Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 91 (1973)

Heft: 45

Artikel: Das Bauxit- und Tonerdeprojekt der Alusuisse in Australien. 6. Teil: Energieverteilung und Fernmeldung

Autor: Nüesch, Hansjörg

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72043

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: 09.08.2025

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

Zweifel am intakten vollen Querschnitt nicht auszuräumen vermögen. Das Anbohren von unbewehrten Pfählen, wenn sie ein Längen/Durchmesser-Verhältnis von $N > 15$ besitzen, ist deshalb wenig sinnvoll, kann bestenfalls doch nur ein positiver Beweis erbracht werden.

Der räumliche Verlauf einer Bohrachse lässt sich für Kern- wie für Pfahlbohrungen genau vermessen. Bohrlochvermessungen sind aber eher kompliziert und aufwendig. Die Vorbereitungen dazu verlangen es, dass der zu vermessende Pfahl zu beginn der Arbeiten festgelegt wird, was den Kontrollwert einer solchen Messung vermindert. Zudem nützt eine genau vermessene Bohrachse wenig, wenn die Pfahlachse nicht entsprechend genau bekannt ist. Für die gegenseitige Lagebestimmung können am Pfahlfuss sowie allenfalls in verschiedenen Tiefen «Spione» einbetoniert werden. Diese bestehen aus verschieden grossen Kreisscheiben (Bild 8). Im gewonnenen Kern kann an Hand der herausgebohrten Scheibchenzahl sehr leicht bestimmt werden, wo die Bohrachse – wie der Schuss in einer Scheibe – sitzt.

4. Schlussbemerkungen

Oft wird auch die Frage aufgeworfen, ob die Kontrollbohrung über den Pfahlfuss hinauszugehen habe. Im Normalfall ist dies sicher wünschenswert, vermittelt eine Kerngewinnung im Fussbereich doch für die Beurteilung des Tragverhaltens wichtige Anhaltspunkte, besonders auch, ob die Bohrlochsohle vom Bohrschmand gereinigt wurde. Bild 9 zeigt ein eindrückliches Beispiel, wo der schlechte Übergang Pfahlfuss/Fels durch das Kernbild belegt wird. Die Schräge beim letzten Betonkern ist übrigens für Bohrpfähle typisch, wenn die Bohrachse aussenmittig austritt.

Grundsätzlich sollten die Bohrlöcher nachher wieder geschlossen werden. Bei Pfählen, die in den Fels oder in eine harte Moräne einbinden, genügt ein Verfüllen mit Zementmilch. Stehen die Pfahlfüsse aber im Lockermaterial, ist bei der Bohrarbeit grösste Vorsicht geboten, um den Boden unter dem Pfahlfuss nicht aufzulockern. Es empfiehlt sich in einem solchen Falle, in das Bohrloch ein Injektionsrohr einzubetonieren, das am unteren Ende im Bereiche des Pfahlfusses ein Ventil besitzt. Dadurch ist es möglich, nach einer ersten Injektion von Bohrloch und Fusspartie in einer zweiten Phase, wenn der Pfahl schon teilweise belastet ist, mit höherem Druck eine Nachinjektion vorzunehmen.

Literatur

[1] DIN 4026 (D), Cabier des charges Typ 104 (Belg.)

[2] *M. Brugger:* «Amerik. Stand der Bohrtechnik», SBZ, 89. Jahrg., Heft 6, S. 121–125

[3] *G. Priekel:* «Tiefbohrtechnik», Springer, Wien 1957

[4] *Lubinski:* Drilling Derivation. «World Oil» Chicago, März/Mai 1951, S. 68–74

Adresse des Verfassers: *F. Andres,* dipl. Ing., Kesselhaldenstrasse 61a, 9016 St. Gallen.

Das Bauxit- und Tonerdeprojekt der Alusuisse in Australien

DK 669.712:553.492

6. Teil[1]): Energieverteilung und Fernmeldung

Von **Hansjörg Nüesch,** Zürich

1. Energieverteilung

1.1 Einleitung

Die Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie ist dadurch charakterisiert, dass im reinen Inselbetrieb gefahren wird, und neben einem Industrieunternehmen auch eine Stadt und die ganze Infrastruktur versorgt werden muss. Da Da die Verbraucher in ihrer Natur sehr verschiedenartig und bis zu 25 km von der Energiequelle entfernt sind, findet man alle Elemente eines grossen Verteilsystems in verkleinertem Massstabe wieder. Bild 1 vermittelt einen Eindruck über die Distanzen zwischen den Versorgungsgebieten. Die Anschlussleistungen der wichtigsten Verbrauchergruppen sind:

Stadt	7 MW
Siedlungen	4 MW
Wasserversorgung	0,8 MW
Mine und Förderbänder zur Bauxithalde	4,5 MW
Bauxit- und Tonerde-Exportsystem	2,5 MW
Tonerdewerk mit Hilfsbetrieben	35 MW

Tabelle 1 gibt zusammenfassend Auskunft über den Gesamtumfang der Elektroinstallationen.

Bei der Betrachtung dieser Zahlen muss berücksichtigt werden, dass für wichtige Antriebe jeweils vollwertige Reserven installiert sind und dass auch in den meisten Umspannstationen eine gewisse Reserve an Transformatorenleistung vorhanden ist.

[1]) Fortsetzung von H. 45 und 51/1972, S. 1143–1151 bzw. 1327–1333 sowie H. 2, 24 und 27/1973, S. 21–28, 582–588 und 668–679.

Der vorliegende Aufsatz geht hauptsächlich auf die Verteilung in der Tonerdefabrik ein, berichtet aber auch zusammenfassend über die werksexterne Verteilung sowie über die Baustromversorgung.

1.2 Die Aufgabenstellung

Es sollte ein Verteilnetz aufgebaut werden, welches in der Lage ist, im Rahmen des Gesamtterminplanes und mit der geforderten grösstmöglichen Zuverlässigkeit alle Verbraucher mit elektrischer Energie zu versorgen. Der Terminplan verlangte, dass die Versorgungsgebiete in nachstehender Reihenfolge erschlossen werden sollten:

Siedlung Wallaby Beach
Baustrom im Werkareal (1. Teil)
Siedlung Mt. Saunders
Baustrom im Werkareal (2. Teil)
Mine
Wasserversorgung
Langstreckenförderbänder
Stadt (progressiv)
Exportsystem
Tonerdewerk

Beim Netzaufbau mussten lokale Kriterien und Bedingungen wie hohe Umgebungstemperaturen, hohe Feuchtigkeit, tropische Stürme mit Windgeschwindigkeiten bis 210 km/h, Gefahr von Buschfeuern, Termiten und salzhaltige Luft berücksichtigt werden.

1.3 Die Baustromversorgung

Das Dieselkraftwerk mit seinen fünf Einheiten von je 2750 kW bildet den Kern der eigentlichen Baustromversor-

