Energieversorgung

Autor(en): **Wüger, H.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **23 (1966)**

Heft 3

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-783844

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://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 vorkommt (Tab. 1).

Nicht alle Energiearten sind gleich wichtig und gleich begehrt. 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 Kraftwerksleistung 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 ausgenützt 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 Süditalien 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.

Energiearten			
Hauptgattungen	Untergruppen	Beispiel	Leitungsarten
Mechan. Energie	Energie d. Lage Bewegungsenergie	Speichersee Druckluft strömendes Wasser	- Rohrleitung Rohrleitung
Wärme		Heisswasser Dampf	Fernheizleitung
Chem. Energie	Lebensmittel Brennstoffe	Holz, Kohle Oel 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
Oel, Kohle	kein Detailverkauf über Rohrnetz Kohlen- und Oelhändler	1 300
Gas	Kommunale und private Gaswerke	88
Wärme (Fernwärme)	Oeffentliche oder private Körperschaften, Industrie	5
Elektrizität	Private, gemeinwirtschaftliche, kommunale und staatliche Elektrizitätswerke	1 250
"Nachrichten"	P T T	1

Tab. 2. Die Energielieferanten

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

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.

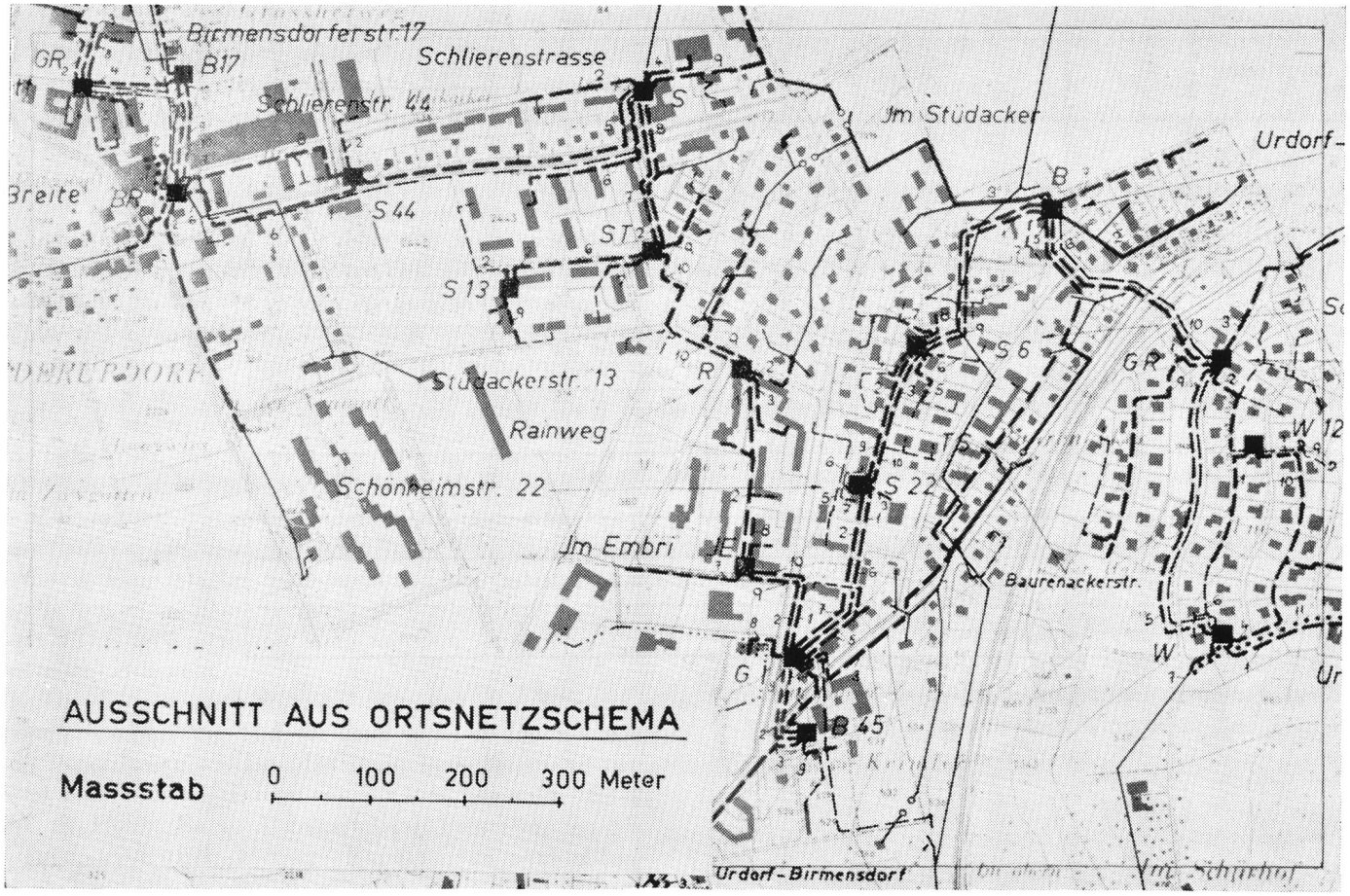


Abb. 1. Ausschnitt aus Ortsschema.

