

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 90 (1972)  
**Heft:** 45

**Artikel:** Das Bauxit- und Tonerdeprojekt der Alusuisse in Australien. 1. Teil: Überblick und Organisation  
**Autor:** Lepori, Walter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85355>

### **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:** 08.01.2026

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

# Das Bauxit- und Tonerdeprojekt der Alusuisse in Australien

## 1. Teil: Überblick und Organisation

DK 669.712:553.492

Von Walter Lepori, Sydney

### 1. Vorgeschichte, Gesellschaftsstruktur

Im Rahmen des Expansionsprogramms der sechziger Jahre hat sich die Schweizerische Aluminium AG (Alusuisse) in verschiedenen Erdteilen nach dem Rohstoff Bauxit umgesehen. Solche Lagerstätten, welche hauptsächlich im Tropengürtel vorkommen, sind auch in Australien vorhanden, u. a. auf der Halbinsel Gove im Northern Territory. Nachdem es anderen Gesellschaften auf Grund ihrer Studien nicht gelang, der australischen Regierung positive Verwirklichungsvorschläge zu unterbreiten, wurde im Jahre 1963 die Gove-Konzession für neue Bewerbungen ausgeschrieben, mit ziemlich harten Bedingungen, nämlich:

- Durchführung des Projektes (gegen Kautions von 2 Mio A\$), falls mindestens 100 Mio t abbauwürdiger Bauxit gefunden wird
- Bau eines Tonerdewerkes von mindestens 0,5 Mio t/Jahr
- Fristen für Studien und Bauausführung.

Zudem wurde von australischer Seite der Wunsch einer namhaften örtlichen Beteiligung geäußert. Demzufolge hat die

Alusuisse zwecks Bewerbung und Weiterentwicklung im Jahre 1964, zusammen mit verschiedenen australischen Gesellschaften, die Nabalco Pty. Ltd. gegründet. Nach harten Verhandlungen wurde im September 1965 die Konzession erteilt. In den Jahren 1966/67 wurden verschiedene Studien (Feasibility Studies) ausgeführt, wobei sich zeigte, dass das Projekt nur wirtschaftlich ist, wenn das Tonerdewerk von Anfang an auf 1 Mio t/Jahr ausgebaut wird und zudem während der ersten 20 Jahre neben Tonerde auch Bauxit ausgeführt wird.

Angesichts dieser Erkenntnis waren im Jahre 1968 weitere Verhandlungen mit der Regierung und den australischen Partnern notwendig. Gewählt wurde schliesslich eine Partnerschafts-Struktur (Joint Venture) mit einer Beteiligung der Alusuisse von 70%. Die übrigen 30% sind in der Hand von Gove Alumina Pty. Ltd., einer Beteiligungsgesellschaft unter der Kontrolle der Colonial Sugar Refining Company Ltd. Weitere Partner sind: A.M.P. Society, Peko-Wallsend Ltd., M.L.C. Assurance Company, Bank of New South Wales, Commercial Banking Company und Elder Smith Goldsbrough Mort Ltd. Die Partner finanzieren die Investitions- und Betriebs-