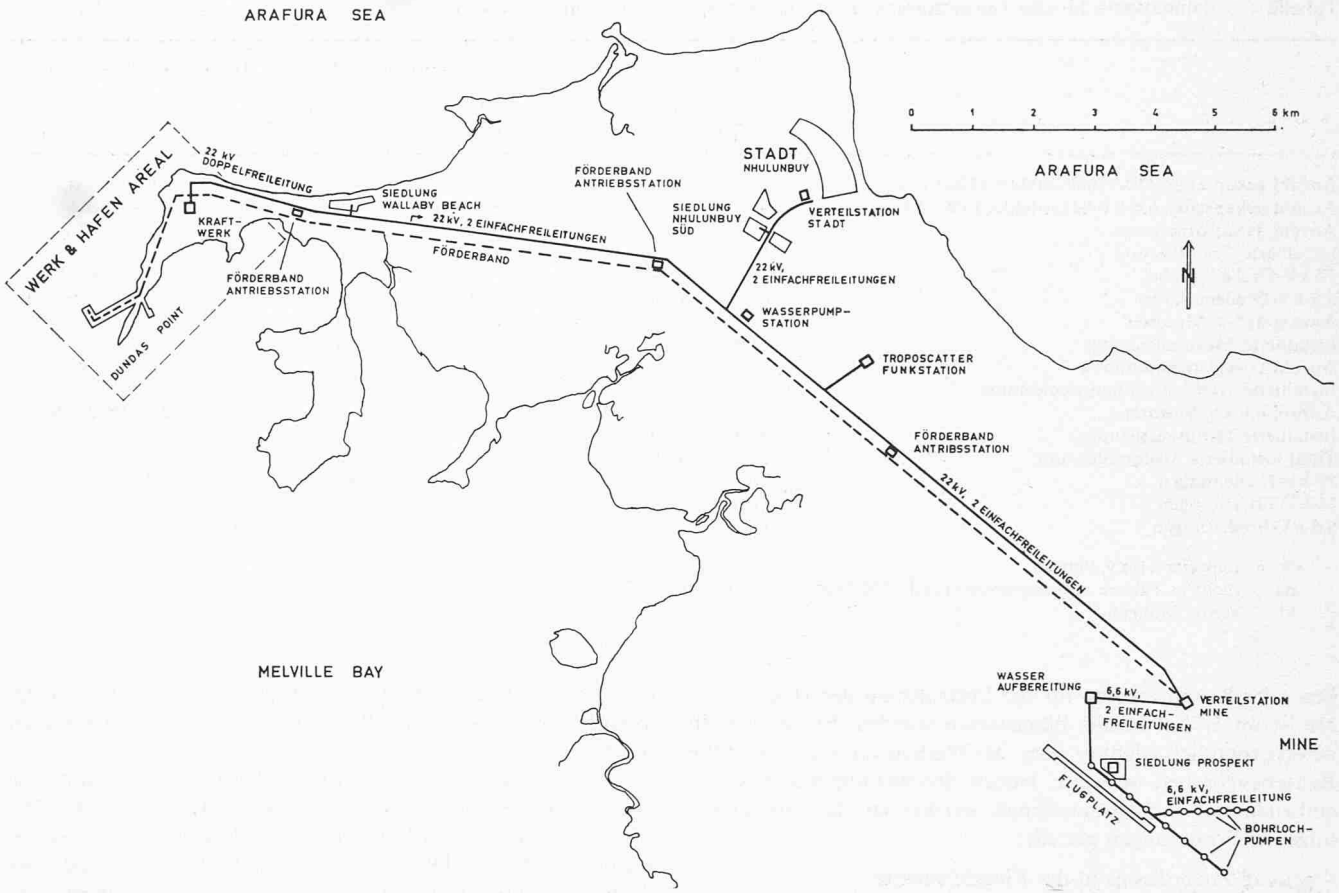


Bild 1. Elektrische Energieverteilung – Gove Peninsula

gung. Da aber bis zur Inbetriebnahme der ersten dieser Dieselgruppen mindestens vierzehn Monate nötig waren, mussten Lösungen getroffen werden, um möglichst schnell nach dem Baubeschluss schon die kleineren Verbraucher versorgen zu können. Drei Phasen waren nötig, um mit dem Wachstum des Bedarfes Schritt zu halten:

- Stromerzeugung mit kleinen mobilen Dieselgeneratoren direkt beim Verbraucher
- Erstellen von einzelnen örtlichen Verteilsystemen
- Zusammenschluss der Systeme und möglichst zentrale Energieerzeugung

Es standen insgesamt 22 Dieselgeneratoren mit Leistungen zwischen 45 und 480 kW zur Verfügung. Diese waren teilweise fahrbar auf Rädern montiert, um einen sehr flexiblen Einsatz zu ermöglichen. Die andern standen auf Kufen und konnten in ebenem Gelände über kürzere Distanzen geschleppt werden. Jede Einheit war mit Brennstofftank, Schalt- und Schutzgeräten sowie Wetterschutz auf einem gemeinsamen Grundrahmen montiert, so dass sie überall autonom und sofort eingesetzt werden konnte.

Von der Prospektionszeit her standen zwei kleine Dieselgeneratoren im Camp beim Flugplatz zur Verfügung. Dann entwickelten sich die Siedlungen Wallaby Beach und Mt. Saunders. An beiden Stellen wurden stufenweise Gruppen aufgestellt, die schliesslich in der Lage sein mussten, eine Dauerleistung von etwa 1000 bzw. 1500 kW abzugeben. Weit verstreut wurden zahlreiche einzelne Dieselgruppen aufgestellt. Jede Siedlung erhielt dann ein lokales 22-kV-Freileitungsnetz, das später an das endgültige Netz angeschlossen werden sollte. Anschliessend baute man die wichtigsten permanenten Überlandleitungen für 22 kV, um eine Kupplung aller Systeme zu erlauben, sobald die Hauptdieselzentrale betriebsbereit war.

Später haben die mobilen Dieselgeneratoren an vielen unvorhergesehenen Orten wertvolle Dienste geleistet und sogar zu gewissen Zeiten zusätzliche Spitzenleistung abgegeben. Zweimal wurden auch Gruppen in die benachbarte Mission transportiert, weil dort die eigenen Gruppen ausgefallen waren, dadurch konnte der Verderb sämtlicher Gefrierprodukte verhindert werden. Schliesslich konnten oftmals Anlageteile geprüft und in Betrieb genommen werden, bevor der endgültige Anschluss bereitstand.

1.4 Das Werkversorgungsnetz

1.4.1 Verwendung der elektrischen Energie im Tonerdewerk

Bei der Tonerdeherstellung wird elektrische Energie hauptsächlich benötigt

- zur Zerkleinerung und Mahlung von Bauxit
- zur Förderung von Flüssigkeiten, Suspensionen und Feststoffen mittels Pumpen, Transportbändern und pneumatischen Förderanlagen
- zum Rühren von Suspensionen mittels mechanischer Rührwerken und Mammutpumpen
- zum Antrieb von Produktionseinheiten wie Drehrohröfen, Rotationsfiltern, Vakuumpumpen, Gebläsen usw.
- zur Beleuchtung der Werkanlagen, Strassen und Büros
- für Klimaanlagen
- für die motorischen Antriebe der Maschinen in den Unterhaltswerkstätten usw.

1.4.2 Anforderungen an die Versorgungssicherheit

Die Tonerdeherstellung stellt einen kontinuierlichen Prozess dar. Störungen in der Stromversorgung führen je nach Art der Störung zu Komplikationen im Betrieb, zu Abstellungen von Anlageteilen und damit zu Produktionsausfällen. Auf die schwerwiegenden Folgen beim Ausfall von Rührwer-

Tabelle 1. Zahlenwerte für das Gesamtprojekt (Produktionskapazität an Tonerde 1 Mio t/a)

	Einheit	Fabrik und Hafen	Kraftzentralen	Mine, Wasserversorgung Überlandförderband	Stadt und Siedlungen	Total	Bereich
Anzahl gekapselter 22-kV-Schaltfelder (1000 MVA)	–	51	28	5	27[1])	111	630–1600 A
Anzahl gekapselter 6,6-kV-Schaltfelder (350 MVA)	–	47	40	9	–	96	630–1250 A
Anzahl Transformatoren	–	45	13	25	38	121	0,05–50 MVA
Installierte Trafoleistung	MVA	54	190	15	40	299	
22-kV-Dreileiterkabel	m	15000	kl	–	–	15000	25–300 mm² Al
6,6-kV-Dreileiterkabel	m	12500	400	800	–	13700	35–240 mm² Cu
Anzahl 415-V-Motoren	–	1000	265	125	na	1390	0,125–250 kW
Installierte Motorenleistung	MW	24,6	1,6	4,8	na	31,0	
Anzahl Gleichstrommotoren	–	19	kl	2	–	21	11–250 kW
Installierte Gleichstrommotorenleistung	MW	0,95	kl	0,11	–	1,06	
Anzahl 6,6-kV-Motoren	–	47	12	3	–	62	250–1800 kW
Installierte Motorenleistung	MW	22,0	16,3	1,45	–	39,75	
Total installierte Motorenleistung	MW	47,55	17,9	5,04	na	71,81	
22-kV-Freileitungen	km	3	–	43	4	50	
11-kV-Freileitungen	km	–	–	–	9	9	
6,6-kV-Freileitungen	km	–	–	14	–	14	

[1]) = teilweise 11-kV-Betrieb
na = nicht in Tabelle aufgenommen (rund 2500 Motoren hauptsächlich für Klimaanlagen)
kl = kleine Mengen

ken oder Kompressoren für die Luftrührung der Hochzersetzer ist im 5. Teil bereits hingewiesen worden. Es ist deshalb ausserordentlich wichtig, dass die Werkversorgung eine hohe Betriebssicherheit aufweist. Neben den installierten Reserveeinheiten von Arbeitsmaschinen werden an das Verteilnetz folgende Forderungen gestellt:

- grösste Zuverlässigkeit der Einzelelemente
- doppelte Anspeisung der wichtigsten Umspannstationen
- Berücksichtigung der schweren Betriebsbedingungen des Tonerdewerkes
- einfacher Aufbau der Energieverteilung
- Vereinheitlichung und Standardisierung der Geräte (besonders wichtig wegen entlegenem Standort)

1.4.3 Das Verteilkonzept

Das Verteilsystem wurde vor der Detailprojektierung festgelegt. Vorerst musste für jeden Verbraucher untersucht werden, welche Folgen ein Stromunterbruch nach sich zieht und wie sich die effektive Unterbruchsdauer auswirkt. Alsdann konnte die notwendige Versorgungssicherheit bestimmt werden. Im Falle eines totalen Zusammenbruches der Erzeugung, bei dem die Dieselzentrale automatisch angefahren wird, oder für einen Teilausfall der Verteilung kann jeder Verbraucherkategorie eine Priorität nach Tabelle 2 zugewiesen werden.