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..... Grundriss.....	Minimale Abstände über Strassen und von Gebäuden möglichst wenig Winkel			
Leitungsart.....	blanke Drähte und Seile aus Kupfer, Aldrey, Stahl + Aluminium			
Leitungsquerschnitt.....	4 mm ø... 120 mm²	5,5mmø...240mm²	50... 400 mm²	bis 600 mm²
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 Baukosten in Franken pro km.	Niederspannung		Hochspannung				
			Mittelspannung		Hochspannung		Höchstspannung
	4 - Leiter		3-Leiter	6-Leiter	6 - Leiter		6 x 2er Bündel
	4 mm ø	120 mm²	5,5 mm ø	240 mm²	50 mm²	400 mm²	600 mm²
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 Grosstädten, 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 anzuordnen. 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

a) der Stationsboden über dem allerhöchsten Grundwasserstand liegt,
b) von Kanalisationen her selbst im ungünstigsten Fall kein Rückstau entstehen kann,
c) 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 Uebertragbare Leistung	220,380,500,1000 V 0,08... 0,24 MVA	16 kV 4,5... 8,5 MVA	60 kV 28... 63 MVA	220 kV 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 Leiterquerschnitt Kabelaussendurchmesser	4 25... 150 mm² 35... 65 mm	3 50... 150 mm² 60... 85 mm	3 95... 400 mm² 70... 100 mm	3 x Einleiter 200... 600 mm² 80... 90 mm
Spez. Einrichtungen (Armaturen)	Muffen und Endverschlüsse Kabelverteilkabinen		Endverschlüsse Oeldrucktank	
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

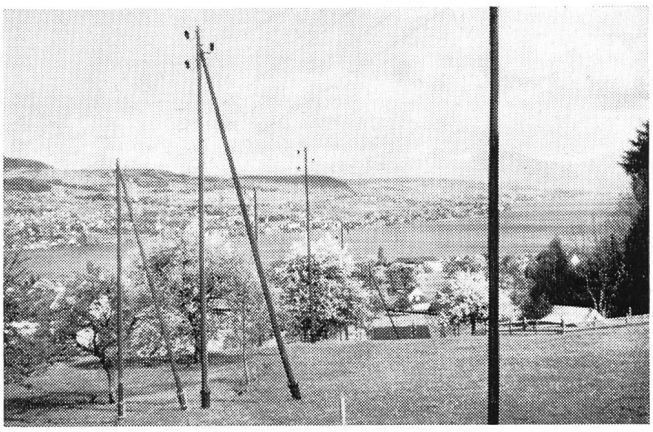


Abb. 2. Freileitungen oberhalb Thalwil.

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.