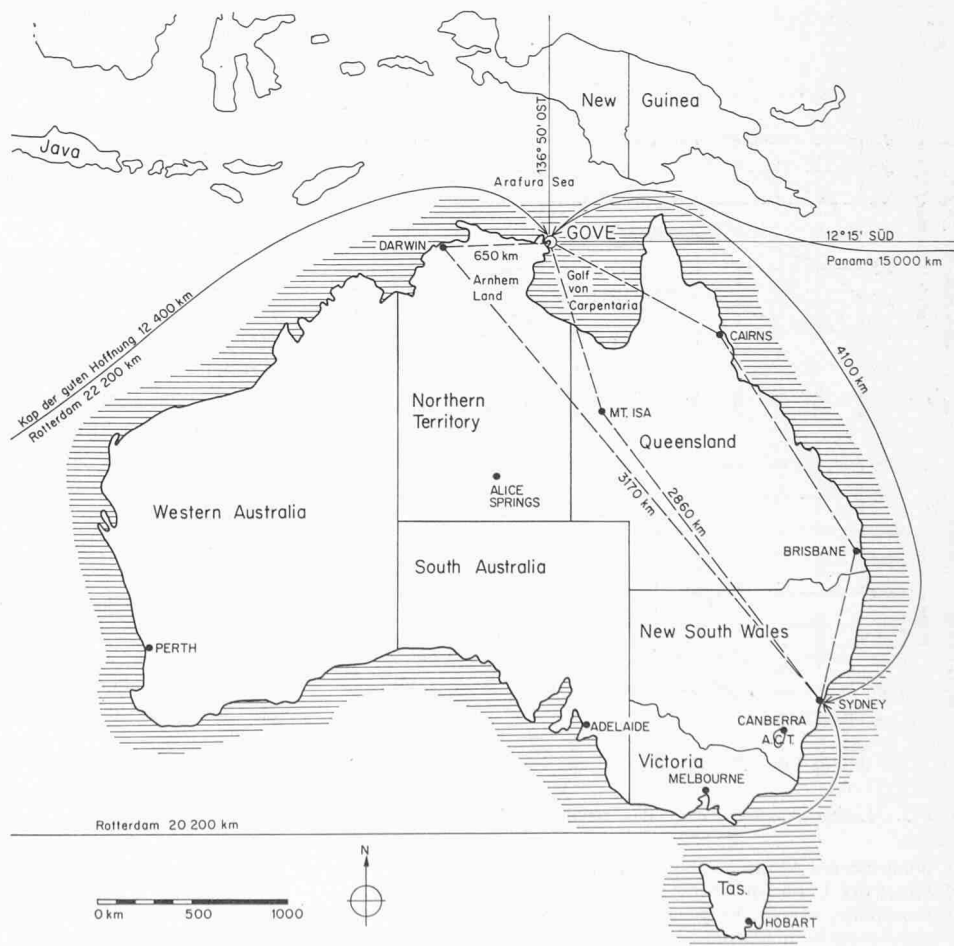


Bild 1. Übersichtskarte mit Angabe der wichtigsten Standorte und Entfernungen

kosten und verfügen über die Produktion entsprechend ihrem Anteil. Vorderhand übernimmt allerdings Alusuisse auch die Tonerdeproduktion von Gove Alumina, während diese Gesellschaft den Absatz des Bauxits besorgt. Die Nabalco Pty. Ltd. wurde beauftragt, die Anlagen zu bauen und zu betreiben (Managing Company).

## 2. Themen und Zielsetzung

Das Studium und die Verwirklichung dieses Projektes stellen anspruchsvolle Führungsaufgaben, denen auch von Seiten der obersten Geschäftsleitung der Alusuisse von Anfang an grösste Beachtung geschenkt wurde. Neben einwandfreier Organisation und Planung waren Zielsetzung und das Erkennen der wichtigsten Themen notwendig. Einige seien hier näher erwähnt:

### Die Natur

der Halbinsel Gove ist durch die Lage (Bild 1) und das tropische Klima (Bild 2) weitgehend bestimmt. Die Gegend ist absolut unerschlossen und unentwickelt. Die nächste Stadt, Darwin, zählte 25000 Einwohner im Jahre 1965 und ist 650 km von Gove entfernt. Die verhältnismässig flache Plateau-Landschaft ist mit einem leichten Eukalyptusbaum-Bestand über-

wachsen. Wunderbare Sandstrände und einige Mangroven-Landschaften trennen die Halbinsel von der tropischen See, dem Golf von Carpentaria im Osten und dem Arafura-Meer im Norden.

### Der Mensch,

gewohnt an städtische Abwechslung und modernen Komfort, stellt beim Bau und Betrieb eines Grossprojektes besondere Probleme. Man war sich von Anfang an klar, dass bei der Planung von Einrichtungen, die zum Leben des modernen Menschen gehören, nicht kleinlich vorgegangen werden darf. Daher hielt man sich an den Grundsatz «Der Mensch soll nicht nur in Gove sein, um zu arbeiten, sondern auch um zu leben». Da die Halbinsel von Meerwinden überstrichen wird, ist das Klima ähnlich demjenigen von beispielsweise Tahiti oder Mauritius und bildet zusammen mit dem sauberen Meer und der guten Luft eine Attraktion (Bild 3).

### Verbindungen zur Aussenwelt

sind unerlässlich, nicht nur für den Menschen, sondern auch für den Materialtransport. Eine Strasse gibt es nicht, und es wurde aus praktischen Gründen vorderhand auch nicht an den Bau einer solchen gedacht. Die im zweiten Weltkrieg von der RAAF gebaute, asphaltierte Flugpiste gestattete die Bedienung durch DC 3, Fokker 27 und ähnliche Flugzeuge. Das Flugzeug ist für den Australier ohnehin das Hauptverkehrsmittel. Für die Materialien mussten Hafenanlagen und Schifffahrt studiert werden. Radioverbindungen ergänzen die Kommunikationen.

### Grosser Investitionsaufwand

Man war sich von Anfang an bewusst, dass dieses Projekt mit einem grossen Investitionsaufwand und verschiedenen Risiken und Unbekannten verbunden ist. Das Projekt muss vom Standpunkt der Investition als Geschäft aufgefasst werden, das heisst Anwendung von Wirtschaftlichkeitsprinzipien, möglichst gute Schätzung der Kosten sowie die Wahl von Lösungen, welche ein Minimum von Risiken in sich schliessen.