Tabelle 2. Nach Prioritäten geordnete Verbraucherkategorien

Priorität	Verbraucher	Anforderung bei Stromausfall
1	Instrumentierung und Prozesssteuerung, Notbeleuchtung in kritischen Kontrollräumen und Anlageteilen	Muss ohne Verzug wieder betriebsbereit sein
2	Antriebe der Drehrohröfen	Müssen innerhalb weniger Minuten wieder laufen, um Schäden zu vermeiden
3	Kompressoren für die Luftrührung der Hochzersetzer	Dürfen 10 bis 20 Minuten ausgeschaltet bleiben
4	Mech. Rührwerke und allgemeine Beleuchtung	Sollen so schnell wie möglich wieder in Betrieb sein
5	Dampfkraftwerk-Hilfsbetriebe	Möglichst kurzer Unterbruch
6	Pumpen, Transportbänder und Prozessapparate	Produktionsausfall, muss möglichst beschränkt bleiben
7	Hilfsbetriebe, die nicht im Produktionsstrom liegen (Büros, Werkstätten)	Keine besonderen Anforderungen

Die Forderung der Priorität 1 kann nur mit Batterien oder mitlaufenden Notstromgruppen erfüllt werden. Die Prioritätsgruppe 2 fordert ganz besondere Massnahmen; so wurde lokal eine Dieselnotstromgruppe installiert. Bei der Priorität 3 sind die Leistungen so hoch, dass auf jeden Fall eine Kraftzentrale laufen muss. Für die Kompressoren musste die Sicherheit auch aus mechanischen Gründen durch Aufstellen mehrerer Reserveeinheiten erkauft werden. Da diese je eine Leistung von 1800 kW aufweisen, wurden sie im Dampfkraftwerk aufgestellt und direkt an verschiedene Sammelschienenabschnitte der 6,6-kV-Eigenbedarfsversorgung angeschlossen, wo höchste Zuverlässigkeit garantiert werden kann. Die automatisch anfahrenden Dieselgeneratorgruppen im Dieselkraftwerk sind über 6,6-kV-Kabelleitungen mit den 6,6-kV-Eigenbedarfsschienen des Dampfkraftwerkes verbunden. Verbraucher in der Prioritätsgruppe 7 können ohne weiteres längere Stromunterbrüche ertragen, und die Versorgung ist deshalb ganz konventionell.

Die Prioritätsgruppe 4, 5 und 6 umfasst bei weitem die Mehrheit der Verbraucher, weshalb nachfolgend auf diese Gruppe näher eingegangen wird. Für die Priorität 4 wäre das Ideal ein völlig unabhängiges Notstromverteilsystem. Die Vielzahl und die grosse Entfernung zwischen den Verbrauchern sowie die beträchtliche Leistung, welche benötigt wird, schliessen jedoch ein besonderes Niederspannungsverteilnetz aus. Auf der andern Seite sind die Kosten für ein unabhängiges Hochspannungsnotstromsystem enorm hoch, und so lag es auf der Hand zu untersuchen, ob man von einem eigentlichen Notstromnetz absehen könne.

Die Forderung nach minimalem Produktionsverlust bei der Priorität 6 bedingt in erster Linie auch eine derartige Gestaltung des Produktionsprozesses, dass eine mechanische Störung nicht zu einem Stillstand führt. Es sind deshalb alle im Produktionsstrom liegenden Pumpen und Prozessapparate durch Reserven ergänzt, so dass bei einem Ausfall einfach auf die Reserveeinheit umgeschaltet werden kann. Dies verlangt auch von der Energieversorgung einen entsprechend hohen Zuverlässigkeitsgrad, der auch nur erreicht werden kann, wenn in einem gewissen Ausmasse Reserven eingebaut werden. Nachdem bei dieser Priorität zusätzliche Installationen notwendig sind, war es naheliegend, den nächsten Schritt

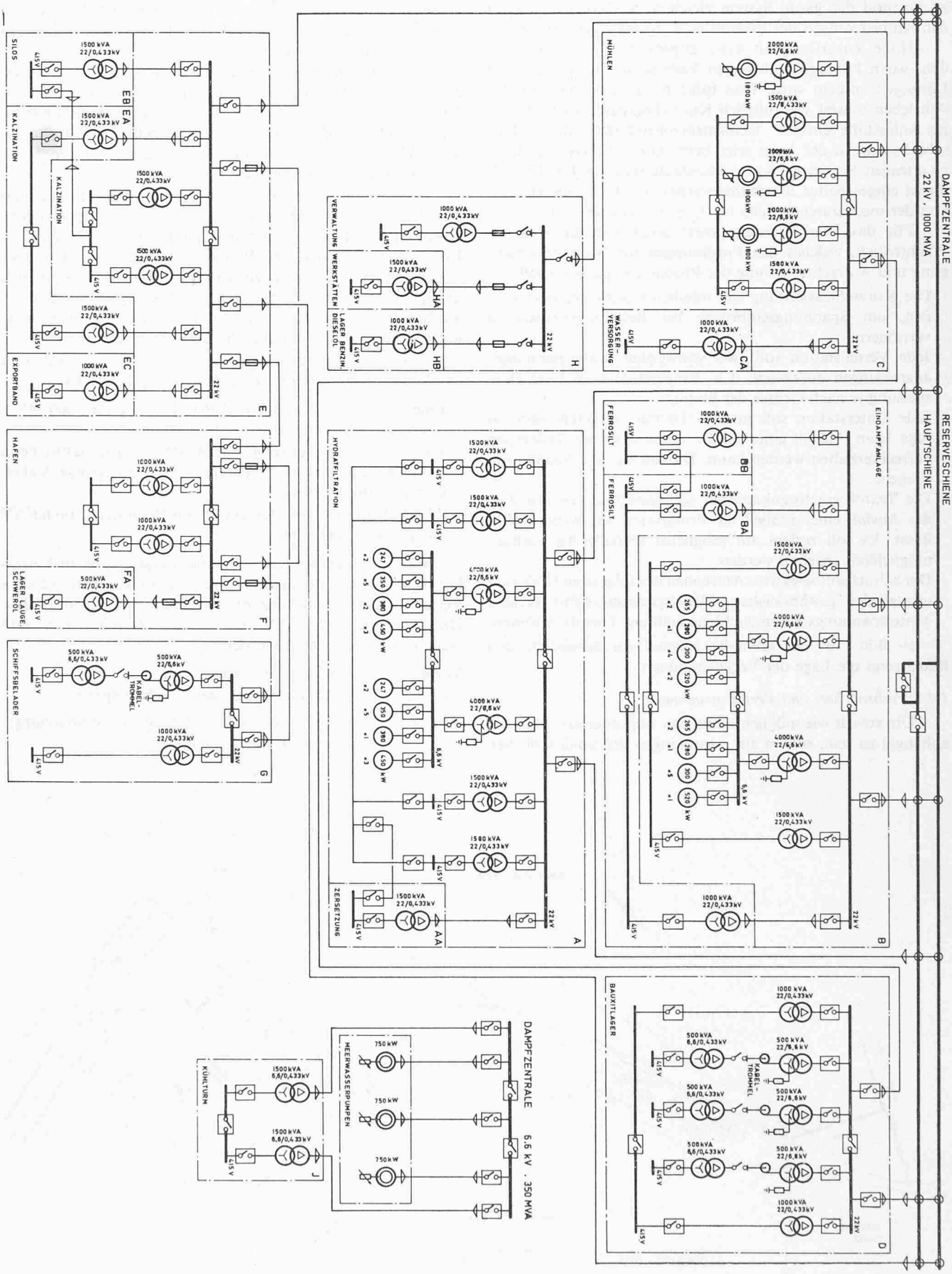


Bild 2. Werkverteilung: Übersichtschaltplan

zu tun und das ganze System gleich so auszubauen, dass es den Anforderungen der Prioritäten 4, 5 und 6 gerecht wird.

Hohe Zuverlässigkeit kann allgemein nur erreicht werden, wenn konsequent bis zum Verbraucher nach einfachen Lösungen gesucht wird. Dies führt dazu, dass man bei den Antrieben so weit wie möglich Kurzschlussläufermotoren ohne Anlasshilfe einsetzt. Dementsprechend muss das elektrische System in der Lage sein, beträchtliche Belastungsstösse zu ertragen. So werden Kurzschlussläufermotoren bis 1800 kW direkt eingeschaltet. Starthilfen werden nur dort eingesetzt, wo von der mechanischen Seite her Grenzen gesetzt sind.

Für das Werkversorgungsnetz ergab sich das folgende Pflichtenheft, welches den Forderungen für Notstromversorgung und Aufrechterhaltung der Produktion genügen soll:

- Die Kurzschlussleistung soll möglichst nicht begrenzt werden, um Spannungseinbrüche bei Belastungsstössen zu verringern.
- Jede Verteilstation soll zwei vollwertige Mittelspannungsanspeisungen aufweisen, d.h. Ringsystem oder Doppelanspeisung je nach Grösse der Station.
- Jede Unterstation soll in zwei Hälften aufgeteilt sein, so dass beim Ausfall einer Hälfte mindestens ein Teilbetrieb aufrechterhalten werden kann. Die gilt für alle Spannungsebenen.
- Die Transformatorenkapazität soll genügend sein, so dass der Ausfall einer Einheit die Produktion nur wenig beeinflusst. Es soll zudem auf möglichst schnelle Auswechselmöglichkeit geachtet werden.
- Der Schutz soll selektives Abtrennen der folgenden Übertragungsglieder gewährleisten: Mittelspannungskabelstrecken, Mittelspannungs-Sammelschienenhälften, Transformatoren.