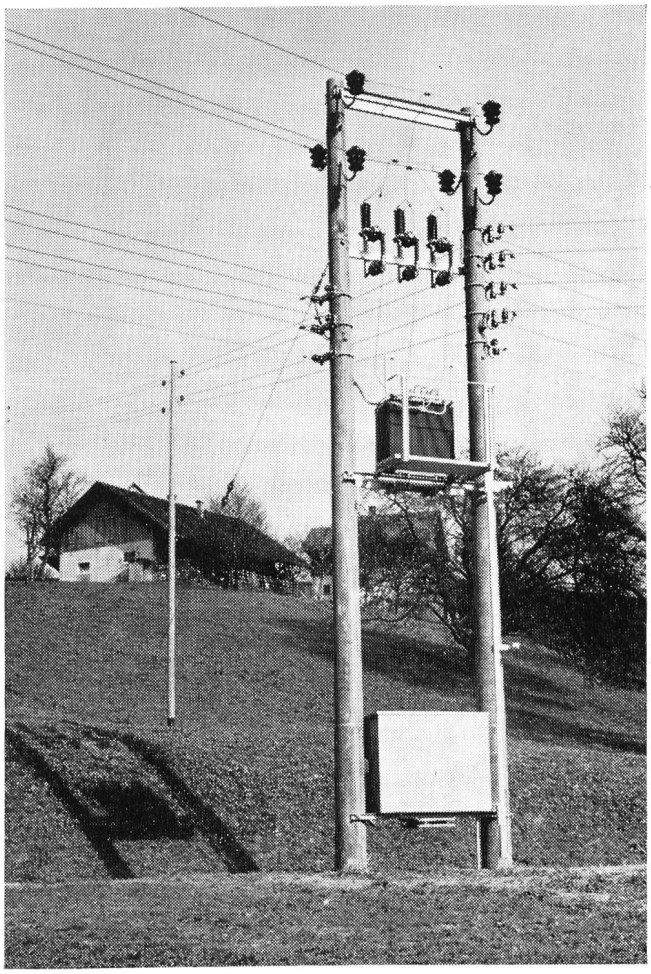


Abb. 3. Transformatorenstation (Betonmaststation) in Hirzel.

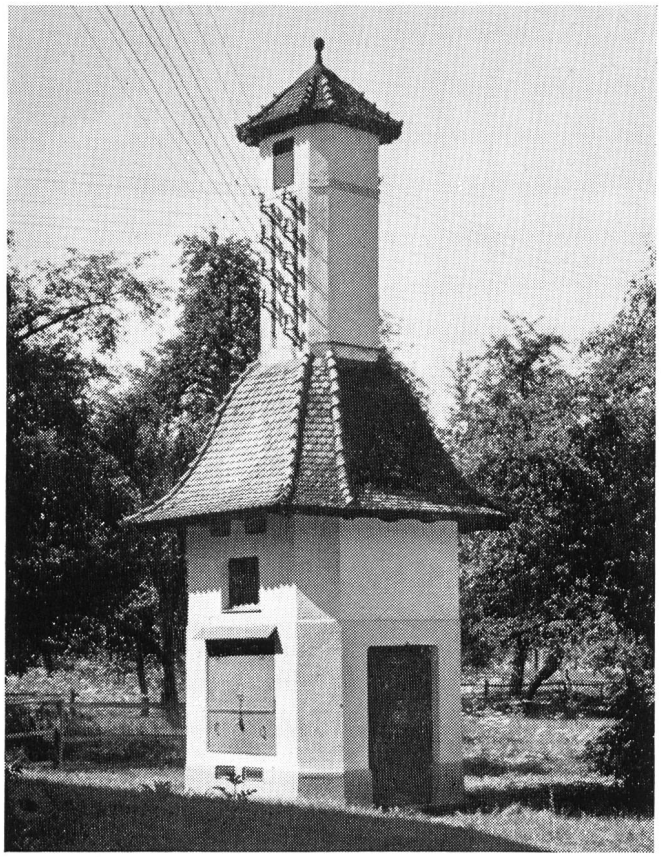


Abb. 4. Transformatorenstation Bonstetten-Dorf.

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

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).

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. 5. An Einfamilienhaus angebaute Transformatorenstation in Uitikon.

