aus, so kann ein explosibles Gemisch entstehen. Kommt dazu ein Funke — es genügt der Schaltfunke in einem elektrischen Schalter oder das Einstecken eines Steckers — so kann ein Unglück entstehen. Gas und Elektrizität sind also nach Möglichkeit zu trennen.
3. In elektrischen Leitungen entsteht Wärme, die abgeführt werden muss. Werden Kabel in die Erde eingebettet, so kann man sie etwa 30 % höher beladen, als wenn sie offen oder in isolierenden Kanälen verlegt werden. Die Einlegung in Kanäle verteuert daher die elektrischen Installationen ganz beträchtlich, indem man bei offener Verlegung viel dickere Kabel braucht.

Mit der Erstellung begehbarer Kanäle längs der Strassen sind aber noch nicht alle Schwierigkeiten behoben. Alle Leitungen müssen ja Anschlüsse an die Gebäude haben. Was würde es also nützen, nur den Längskanal begehbar zu machen? Auch für die quer zur Strasse verlaufenden Anschlüsse müssen Lösungen gesucht und gefunden werden.

Querleitungen könnten zum Beispiel auf jeder Strassenseite zwei Liegenschaften versorgen. Das heisst: Solche Querleitungen wären etwa alle 50 m nötig. Dann fehlen aber immer noch die Anschlussleitungen zu den Schlammsammlern, Telefonkabinen, Straßenlampen und in Städten die vielen Leitungen für die Verkehrssignale.

Es ist verdienstlich, dass der SIA im Sinne hat, sich dieser Fragen anzunehmen, sei es, dass ausgewählte Fachleute mit einem Studienauftrag betraut werden oder dass ein Wettbewerb ausgeschrieben wird.

Verschiedenes

Dass die Werke gegen die Streusiedlungen eingestellt sind und somit am gleichen Strick ziehen wie die Planer, sei der Vollständigkeit halber erwähnt. Denn Streusiedlungen erheischen lange, teure Zuleitungen, die schlecht ausgenutzt werden. Sinngemäß sind diese Ueberlegungen auch für landwirtschaftliche Siedlungen gültig. Ich betrachte es als falsch, solche Siedlungen durchwegs als Einzelhöfe zu projektierten. Zweckmässiger erschiene es mir, zwei bis vier Siedlungen zu einer Gruppe zusammenzufassen. Das hat neben wirtschaftlicheren Anlagen für Wasser, Telefon, Abwasser und Strom auch noch den Vorteil, dass nachbarliche Hilfe möglich wird.

Ich möchte an dieser Stelle auch noch ein Wort zur doppelschienigen Versorgung mit Gas und Strom sagen. Ich bezweifle, dass es sinnvoll wäre, alle neuen Wohnhäuser mit Gas zu versorgen. Da Gas die Elektrizität nur im Wärmesektor ersetzen kann, muss doch jedes Haus Elektrizität zugeleitet bekommen. Die Kosten für die Gasverteilung sind vollständig zusätzlich, so dass die Doppelinstallations in jedem Fall viel teurer zu stehen kommt.

Die Ausscheidung von Gewerbe- und Industriezonen in den Dörfern und Städten ermöglicht aber, in diesen Gebieten mit relativ wenig Aufwendungen ein Gasnetz für die Wärmeversorgung der Werkstätten und Fabriken aufzubauen, um so einen beträchtlichen zusätzlichen Gaskonsum zu schaffen. Eine solche Entwicklung wäre noch vertretbar. Die Elektrizitätswerke müssten sich mit allen ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln dagegen wehren, wenn das Gas alle rentablen Grossiedlungen versorgen wollte und der Elektrizität die unrentablen Streusiedlungen überlassen wollte.

| | El.Energie | Gas | Öel |
|--|-----------------------|----------|----------|
| Vollelektrifiziert einschliesslich Heizung | 11,2 kW 13 000 kWh | — | — |
| Vollelektrifiziert, jedoch mit Ölheizung | 1,2 kW 3 000 kWh | — | 3 000 kg |
| Gasküche und Ölheizung | 1,2 kW 2 000 kWh | 240 m³ | 3 000 kg |
| Küche und Warmwasserbereitung mit Gas | 0,8 kW 600 kWh | 500 m³ | 3 000 kg |
| Küche, Warmwasserbereitung und Heizung mit Gas | 0,8 kW 600 kWh | 3 000 m³ | — |

Tab. 12. Durchschnittlicher Energieverbrauch pro Haushalt und Jahr