In Bild 2 ist der gewählte Netzaufbau dargestellt und Bild 3 zeigt die Lage der Verteilstationen.

1.4.4 Verbraucher- und Verteilspannungen

Um soweit wie möglich nicht von importiertem Material abhängig zu sein, sollten alle Spannungen den landesüblichen Normen entsprechen. Für die Niederspannungsverteilung kam daher nur das 240/415-Volt-System in Frage, welches in Australien ausschliesslich verwendet wird.

Für Grossantriebe standen an sich 3,3 kV und 6,6 kV zur Auswahl. Da hier aber auch die Verhältnisse in den Kraftwerken berücksichtigt werden mussten, wo die Leistungen der Dieselgeneratoren und des Kondensationsturbinensatzes die niedrigere Spannung ausschieden, war die Wahl von 6,6 kV leicht getroffen.

Für die optimale Wahl der Verbraucherspannung von 415 Volt oder 6,6 kV für Motoren spielen verschiedene Faktoren wie Leistung, Standort und Schalthäufigkeit eine Rolle. Aus Gründen der Vereinheitlichung war man aber bestrebt, nur ein Kriterium zu berücksichtigen, und es hat sich gezeigt, dass in diesem Fall ein guter Kompromiss erreicht werden konnte, wenn die Grenze zwischen Niederspannungs- und Hochspannungsantrieben bei 250 kW gesetzt wird.

Für die Werkverteilung wurden 11 kV, 22 kV und 33 kV untersucht. Drei Gründe sprachen gegen 11 kV:

- Eine verfügbare Kurzschlussleistung von etwa 1000 MVA würde zu sehr teuren Schaltanlagen führen.
- Die Übertragungsleistung von 40 MVA würde selbst beim Aufteilen der Last auf mehrere Ringe sehr grosse Kabelquerschnitte erfordern.
- 11 kV liegt zu nahe der gewählten Spannung von 6,6 kV für grossere Antriebe

Für die erwähnten Kurzschlussleistungen wurde in Australien kein Schaltmaterial fabriziert, und es konnten bei dem Vergleich 22/33 kV nur importierte Geräte untersucht werden. Die Wahl fiel auf 22 kV, wobei die folgenden Vor- und Nachteile berücksichtigt wurden:

Vorteile:
- Kleinerer Platzbedarf
- Niedrigere Kosten der Schaltanlagen

Nachteile:
- In Australien weniger gebräuchliche Spannung
- Grössere Kabelquerschnitte

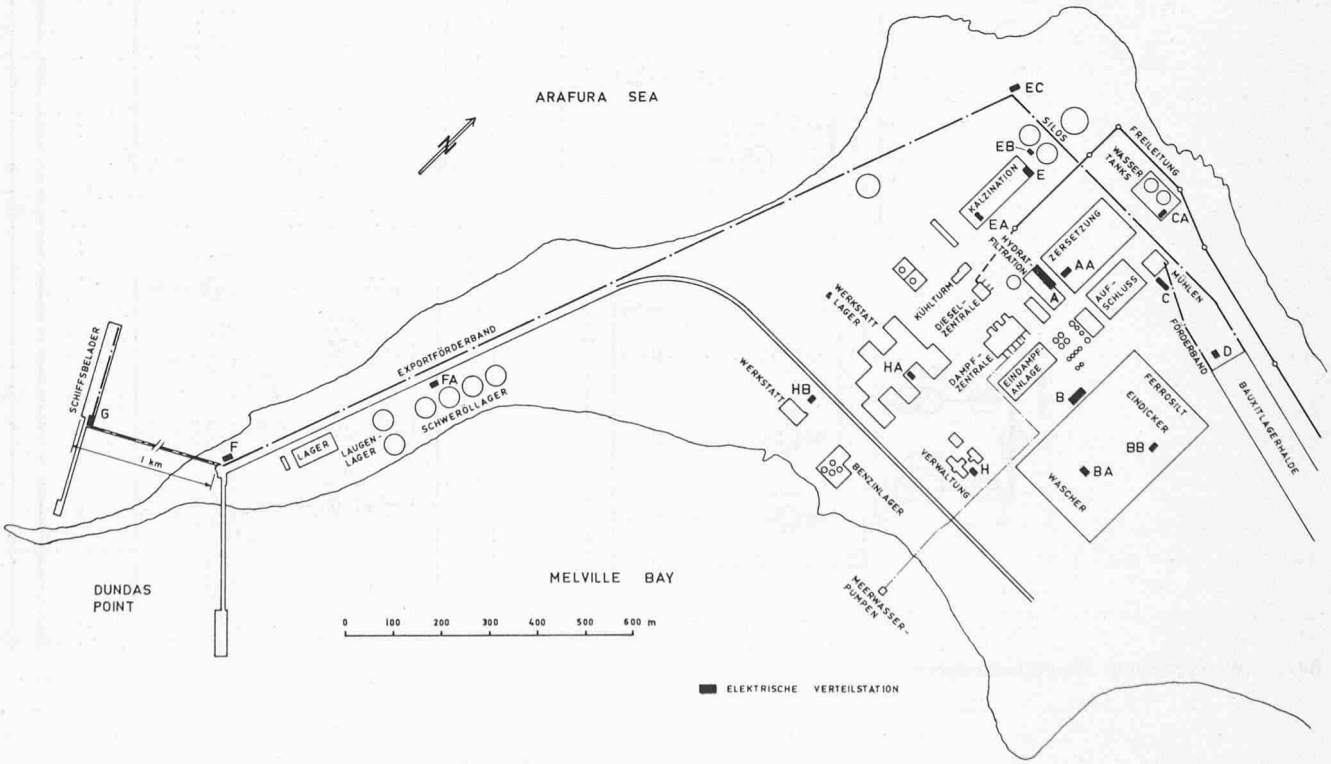


Bild 3. Werkverteilung: Lageplan, die Unterstationen sind mit Buchstaben bezeichnet

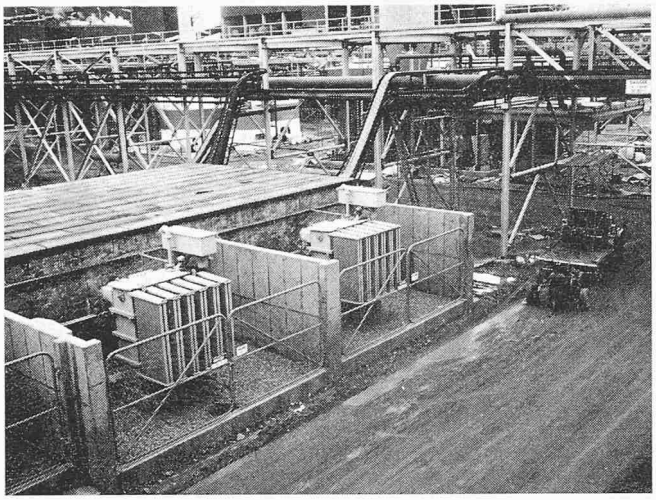


Bild 4. Transformatorenverteilstation mit Kabelverlegung auf Rohrbrücken

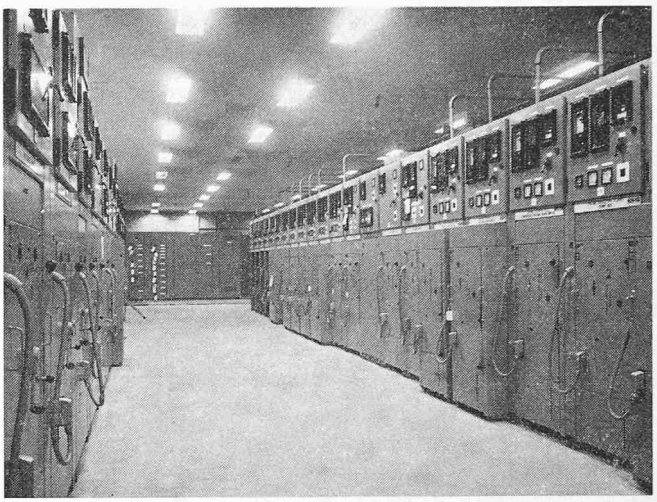


Bild 5. Verteilstation: Innenansicht mit Hochspannungsschaltschränken (22 kV links, 6,6 kV rechts) und Niederspannungsverteilung im Hintergrund

1.4.5 Schaltanlagen und Verteilstationen

Wegen den atmosphärischen Bedingungen und den Anforderungen an Zuverlässigkeit wurden für alle Spannungsebenen blechgekapselte, geschottete Schaltanlagen gewählt. Die Niederspannungsverteil- und Steuerschränke verwenden die Einschubtechnik, wobei die Einschübe in bezug auf Zusammenstellung und Verdrahtung standardisiert sind.