### Die Regierung

ist am Projekt stark interessiert und ist auch gegenüber einer Fremdinvestition positiv eingestellt. Ein gutes Einvernehmen mit den verschiedenen Regierungsinstanzen bildet ein weiteres, immer zu beachtendes Thema.

### Bevölkerung

Am schwierigsten erfassbar sind die Probleme im Zusammenhang mit den Ureinwohnern (Aborigines). In Gove leben deren 600 im Raume der Methodisten-Mission, genannt Yirrkala. Arnhemland ist zudem ein Reservat für Aborigines, wo sie bis vor wenigen Jahrzehnten ein dem Steinzeitmenschen ähnliches Leben führten (Bild 4). Die Bauxitkonzession enthält verschiedene Punkte zum Schutze der Aborigines und ihrer Rechte. Doch schien das nicht zu genügen, so dass seit 1968 zwischen den Stämmen von Yirrkala und der Regierung ein Streit über Landrechte ausgetragen wird, von dem auch in der internationalen Presse verschiedentlich berichtet wurde. Die Lage verlangt Aufmerksamkeit von Seiten der Nabalco. Zeitliche und finanzielle Auswirkungen auf das Projekt konnten vermieden werden. Leider eignen sich die Aborigines in nur bescheidenem Masse als Arbeiter. Die Anpassung an die Zivilisation des 20. Jahrhunderts wird noch viel Geduld und Zeit brauchen.

### Zusammenarbeit mit den Gewerkschaften

Schliesslich seien noch die australischen Gewerkschaften erwähnt, die eindeutig zu den stärksten und militantesten der Welt gehören. Von Anfang an mussten annehmbare Bedingungen und Löhne einkalkuliert werden. Eine Fühlungsnahme mit den Gewerkschaften ist ständig notwendig. Beide oben erwähnten Punkte wurden durch ein gutes Arbeitsklima honoriert.

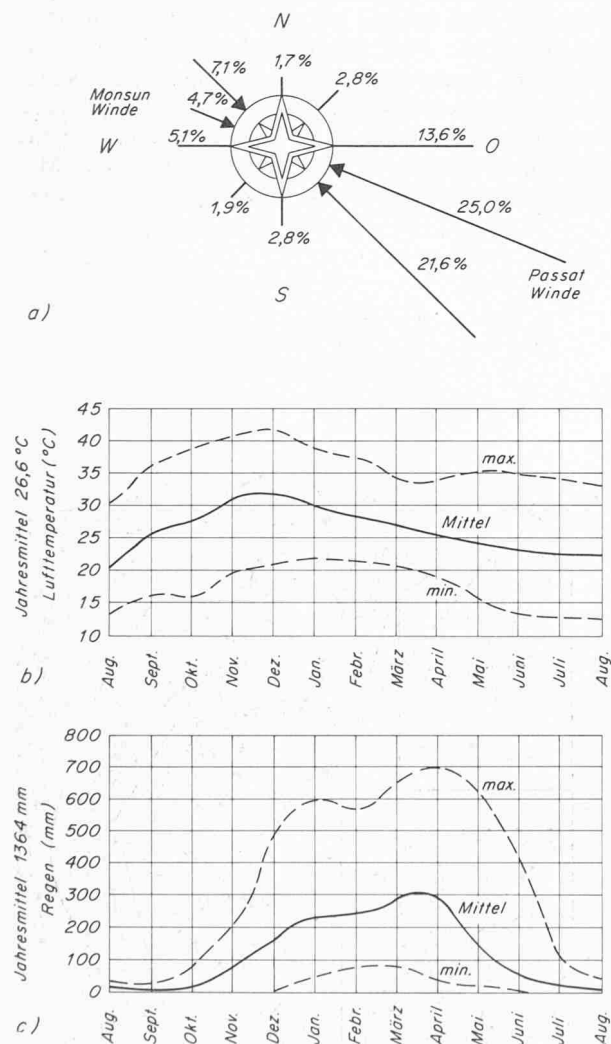


Bild 2. Einige Angaben über das tropische Klima der Halbinsel Gove.