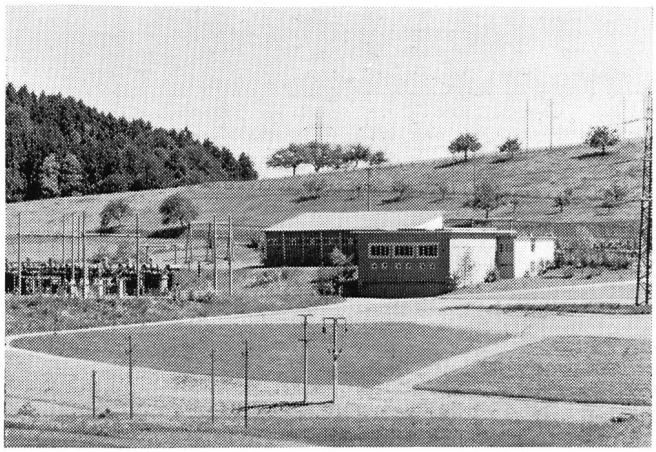
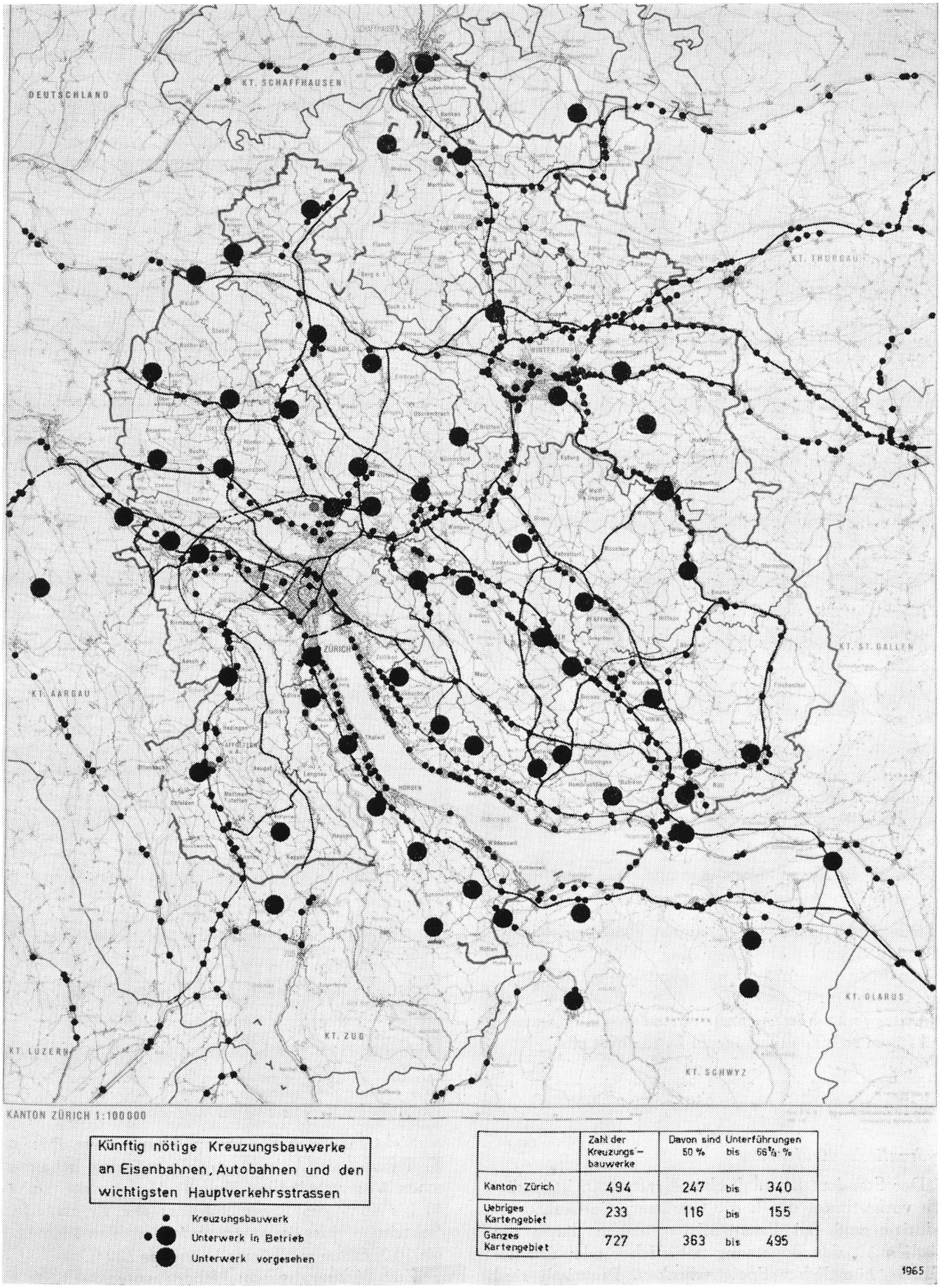