Bei den 6,6-kV- und 22-kV-Schaltanlagen standen sich die zwei Varianten mit ölarmen Schaltern und mit Ölkesselschalter gegenüber. Bei den zur Diskussion stehenden Spannungen wurden zur Zeit der ersten Untersuchungen in Australien fast ausschliesslich Ölkesselschalter oder in Kraftwerken Druckluft- und Magnetschalter verwendet. Für die 22-kV-Anlagen erwiesen sich die ölarmen Schalter als wesentlich preisgünstiger, und so lag es nahe, auch bei 6,6 kV diesen Typ zu standardisieren. Dies bringt die direkten technischen Vorteile des ölarmen Schalters zusammen mit der Vereinheitlichung der Wartung.

Der Aufbau der im Werk verteilten Unterstationen ist relativ einfach. Ein Gebäude behaust jeweils alle Schaltanlagen. Die Transformatoren sind vor dem Gebäude in Zellen frei aufgestellt (Bild 4). Alle Verbindungen zwischen Transformatoren und Schaltanlagen sind mit Kabel ausgeführt. Bild 5 zeigt das Innere einer Unterstation. Normalerweise sind Kanäle nur unter den Schaltschränken für die Kabelführung vorgesehen.

1.4.6 Kabelverlegung, Kabel

Mit wenigen Ausnahmen sind die Kabel über Boden verlegt, was sich dank der vielen, die Fabrik durchquerenden Rohrbrücken relativ leicht ausführen liess. Bild 4 zeigt Kabeltablare, die an den Rohrbrücken montiert sind. Wo immer möglich wurden parallele Kabel auf verschiedenen Routen geführt, um die Gefahr der gleichzeitigen Beschädigung zu vermindern.

Das Verlegen der Kabel im Boden hätte wegen den hohen Bodentemperaturen vergrösserte Kabelquerschnitte verlangt und bietet auch nicht die gute Zugänglichkeit für allfällige Reparaturen. Zusätzlich könnten im Boden auch Schwierigkeiten mit Termiten oder der Sättigung des Bodens mit Lauge eintreten.

Alle 22-kV-Kabel sind konventionelle Einmantel-Papier/Blei-Kabel mit Aluminiumleitern, Stahldrahtarmierung und PVC-Mantel. Nur im Boden verlegte Kabel sind zum Termitenschutz zusätzlich mit Messingband bewickelt. Bei 6,6 kV wurden Kunststoffkabel verwendet mit Isolation aus vernetztem Polyäthylen und PVC-Mantel.

Wegen der extrem aggressiven Atmosphäre mussten dem Korrosionsschutz der dünnwandigen Kabeltablarelemente besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Da das Auftragen einer geeigneten Schutzschicht sehr teuer ist, hat man einen anderen Weg gesucht. Als Baustoff für die Kabelpritschen wurde ein legierter, korrosionsstabilisierter Stahl gewählt (Corten-Stahl), der ohne weiteren Schutz eingesetzt werden kann. Alle im Freien montierten Kabelpritschen sind abgedeckt, um den Kabeln mechanischen Schutz und Abschirmung vor direkter Sonnenbestrahlung zu gewähren.

1.5 Energieübertragung und Verteilung ausserhalb der Fabrik

Bild 1 zeigt die Ausdehnung des Verteilernetzes, welches in Bild 6 schematisch dargestellt ist. Es ist ersichtlich, dass die Übertragungsleitungen vom Kraftwerk zur Stadt und zur Mine in regelmässigen Abständen noch andere kleine Verbraucher anspeisen müssen. Dies erschwert ganz beträchtlich die Spannungswahl, da diese gleichzeitig den Anforderungen für Übertragung und Verteilung genügen musste. Vom Standpunkt der Übertragung her wäre eine Spannung von 66 kV ideal gewesen, hätte aber zu wesentlichen Mehrkosten bei den verschiedenen Verbraucherstationen geführt. Die gewählte Spannung von 22 kV erlaubt es, ohne weitere Umspannung vom Fabriknetz auf die Freileitung zu gehen; sie ist auch günstig für den Anschluss der Zwischenverbraucher, obwohl diese relativ hohe Spannungsvariationen in Kauf nehmen müssen. An den Leitungsenden war es unumgänglich, automatische Spannungsregler einzubauen.

Für die Stadt wurde auf 11 kV umgeformt, um die Verteilung an die Norm von Darwin anzupassen und somit eine spätere Übergabe an eine staatliche Energieversorgungsgesellschaft zu erleichtern. Die elektrisch betriebene Vollklimatisierung trägt den Hauptteil zur Leistungsspitze von etwa 7 MW bei. Der durchschnittliche Beitrag eines Einfamilienhauses an diese Spitze ist 6,5 kW, verglichen mit etwa 2,5 kW für einen elektrifizierten Schweizer Haushalt (ohne elektrische Heizung).

Am Ende der Verteilung findet man als Hauptverbraucher den Minebetrieb, die Brecheranlage mit drei Brechermotoren von je 400 kW und die zerstreuten, relativ kleinen Bohrlochpumpen. Eine Mittelspannung von 6,6 kW eignet sich hier gut, um direkt die Brechermotoren anzuspeisen und um über kleine Freileitungen die Pumpen und andere Kleinverbraucher zu versorgen.

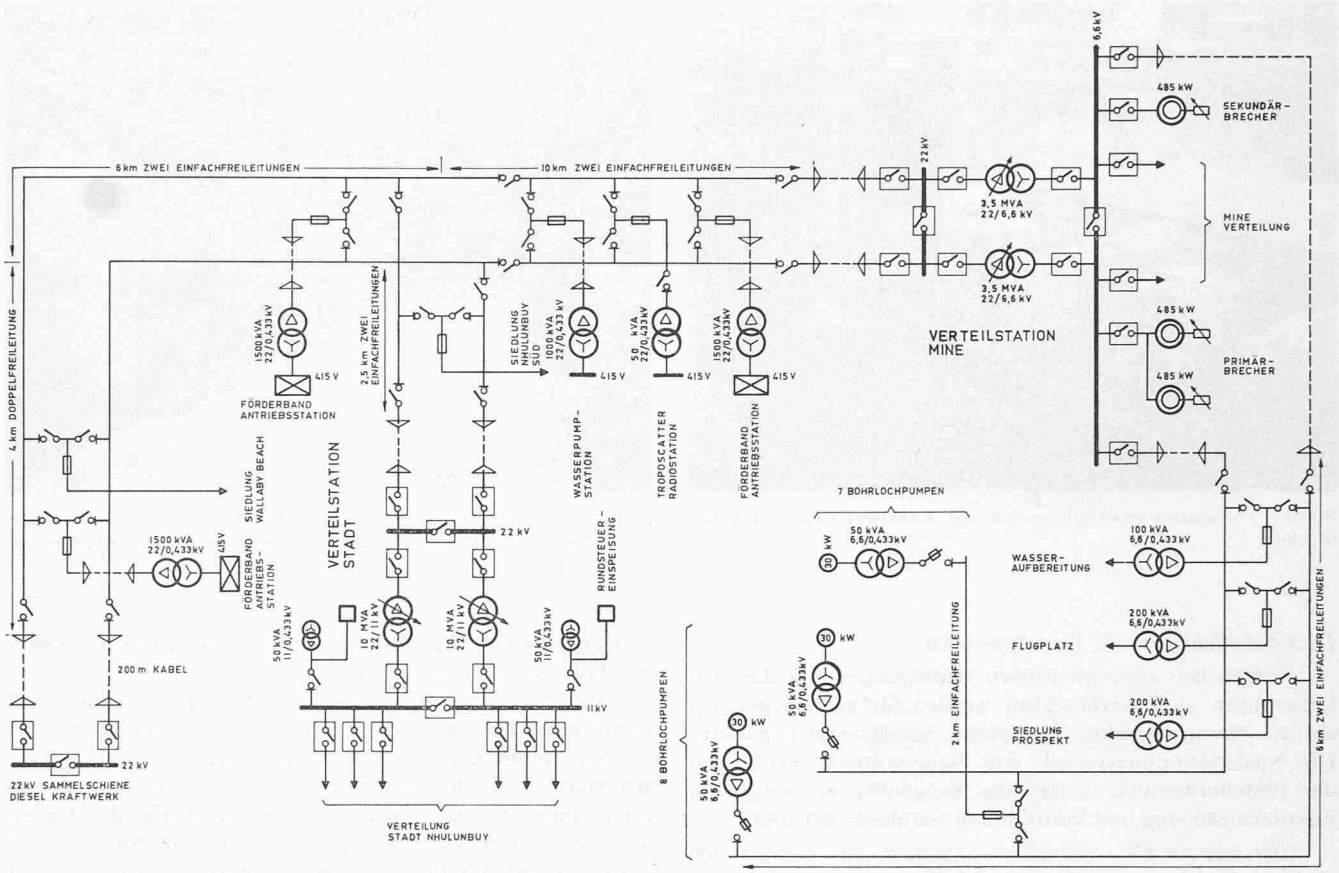


Bild 6. Energieverteilung – Gove Peninsula: Übersichtsplan

2. Fernmeldung

2.1 Einleitung

Die Abgeschiedenheit von Gove und das Fehlen einer Zufahrtsstrasse liessen sofort erkennen, dass ein Nachrichtenverbindungsglied zur Aussenwelt in Form einer Telefon- oder Telegrafenverbindung für die Durchführung des Projektes von ausschlaggebender Wichtigkeit ist. Bild 6 zeigt, dass zwischen Gove und Darwin nur kleine Missionsstationen liegen. Es soll hier geschildert werden, wie der Anschluss an das öffentliche Telefonnetz erstellt wurde.