- a) Windrose mit Monsun- und Passat-Winden
- b) Mittel der Lufttemperaturen
- c) Regenfälle, Mittel-, Maximal- und Minimalwerte, aufgetragen als Monatsmittel (mm/Monat)

### 3. Studien (Feasibility Studies)

Die Grösse und Komplexität des Projektes erforderten einwandfreie Studien als Grundlage des Baubeschlusses und der Detailprojektierung. Es wurden hierfür zwei Jahre benötigt (1966/67) und etwa 10 Mio Fr. ausgegeben. Die Ergebnisse wurden Anfang 1968 in 8 Bänden den Partnern und der Regierung vorgelegt. Die Studien umfassen folgende Punkte:

#### a. Örtlich bedingte Projektierungsgrundlagen

Triangulation, Photogrammetrie, allgemeine Geologie, Bauxitprospektion und Bauxitanalysen, Meteorologie, Ozeanographie, Trinkwasser, Baumaterialien, Fundationsverhältnisse. Zu erwähnen ist, dass diese Explorationen durch die Nabalco weitgehend mit eigenem Personal und Geräten durchgeführt wurde; insbesondere das Bohren des Bauxits (5500 Löcher, Gesamtbohrlochtiefe 18000 m), Bild 5. Auch die Sondierungen für die Hafenanlagen wurden von einem Floss aus selbst durchgeführt (Bild 6). Zum Zwecke dieser örtlichen Tätigkeiten wurde im Jahre 1966 ein Prospektions-Camp erstellt. Das oben erwähnte Vorgehen gestattete die Sammlung von Erfahrungen aus erster Hand, welche bei der späteren Ausführung besonders wichtig waren, zum Beispiel Arbeiterfragen, Logistik und die Erkenntnis, dass auch während der Regenperiode gearbeitet werden kann.

#### b. Verfahrenstechnik für das Tonerdewerk

Weiteres darüber soll in einem späteren Beitrag veröffentlicht werden. Hierzu wurde im Alusuisse-Werk bei Venedig eine Versuchsanlage gebaut, deren Kapazität 1000mal grösser ist als Laborversuche und rund 1000mal kleiner als ein Tonerdewerk von 0,5 Mio t/Jahr. Zu diesem Zwecke wurden in den Jahren 1966/67/68 gesamthaft 5000 t Bauxit abgebaut und nach Venedig verschifft.

#### c. Vergleichende Standort- und Transportstudien

waren verhältnismässig früh notwendig, um die Anstrengungen bald auf die zur Ausführung gelangende Projektvariante zu konzentrieren. Es ging hauptsächlich darum, den

günstigsten Standort des Tonerdewerkes, des Hafens und der Stadt zu ermitteln sowie die wirtschaftlichste Transportart für die Rohstoffe Bauxit, Natronlauge, Brennöle und der produzierten Tonerde zu bestimmen. Diese vergleichenden Studien erfolgten aufgrund von Begehungen, Vorprojekten und Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Investitions- und Betriebskosten). Ein Teil der erwähnten Untersuchungen wurde für verschiedene Varianten ausgeführt. Bild 7 zeigt neben den gewählten Standorten (nämlich Tonerdewerk und Hafenanlagen in Dundas Point, Stadt Nhulunbuy beim Mount Saunders, Bauxittransport mittels Förderband) auch die untersuchten Nebenvarianten, welche im April 1967 ausgeschieden werden konnten. Die Standortwahl war weitgehend durch die Hafenstudie bestimmt (ähnlich wie ein Kraftwerkprojekt durch die Staumauer). Weiteres über den Hafenbau soll in einem späteren Beitrag mitgeteilt werden.

#### d. Ausarbeitung eines allgemeinen Bauprojektes

als Grundlage für die Kostenschätzungen und die Detailpläne.

#### e. Studien der logistischen Probleme und Lösungen

Einzelheiten siehe unter Abschnitt 6.4.

#### f. Programm- und Organisationsstudien

#### g. Schätzung der Anlage- und Betriebskosten

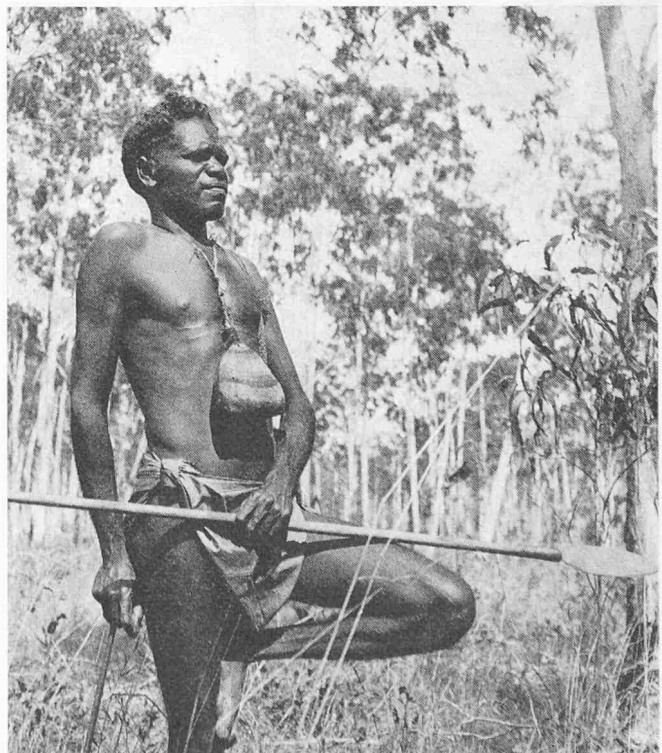
Letztere erfolgte weitgehend aufgrund eines eingehenden Studiums von Kostenelementen sowie von Richtofferten.