Abb. 7. Unterwerk Aathal. Von links nach rechts: 150-kV-Freiluftanlage, Schalthaus, Teil der 50-kW-Freiluftanlage.



	Zahl der Kreuzungs-bauwerke	Davon sind Unterführungen 50 %	bis	66⅔ %
Kanton Zürich	494	247	bis	340
Uebriges Kartengebiet	233	116	bis	155
Ganzes Kartengebiet	727	363	bis	495

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

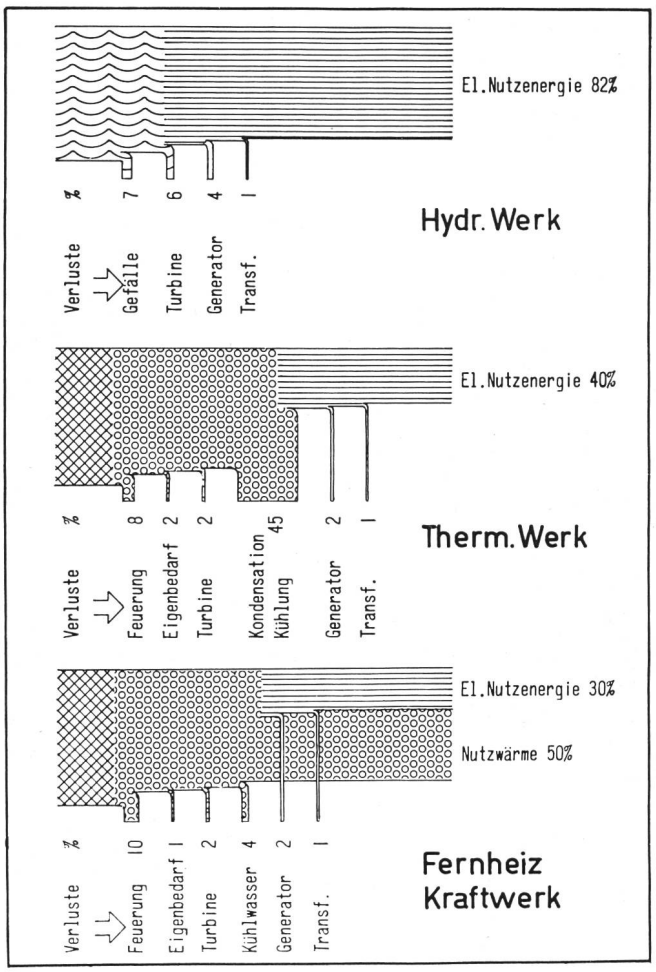


Abb. 9. Ausnutzung der Rohenergie.

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

Tab. 7. Fernwärme

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.