Anfänglich zeigte der australische Staat sehr wenig Interesse, und es schien, als ob Nabalco selbst für eine Verbindung zum nationalen Telefonnetz besorgt sein müsse.

Als Anschlusspunkt kommt nur Darwin in Frage, von wo zum Zeitpunkt der Projektierung nur eine auf Masten verlegte Telefonfreileitung nach Süden (Alice Springs–Adelaide–Melbourne) und eine ähnliche Leitung nach Südosten (Mt. Isa–Brisbane–Sydney) führten. Total verfügbar waren 24 Telefonkanäle und eine Anzahl Telegrafenkanäle. In der Zwischenzeit ist die Kapazität durch Anwendung von Multiplexverfahren erhöht worden, und gegenwärtig ist ein leistungsfähiges Breitbandsystem im Bau, welches 1973 dem Betrieb übergeben werden soll.

Vorprojekte wurden ausgearbeitet und die folgenden Varianten untersucht:

- Kurzwellenfunkverbindung
- Telefonfreileitung
- Koaxialkabel und vielpaarige Kabel über Boden, im Boden, unter Wasser verlegt
- Richtfunkverbindung mit Sichtverbindung zwischen Relaisstellen
- Richtfunkverbindung mit Streuübertragung (Troposcatter-System)

Eine Kurzwellenfunkverbindung kam als Dauerlösung wegen der ungenügenden Übertragungsqualität nicht in Frage. Die Unzugänglichkeit des Geländes, kombiniert mit den Auswirkungen von tropischen Stürmen, schloss Freileitungen, Kabel oder ein Richtfunksystem mit vielen Relaisstellen aus baulichen und unterhaltstechnischen Gründen aus. Ein auf dem Meerboden verlegtes Kabel musste wegen der hohen Kosten ausscheiden. Es verblieb also einzig die Richtfunkverbindung mit Streuübertragung, die in der Lage ist, bei vernünftigem Aufwand eine qualitativ gute und zuverlässige Verbindung herzustellen. Für die Projektierung und den Bau eines solchen Systems wurde aber mit einem Zeitaufwand von mindestens 18 bis 24 Monaten gerechnet, was ein zweistufiges Vorgehen verlangte. Für die Deckung des Minimalbedarfes während der Bauperiode wurde ein Kurzwellensystem errichtet.

2.2 Die Kurzwellenverbindung

Die erste Forderung an dieses System war, dass es nach Baubeschluss innerhalb von sechs Monaten betriebsbereit sein sollte. Die Spezifikationen mussten deshalb die folgenden Punkte berücksichtigen: Die Geräte müssen kurzfristig lieferbar sein, und die Kosten müssen niedrig sein, da die Betriebsdauer nur auf etwa zwei Jahre geschätzt war. Die Kapazität wurde auf je zwei Sprach- und Telegrafenkanäle festgesetzt. Da die Anlage in Darwin ans öffentliche Telefonnetz ankoppeln sollte, musste für Gespräche ein voller Duplexbetrieb vorgeschrieben werden, der den gleichzeitigen Betrieb beider Übertragungsrichtungen erlaubt.

Bei der Projektierung – vor allem bei der Frequenzwahl – mussten auch die atmosphärischen Bedingungen in den Tropen sowie die Störeinflüsse der unzähligen Kurzwellensender im benachbarten Südostasien berücksichtigt werden. Bild 8 zeigt ein vereinfachtes Blockschema des zur Anwen-

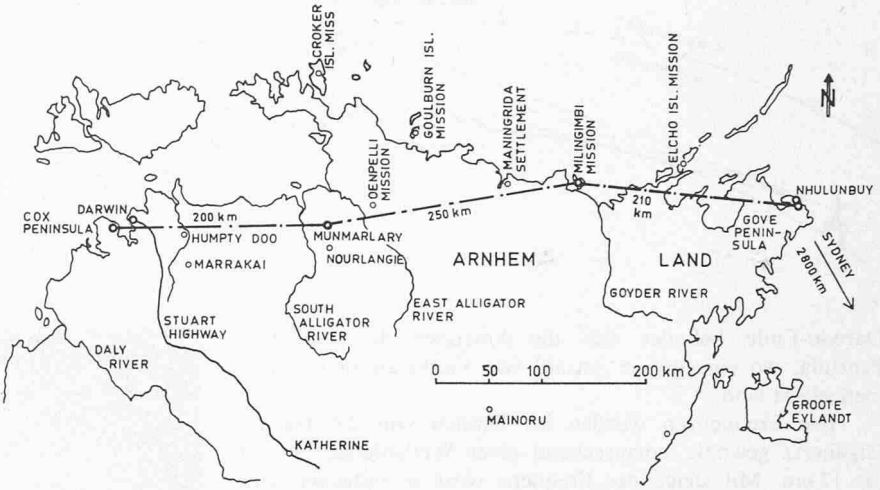


Bild 7. Troposcatter Funkverbindung, Darwin–Gove. Übertragungsweg und Relaisstationen

dung gekommenen Systems. Ein zweiter unabhängiger Kanal ist identisch zum ersten mit der Ausnahme, dass keine Telegrafenkanäle überlagert werden und somit die gesamte Sendeleistung für den Sprachkanal zur Verfügung steht.

Die Ausgangsleistung jedes Senders ist 100 Watt im Einseitenbandbetrieb mit unterdrücktem Träger. Um eine bessere Ausnützung der Leistung zu erreichen und um die Störeinflüsse von Norden zu verringern, sind Antennen mit Richtcharakteristik eingesetzt worden. Auf einen idealen Dipol bezogen hat jede Antenne einen Gewinn von sechs Decibel. Um den stündlichen und täglichen Veränderungen der atmosphärischen Bedingungen begegnen zu können, ist jeder Kanal mit zwei Betriebsfrequenzen ausgerüstet, die nach Programm automatisch umgeschaltet werden, nachdem für jede Tageszeit die günstigere Frequenz ermittelt worden ist.

Die Kombination von Duplexbetrieb und zwei Frequenzen pro Kanal erfordert die Zuteilung von acht unabhängigen Frequenzen. Anfängliche Bedenken bewahrheiteten sich leider später, indem alle acht Kanäle zu gewissen Zeiten mehr oder weniger durch andere Sender gestört wurden oder wegen starkem Schwund unbrauchbar waren.

Parallel zur Installation der Radioeinrichtung wurde auf der Baustelle eine automatische Telefonzentrale mit Kreuzschienenwählern für 120 Nebenstellen errichtet. Diese Zentrale bedient die Baustellenverwaltung sowie die verschiedenen Bauunternehmer. Ein lokales UKW-Funknetz mit etwa 80 Stationen in Fahrzeugen und Büros ist in das Telefonsystem integriert, um dem Kommunikationsbedarf der weitläufigen Baustelle zu genügen.

Die Qualität der Kurzwellenverbindung gestattet keinen Anschluss ans internationale Telexnetz. Um trotzdem die Vorteile einer schriftlichen Nachrichtenübertragung zwischen dem Projektierungsbüro in Sydney und der Baustelle in Gove zu erhalten, wurden die Telegrafenkanäle zum Betrieb von privaten Fernschreibern zwischen Gove und Darwin benutzt. In Darwin mussten die Schreiben von Hand oder mit Hilfe eines Lochstreifens umgesetzt werden, um via Telex weitergeleitet werden zu können.

Im Oktober 1969 konnte das erste Telefongespräch über die neue Telefonzentrale Gove, die Kurzwellenverbindung und das öffentliche Telefonnetz nach Sydney durchgeschaltet werden.

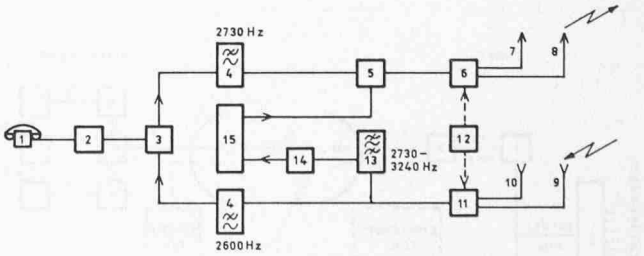
2.3 Das «Troposcatter»-System

Die Abkürzung «Troposcatter» kommt vom englischen «Tropospheric Scatter». «Scatter» heisst streuen oder beugen, und somit deutet der Name auf die Ausnützung des Phänomens der Streuung von Radiowellen in der höheren Troposphäre hin.