Die Studien erforderten eine intensive Führung in bezug auf Planung und Koordination von folgerichtigen Abläufen. Zusammenfügen von Teilgebieten sowie rechtzeitiges Füllen von mannigfaltigen wichtigen Entscheidungen. Ferner mussten verschiedene Verbindungen aufrechterhalten werden, nicht nur zwischen Sydney und Gove, sondern auch zwischen Australien und der Zentralverwaltung in Zürich, deren technische Abteilungen sowohl durch Projektstudien im Büro als auch durch Entsendung von Fachleuten nach Australien intensiv am Projekt mitarbeiteten. In diesem Zusammenhang ist auch die

Bild 3. Typische Küstenlandschaft



Bild 4. Ureinwohner





Alusuisse Engineering AG zu erwähnen, welche eine grössere Zahl von Mitarbeitern für die Dauer von Projektierung und Montage nach Sydney und Gove delegierte.

Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Feasibility Studies seien hier kurz zusammengefasst:

- Nachweis von mindestens 250 Mio t Bauxit, das heisst mehr als ursprünglich erwartet
- Endgültiger Kostenvoranschlag ebenfalls höher als erwartet, hauptsächlich wegen Ablegenheit der Baustelle, der teuren Infrastruktur, der langen Transportwege und der hohen Löhne
- Unter Berücksichtigung der oben erwähnten Punkte zeigte es sich, dass es bedeutend wirtschaftlicher ist, das Tonerdewerk von Anfang an auf 1 Mio t/Jahr auszubauen und zusätzlich in den ersten 20 Jahren bis zu 40 Mio t unverarbeiteten Bauxit zu exportieren.

## 4. Allgemeine Beschreibung der Anlagen

### 4.1 Abbau und Transport des Bauxits

Der Bauxit bildet die oberste, etwa 3 bis 6 m dicke Schicht der Sediment-Serie des Plateaus. Nach Wegräumen einer etwa 0,3 bis 1,0 m dicken, durch Pflanzen und Humus verunreinigten Oberschicht erfolgt die Gewinnung im Tagbau. Sprengen ist teilweise notwendig. Der Transport zur Brechanlage geschieht mit 50-t-Kippfahrzeugen. Das zweistufige Brechen (auf  $\varnothing$  25 mm) erfolgt mit einem Durchgang von max. 1500 t/h. In der ersten Ausbaustufe werden rund 5 Mio t/Jahr gefördert. Der Transport zu den Lagerhalden erfolgt mit einem rund 18 km langen Förderband, das aus drei Abschnitten besteht. Ein Absetzer beschickt zwei Halden von je 250000 t, die eine für den Export, die andere für die Fabrik. Die Entnahmen erfolgen über zwei Trommelbagger und Förderbänder, 400 t/h für die Fabrik und 2200 t/h für das Exportsystem. Letzteres dient auch der Verschiffung der Tonerde ab Silos über Förderbänder, die zum Hafen führen.

Bild 5. Prospektion, Bohren von Bauxitproben im Jahre 1966



Ein fahrbarer Schiffsbelader ist auf dem Pier des Massengüterhafens installiert. (Weitere Einzelheiten folgen in einem späteren Beitrag.)

### 4.2 Das Tonerdewerk

Das Tonerdewerk dient der Verarbeitung des Bauxits zu Tonerde ( $Al_2O_3$ ) als Grundstoff für die Schmelzelektrolyse des Aluminiums<sup>1)</sup>. Zusammen mit den Hilfsbetrieben macht diese Anlage etwa 60 % der Anlagekosten des Projektes aus. Da das Werk für 2 Mio t/Jahr Endausbau geplant wurde, ist ein Gelände von mindestens  $1 \times 1$  km notwendig. Der gewählte Standort auf der Dundas-Point-Landzunge liegt sehr günstig bezüglich Materialfluss des Gesamtprojektes, das heisst in der Nähe der Hafenanlage. Ein weiterer Vorteil ist, dass Meerwasser zu Kühlzwecken vorhanden ist. Als Nachteile können erwähnt werden: der heterogene Baugrund (Granit und Dünen-sand) sowie die korrosive tropische Meeresluft. Allgemein sei jedoch erwähnt, dass es sehr wenige Tonerdewerk-Standorte gibt, die so nahe (20 km) beim Bauxit und gleichzeitig an einem der besten natürlichen Meereshäfen liegen.