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	30.-	120.-	30.-	120.-
Kulturschäden	-.-	60.-	-.-	60.-
Total	190.-	1110-1170.-	190.-	1110-1170.-

Tab. 8. Fernwärmekosten

Kraftwerke

Hydraulische Kraftwerke

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

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, Verkrautung, 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/cm² 10 000... 11 000 kcal/kg 0,5... 50 Mio t/Jahr (bei 8 000h)	
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 Havarietank	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 ⌀	600 mm ⌀
Rohre isoliert	22 000.-	140 000.-
Rohrmontage	35 000.-	95 000.-
Graben (sehr verschieden)	90 000.-	130 000.-
Projekt, Vermessg., Erwerb v. Rechten, Nebenanl., Ba.	70 000.-	95 000.-
Unvorhergesehenes	22 000.-	48 000.-
Totale Baukosten	250 000.-	530 000.-

Tab. 9. Oelleitungen (Pipelines)

Transportiertes Medium	Natur - und Erdgas		Stadtgas		Propan
Charakteristik	H D	N D	H D	N D	N D
Unt. Heizwert kcal/m³ Druck kg/cm² Fördermenge m³/h	8 100... 9 100 ... 40 120 000	0,02 350	3 200.. 3 500 ... 65 35 000	0,008 380	6 000 0,008 260
Quellpunkte	Erdgasfeld	Druckregler-station	Gaswerk	Gaswerk od. Druckregler-station	Gaswerk Raffinerie
Zielpunkte	Gaswerk Raffinerie Kraft- und Heizwerk Pump- und Druckregler-station	Kraftwerk Heizungen Industrie Gewerbe Haushalt	Kraft- und Heizwerk Druckregler-station	Industrie Gewerbe Haushalt	Industrie Gewerbe Haushalt
Reichweite in km	... 4 000	... 10	... 4 000	... 10	... 10
Längenprofil Obere Umkehrpunkte Untere Umkehrpunkte Schieber Leitungsart Leitungsdurchmesser Schutz der Leitung Minimale Ueberdeckung	möglichst wenig Umkehrpunkte Entlüftung Entwässerung in jedem Abzweig H D: verschweisste Stahlrohre 10... 100 cm keiner 100 cm		N D: Gussrohre 10... 100 cm keiner 100 cm		
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 ⌀ H D		5 cm ⌀ N D		60 cm ⌀ N D
Graben	110 000.-		110 000.-		110 000.-
Leitung verlegt Montage	50 000.-		45 000.-		400 000.-
Belag	42 000.-		42 000.-		42 000.-
ev. Durchleitungsrechte	(2 000.-)		(2 000.-)		(2 000.-)
ev. Kulturschäden	(5 000.-)		(5 000.-)		(5 000.-)
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 Schalteinrichtungen 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 benützt 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.

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

Tab. 11. Telefonleitungen

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 herausgeben, 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 Abwasserkanalisation, 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 Doppelinstallationen 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.

Begehbare Kanäle

Es ist der Traum jedes Gemeindeingenieurs, alle Leitungen in einem begehbaren oder doch bekriechbaren 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-

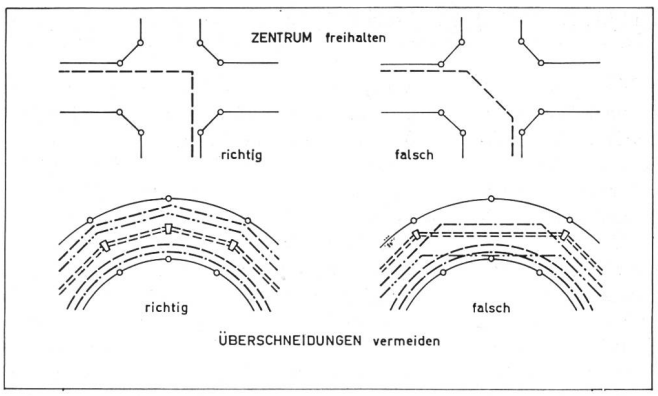


Abb. 10. Trassierung der Leitungen.

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 belasten, 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 ausgenützt werden. Sinngemäss sind diese Ueberlegungen auch für landwirtschaftliche Siedlungen gültig. Ich betrachte es als falsch, solche Siedlungen durchwegs als Einzelhöfe zu projektieren. 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 Doppelinstallation 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	Oel
Vollelektrifiziert einschliesslich Heizung	11,2 kW 13 000 kWh	—	—
Vollelektrifiziert, jedoch mit Oelheizung	1,2 kW 3 000 kWh	—	3 000 kg
Gasküche und Oelheizung	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