In Bild 9 ist das Übertragungsprinzip dargestellt. Ein stark gebündelter Radiostrahl wird tief auf den Horizont gerichtet, damit er möglichst weit vom Sender entfernt die höhere Troposphäre erreicht. Die elektrischen Eigenschaften dieser Schicht weisen Inhomogenitäten auf, an welchen der Radiostrahl wie ein Lichtstrahl im Nebel durch Beugung teilweise zerstreut wird. Die Empfangsantenne wird auf die Streustelle gerichtet, um einen Teil der gestreuten Energie aufzufangen. Die Reichweite eines solchen Systems ohne Relaisstation beträgt etwa 200 bis 600 Kilometer, je nach der geforderten Qualität und Kapazität.

Das Gove-Projekt hatte bei Abschluss der ersten Vorstudien für das Gove-Darwin-Troposcatter-System solche Ausmasse angenommen, dass die australische Post- und Telefonverwaltung beschloss, ihr Netz doch bis nach Gove auszuweiten. Die Projektausführung wurde deshalb von der Post- und Telefonverwaltung übernommen. Das System ist das erste seiner Art im australischen Telefonnetz und ist darum von generellem Interesse.

Als Projektierungsgrundlagen standen die zwei Endpunkte Darwin und Gove fest, weiterhin sollte die Anfangskapazität 48 Telefonkanäle betragen mit der Möglichkeit, diese später auf 120 Kanäle auszubauen, und schliesslich sollte die Qualität den internationalen Normen für Telefonverbindungen entsprechen. Zu bestimmen waren die Betriebsfrequenzen, die Anzahl und Standorte der Relaisstationen, die Sendeleistung und Antennengrösse und schliesslich Methoden, um die Übertragung möglichst unempfindlich gegen Schwund zu machen. Diese Parameter mussten aus einer Kette von Optimierungsrechnungen bestimmt werden. Am



1 TELEFONAPPARAT
2 AUTOMATISCHE TELEFONZENTRALE
3 2/4 DRAHT ANPASSUNG
4 TIEFPASSFILTER
5 SIGNALÜBERLAGERUNG
6 100 W EINSEITENBANDSENDER
7 NACHTFREQUENZSENDEANTENNE (4–4,5 MHz)
8 TAGESFREQUENZSENDEANTENNE (7,4–8 MHz)
9 TAGESFREQUENZEMPFANGSANTENNE (9–9,9 MHz)
10 NACHTFREQUENZEMPFANGSANTENNE (5–5,4 MHz)
11 EMPFÄNGER
12 FREQUENZUMSCHALTSTEUERUNG
13 BANDPASSFILTER
14 FREQUENZUMSETZER
15 FERNSCHREIBER
SENDEN: 2820–3180 Hz (120 Hz KANALABSTAND)
EMPFANGEN: 1500–1860 Hz (120 Hz KANALABSTAND)

Bild 8. Blockschaltbild: Kurzwellen Sende- und Empfangsstation

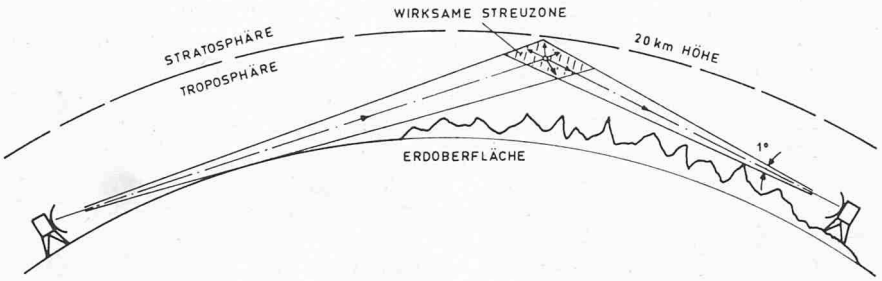


Bild 9. Troposcatter Funkverbindung; Prinzip

Darwin-Ende befindet sich die Antennenanlage auf Cox Penisula, wo eine grosse Anzahl von Funkstationen zusammengefasst sind.

Die Frequenzen wurden im Bereich von 2,4 bis 2,7 Gigahertz gewählt, entsprechend einer Wellenlänge von 11 bis 12 cm. Mit steigender Frequenz wird es einfacher, eine gute Richtwirkung zu erzielen, aber auf der andern Seite werden die Übertragungsverluste höher.

Für die geforderte Übertragungsleistung und die Qualität sind Einzelstrecken von mehr als etwa 250 km unwirtschaftlich, so dass zwei Relaisstationen notwendig wurden. Wie Bild 7 zeigt, ist die Zahl der möglichen Standorte zwischen Gove und Darwin sehr begrenzt, und alle Möglichkeiten haben Nachteile. Es wurden Munmarlary und Milingimbi gewählt. Munmarlary ist für schwere Transporte nur auf dem Landweg erreichbar, allerdings nur während der Trockenzeit. Während der Regenzeit ist man auf das Flugzeug angewiesen. Zudem existiert kein elektrisches Verteilnetz, so dass die Relaisstation mit vollautomatischen Dieselgeneratorengruppen für die gesamte Stromversorgung ausgerüstet werden musste. Milingimbi ist auf dem Seeweg erreichbar. Elektrische Energie konnte hier einem lokalen Netz entnommen werden, so dass nur eine Notstromdieselgruppe nötig war.

Die Sendeleistung wurde auf ein Kilowatt begrenzt, da für höhere Leistungen ein unbemannter Betrieb als fraglich erachtet wurde.

Die Antennen, welche als Parabolspiegel gebaut sind (Bild 10), bestimmen die Richtcharakteristik. Je grösser der Durchmesser, um so besser wird die Übertragung. Es sind hier aber auch Grenzen gesetzt. Erstens müssen die Spiegel für eine Windgeschwindigkeit von 210 km/h bemessen sein, so dass die Baukosten mit der Grösse stark steigen, da vor allem sehr hohe Ansprüche an die Toleranzen der Baumasse und an die Steifheit des Gerüstes gestellt werden. Zweitens nehmen mit dem Durchmesser die elektrischen Ankoppelungsverluste zu. Für die Abschnitte von 200 km und 210 km haben die Antennen einen Durchmesser von 10 m. Die mittlere Strecke mit 250 km benützt 12-m-Spiegel.

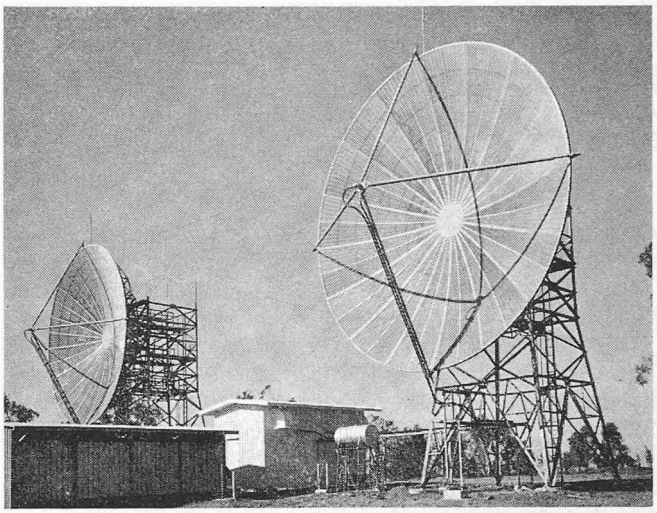


Bild 10. Parabolspiegelantennen von 10 m Durchmesser in Gove (für Troposcatter Funkverbindung)

Da die Eigenschaften der Troposphäre schwanken, kann sehr starker Schwund (Fading) eintreten. Es hat sich aber erwiesen, dass beim Troposcatter-Verfahren für Signale, deren Frequenzen um mindestens 1% verschieden sind oder deren Empfangsantennen um mehr als die hundertfache Wellenlänge versetzt sind, keine Korrelation im Schwundverhalten besteht (In Wirklichkeit haben die Antennen einen Abstand von 25 Metern). Diese Erkenntnis kann ausgenutzt werden, um zu erreichen, dass ein unzulässig hoher Schwund nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,1% eintreten wird.