### 4.3 Die Infrastruktur

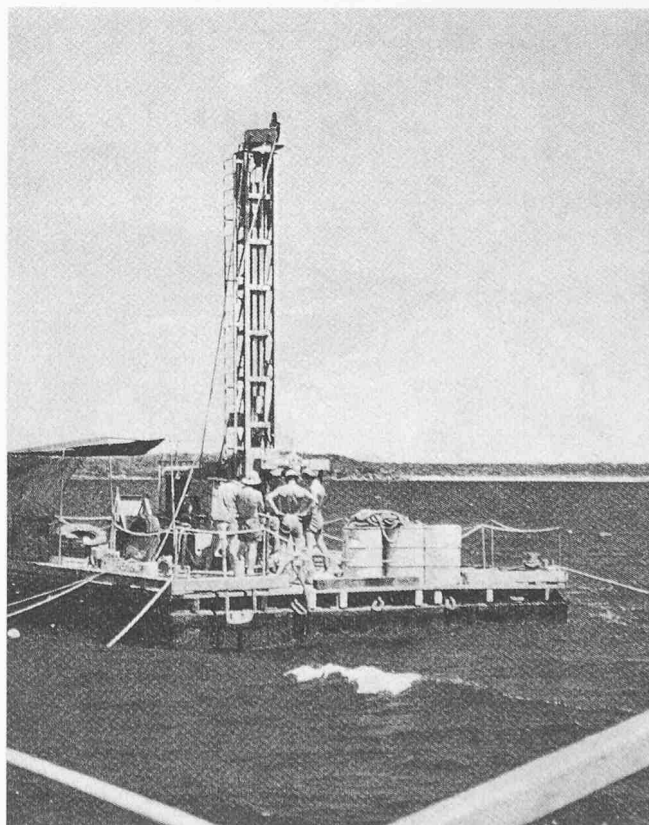
Industrieprojekte in abgelegenen und unterentwickelten Gebieten schliessen ein beträchtliches Mass an Infrastruktur ein. Die wichtigsten Elemente seien hier kurz beschrieben:

#### a. Die Hafenanlage

Für die grossen Umschlagsmengen während des Baues und Betriebes musste eine leistungsfähige Hafenanlage studiert und gebaut werden. Grosses Gewicht wurde auf die Vorstu-

<sup>1)</sup> Vgl. H. Wipf und R. Ochler: Die Aluminium-Hütte der Schweiz. Aluminium AG in Steg, SBZ 82 (1964), Hefte 6, 7, 8 u. 9, und Ph. Müller, A. Streichenberg, P. Reinert und K. Forrer: Die Aluminiumhütte der Icelandic Co. Ltd. in Straumsvik, Island, SBZ 88 (1970), H. 25, S. 555-577.

Bild 6. Bohrung in zukünftigem Hafenbecken im Jahre 1966



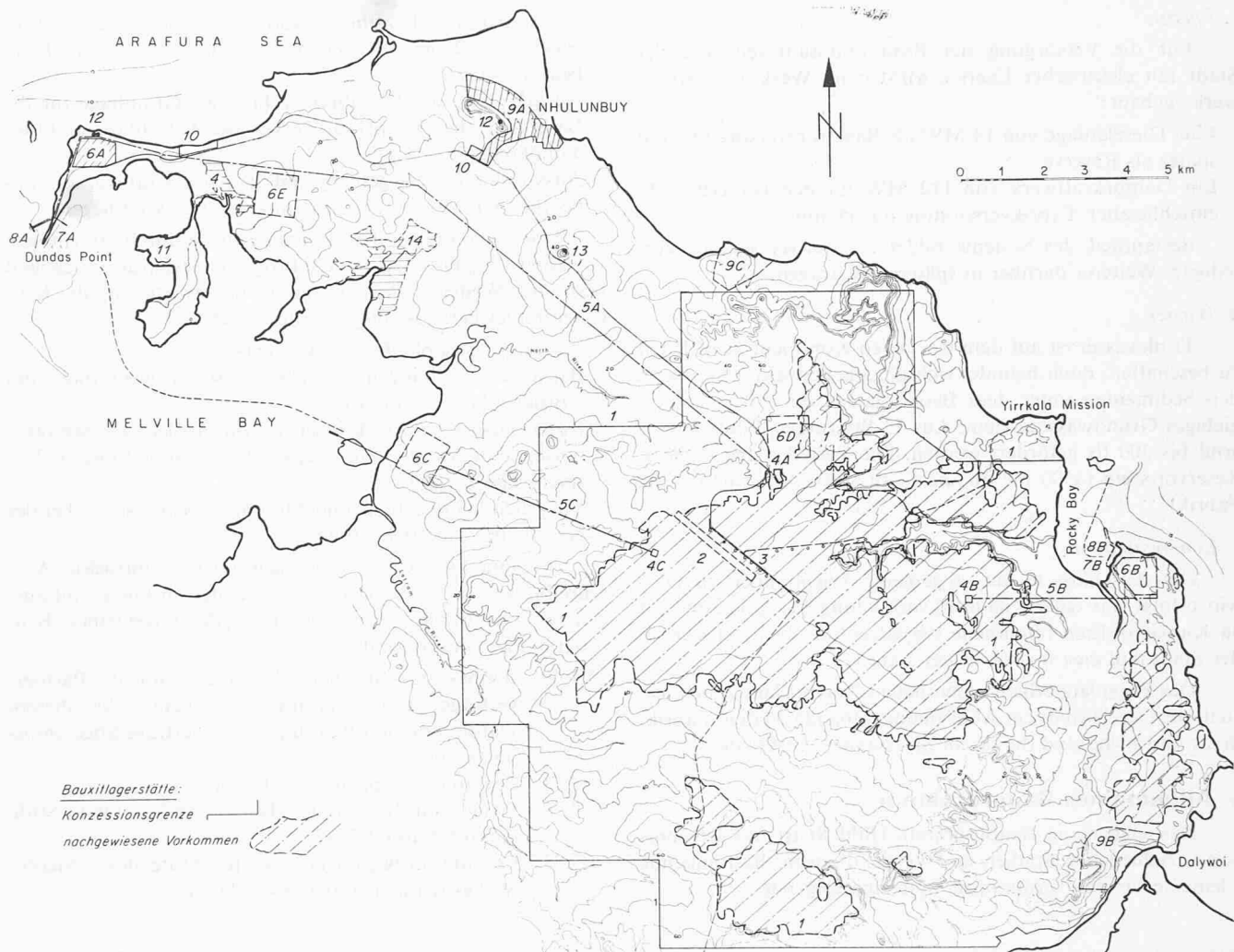


Bild 7. Übersichtskarte über die Bauxitlager. 1 Bauxitlagerstätte; 2 Flugplatz; 3 Grundwasserfassungen; 4 Bauxit-Brechanlage, Alternativen A, B, C; 5 Bauxitförderung, Alternativen A, B, C; 6 Tonerdewerk, Alternativen A, B, C, D, E; 7 Hafenanlage für Stückgüter, Alternativen A, B; 8 Hafenanlage für Massengüter, Alternativen A, B; 9 Stadt, Alternativen A, B, C; 10 Unterkünfte für Bauarbeiter; 11 Granitbrüche; 12 Wasserreservoir; 13 Radiostation; 14 Rotschlamm-Deponien

dien gelegt, die folgendes einschlossen: Ozeanographie, Schifffahrtsstudien, Modellversuche, Richtofferten. Hieraus ergab sich als optimale Lösung der Bau von zwei getrennten Anlegebrücken am Ende der Dundas-Point-Landzunge, und zwar für:

**Stückgüter:** Zufahrtsbrücke 310 m, Fingerpier 104 m, Tiefgang 12 m, Schiffsgrösse 13000 bis 20000 t.

**Massengüter:** Rohr- und Bandbrücke 1080 m, T-Pier für Schüttgüter 230 m, T-Pier für Tanker 200 m, Tiefgang 15 m, für Schiffe von 60000 bis 100000 t.

Besondere Merkmale der Anlage:

- Die Bucht Melville Bay ist ein natürlicher Hafen, der gegen Winde gut geschützt ist, so dass keine Wellenbrecher notwendig sind
- Die gewählte Lösung erfordert kein Baggern
- Die Anlage ist gepfählt, damit die Strömungen und somit auch die Sandbänke nicht gestört werden.

Auf der Landzunge befinden sich Lagerplätze (zum Teil gedeckt) für die Zwischenlagerung von Stückgütern sowie Grossbehälter für die Lagerung von Brennstoff und Natronlauge (weitere Einzelheiten in einem späteren Beitrag).

#### b. Die Stadt

Die Ausarbeitung der Projektierungsgrundlagen für die Stadt erfolgte nach verschiedenen Gesichtspunkten.