In Bild 11 ist dieses Übertragsverfahren dargestellt. Jede Antenne arbeitet gleichzeitig auf Sendung und Empfang. Die Entkoppelung wird erreicht, indem verschiedene Polarisationen für die zwei Betriebsarten gewählt werden. Das Signal wird auf zwei Frequenzen ausgestrahlt. Da jede Empfangsantenne beide Frequenzen empfängt, ergeben sich vier verschiedene unabhängige Übertragungswege. Das bessere der zwei

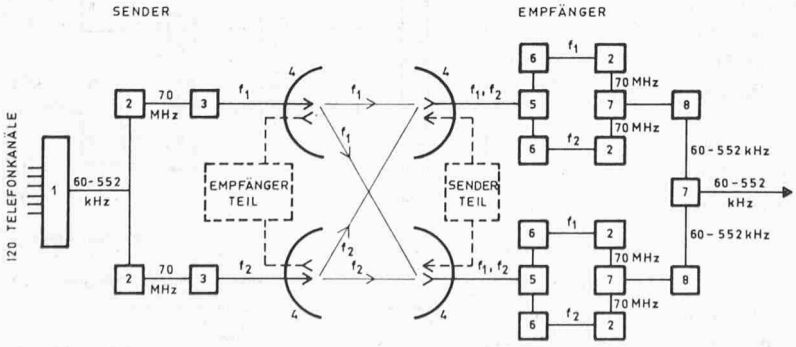


Bild 11. Blockschaltbild – Troposcatter Verbindung mit Vierfachübertragung

Signale jeder Antenne wird weitergeleitet und mit dem Ausgang der zweiten Empfangskette verglichen. Erneut wird das bessere der zwei Signale ausgewählt und für die Weiterverarbeitung übernommen.

Es ist interessant, die Sende- mit der Empfangsleistung zu vergleichen, wo man es doch mit einer eigentlichen Richtfunkübertragung zu tun hat. Bei einer Sendeleistung von 1 kW beträgt die empfangene Leistung 10 Picowatt, oder bei starkem Fading nur 0,1 Picowatt. Das heisst, dass der 10^{-14}te bzw. der 10^{-18}te Teil der ausgestrahlten Leistung empfangen wird. Diese extrem kleinen Leistungen stellen sehr hohe Anforderungen an den Empfänger, und es werden deshalb parametrische Verstärker verwendet, um diesen zu genügen.

2.4 Anschlüsse in Gove

In Gove stehen die Antennen des Troposcatter-Systems auf einem Hügel, etwa zwei Kilometer von der Stadt entfernt. Ein Koaxialkabel verbindet die Empfänger mit einer automatischen Telefonzentrale für 1000 Abonnentenanschlüsse.

Drei der existierenden Telefonkanäle sind gekoppelt, um die Übertragung eines Radioprogrammes von Darwin zu ermöglichen. Dieses soll dann später über einen Relaissender für Gove wieder ausgestrahlt werden. Vorläufig ist der Empfang eines Radioprogrammes nur auf Kurzwellen möglich.

Die Telefonzentrale im Tonerdewerk wird für die Betriebsphase von 120 auf 240 Anschlüsse vergrössert. Zwölf Kanäle des Troposcatter-Systems sind im Dezember 1971 in Betrieb genommen worden. Die restlichen Kanäle und die Telefonzentrale in Nhulunbuy stehen seit Mitte 1972 dem öffentlichen Verkehr zur Verfügung.

Adresse des Verfassers: *Hansjörg Nüesch*, dipl. Ing. ETHZ, Schweizerische Aluminium AG, Postfach 356, 8034 Zürich.

Die Schweiz im internationalen Vergleich der Wohnungsproduktion

Von **Conrad U. Brunner**, Binz ZH

DK 333.32

Das im Rahmen der UNO erschienene Jahresbulletin der Wohnungs- und Baustatistik (Annual Bulletin of Housing and Building Statistics for Europe, Vol. XV 1971, New York, United Nations, September 1972) gibt uns Anlass zum Vergleich der wichtigsten Indikatoren der Wohnungsproduktion der Schweiz mit anderen Ländern Europas und mit den USA. Es gilt, die zum Teil schwerwiegend anders liegenden Verhältnisse der übrigen europäischen Staaten zu relativieren, um gültige Aussagen für die spezifisch schweizerische Situation zu machen.

Auffallend zu Beginn des Vergleiches ist das relativ schmale Band der europäischen Industrieländer, was die *Zahl der Wohnungen pro Kopf* betrifft. Das Feld wird angeführt von Dänemark und Belgien mit über 370 Wohneinheiten pro 1000 Einwohner. Die Schweiz steht mit 340 Einheiten zusammen mit der BRD, der DDR, Österreich, Grossbritannien, Finnland und den USA im vorderen Mittelfeld. Holland, Jugoslawien und die Tschechoslowakei bilden das hintere Feld mit ungefähr 300 Einheiten und darunter, Irland steht mit 250 Einheiten am Schluss. Diese Werte sind naturgemäss nicht differenziert nach städtischen und ländlichen Gebieten. In der Genfer Agglomeration erreichen wir heute Werte über 400 Einheiten pro 1000 Einwohner oder weniger als 2,5 Einwohner pro Wohnung. Gerade diese Verschiebung von 3,5 Einwohnern auf 3 pro Wohnung im heutigen Landesdurchschnitt innerhalb der letzten 10 Wohlstandsjahre beleuchtet einen kritischen Punkt der gegenwärtigen Wohnungsnot, die durch eine eigentliche Bedarfsinflation geschürt wird.

Bei den Werten für die Produktion von *Neuwohnungen* im Jahr 1971 ergeben sich grössere Unterschiede im internationalen Vergleich. Hier liegen Griechenland und Schweden mit über 13 Wohneinheiten pro 1000 Einwohner klar an der Spitze. Im aktiven Mittelfeld folgt die Schweiz zusammen mit Finnland, Dänemark, Holland und Norwegen mit ungefähr 10 Einheiten. Frankreich und die BRD liegen mit 9 Wohnungen noch gut vor den Werten von Grossbritannien, Österreich und den osteuropäischen Staaten, die im Bereich von 5 und 7 Einheiten liegen. Diese Produktionszahlen berücksichtigen regionale Verschiebungen nicht, die zwischen städtischen und ländlichen Gebieten und auch innerhalb der Agglomerationen grosse Bewegungen ausgelöst haben. Die Stadt Zürich zum Beispiel stagniert in ihrer Einwohnerzahl seit einem Jahrzehnt, während in diesem Zeitraum immer noch neuer Wohnraum erstellt wurde. Gleichzeitig wächst die Agglomeration stark und erhält den Löwenanteil der regionalen Wohnungsproduktion. Den Ausgleich schaffen die ländlichen Regionen mit zum Teil rückläufigen Einwohnerzahlen und steigenden Leerwohnungsbeständen.

Ein wichtiger Problemkreis ist die Frage der *Umwälzung* des gesamten Wohnungsbestandes. Die Neuwohnungsproduktion hat nicht nur für die aus der Bevölkerungszunahme entstehende Bedarfsquote zu sorgen und gleichzeitig der Komfortsteigerung (grössere Wohnflächen, geringere Belegungsdichte) Rechnung zu tragen. Bei einer normalen Lebenserwartung von massiven Wohnbauten von 50 bis 100 Jahren müssen demnach alljährlich 1 bis 2% des gesamten Wohnungsbestandes ersetzt werden. Charakteristisch für diesen Umwälzungsgrad ist der Vergleich der jährlichen Wohnungsproduktion als Prozentsatz des gesamten Wohnungsbestandes. Dieser Wert liegt 1971 für die Schweiz bei 3,08%. Finnland und Holland haben Werte von 3,4 bis 3,5%, während Österreich, Grossbritannien, die DDR und Belgien zum Teil Werte beträchtlich unter 2% besitzen. Reduziert man die Werte um den Anteil der effektiven Bevölkerungszunahme, bleiben Finnland und Holland immer noch an der Spitze; ihre Werte sinken aber auf 2,4 bis 3%. Für die Schweiz ergibt diese Rechnung einen Wert von rund 2%. Sie steht in einer Gruppe zusammen mit Dänemark, der BRD und Frankreich. Für Österreich, die DDR und Belgien sinken die Werte im Verein mit den USA auf 1%. Es ist denkbar, dass ein Wert um 2% der jährlichen Erneuerung des Wohnungsbestandes ohne Bevölkerungszunahme etwa 1 bis 1,5% für den Ersatz von alten Wohnbauten und 0,5 bis 1% für die kontinuierliche Komfortsteigerung ergibt.

Um an die Wurzel der zum Teil stark divergierenden Indices zu gelangen, gilt es auch die geographische Verteilung der Wohnbauten, die Verteilung auf Ein- und Mehrfamilienhäuser, die häufigsten Konstruktionsmethoden und die Zusammensetzung der Ersteller und der gebräuchlichsten Finanzierungsmodelle zu untersuchen. Allein durch die unterschiedliche Materialwahl (Leichtbau mit Holzkonstruktion oder Massivbau mit Mauerwerkkonstruktion) ergeben sich wichtige Rückschlüsse auf Dauerhaftigkeit und mögliche industrielle Herstellungsmethoden.

Während in der Schweiz die neuen Wohnbauten ungefähr gleichmässig auf ländliche und städtische Regionen (10000 und mehr Einwohner) verteilt sind, stehen in der