Die Hauptmerkmale sind folgende:

- Anfängliche Einwohnerzahl 4000. Die Stadt soll jedoch beliebig erweitert werden können
- Die permanente Belegschaft der Nabalco ist 1200; wovon angenommen 60% mit Familien
- Total 150 Wohnungen, 550 Einfamilienhäuser und Unterkünfte für 500 Alleinstehende
- Kommunalwerke wie Spital, Schulen, Polizeistation, Gerichtsgebäude werden durch die Regierung finanziert
- Die Gesellschaft erstellt Verpflegungsstätten für Alleinstehende, Einkaufszentrum, Versammlungshaus, Klubhaus, Sportanlagen, Schwimmbad
- Als Standort wurde eine äusserst attraktive Gegend zwischen Mount Saunders und einem langen Sandstrand gewählt, etwa 10 km östlich des Tonerdewerkes
- Der Idee der Dauerhaftigkeit folgend sind fast alle Gebäude in Massivbauweise (vorfabrizierter Beton) ausgeführt; dies auch wegen Termiten sowie der hohen Windgeschwindigkeiten (Wirbelstürme)
- Die Stadt ist vollklimatisiert, wobei für das Zentrum eine zentrale Kühlanlage gewählt wurde.

Zu erwähnen ist, dass das Ganze für die Planer und Gestalter einen Leckerbissen darstellt; wo kann man so etwas projektieren, ohne an Bestehendes gebunden zu sein?

### c. Energie

Für die Versorgung der Produktionsanlagen und der Stadt mit elektrischer Energie wurden im Werk zwei Kraftwerke gebaut:

- Eine Dieselanlage von 14 MW als Baustromversorgung und später als Reserve
- Ein Dampfkraftwerk von 112 MW für den Dauerbetrieb, einschliesslich Fabrikversorgung mit Dampf.

Bestandteil des Systems bildet ein weitverzweigtes Verteilnetz. Weiteres darüber in späteren Beiträgen.

### d. Wasser

Trinkwasser ist auf dem trockenen Kontinent nicht leicht zu beschaffen, doch befindet sich glücklicherweise in Gove in den Sedimenten unter dem Bauxitplateau ein gutes und ergiebiges Grundwassersystem. Aus 15 Bohrungen können dauernd bis 300 l/s gefördert werden. Die Verteilanlage schliesst Reservoirs ein (4500 m<sup>3</sup> für die Stadt sowie 9000 m<sup>3</sup> für die Fabrik).

### e. Kommunikation

Der Anschluss an das allgemeine Telephonnetz in Darwin erfolgt mit einer Richtfunkverbindung (Troposcatter mit 48 Kanälen). Eine öffentliche Verteilzentrale befindet sich in der Stadt und eine interne in der Fabrik.

Der Flugplatz erhielt einen neuen Pistenbelag; zudem erstellt die Gesellschaft ein Abfertigungsgebäude. Hafen, Fabrik, Stadt und Mine sind durch ein Strassennetz verbunden.

## 5. Allgemeines Bauprogramm

Das allgemeine Bauprogramm (Bild 8) ist das Ergebnis von verschiedenen Studien und Verhandlungen. Bestimmende Elemente für das Terminprogramm sind folgende:

- Die Vorstudien (Feasibility Studies), welche wegen der Prospektion und dem Betrieb der Versuchsanlage zwei Jahre beanspruchten
- Ausarbeitung der Verfahrenstechnik als Grundlage für die Bemessung des Dampfkraftwerkes, der Aufschluss- und Eindampfanlage
- Ausschreibung, Vergebung und Bau des Kraftwerkes, wobei die Dampfturbinen auf dem kritischen Weg liegen.

Durch die obigen drei Elemente sowie durch Hinzufügen von rund 10% Pufferzeit ist die Programmstruktur weitgehend bestimmt. Weitere Faktoren, die bei der Aufstellung des Bauprogrammes berücksichtigt wurden, sind:

- Projektierungsabläufe und -kapazität
- Baustellen-Erschliessung (schrittweise Erweiterung des «Brückenkopfes» in Gove)
- Kapazitätsgrenze von kritischen Hilfsquellen, wie Seetransporte, Unterkunft, Beton, gewisse Arbeitergattungen, beispielsweise Schweisser
- Vorgehen bei den Bau- und Montagearbeiten sowie bei der gestaffelten Inbetriebnahme.

Das Jahr 1968 wurde, wie gesagt, für Detailprojekte, Ausschreibungen und beschränkte Vorarbeiten in Gove voll ausgenützt. Die wichtigsten Meilensteine des allgemeinen Bauprogrammes sind folgende:

- 22.1.69 Baubeschluss, das heisst Unterzeichnung der Partnerverträge (Joint Venture Agreement). Ab diesem Datum konnten Bau- und Lieferverträge abgeschlossen werden
- 1.7.71 Beginn des Exportes von Bauxit
- 1.7.72 Produktionsbeginn des Tonerdewerkes (erste Stufe von 0,5 Mio t/Jahr)
- 1.7.73 Produktionsbeginn der zweiten Stufe des Tonerdewerkes (zusätzlich 0,5 Mio t/Jahr).

Bild 8. Allgemeines Bauprogramm

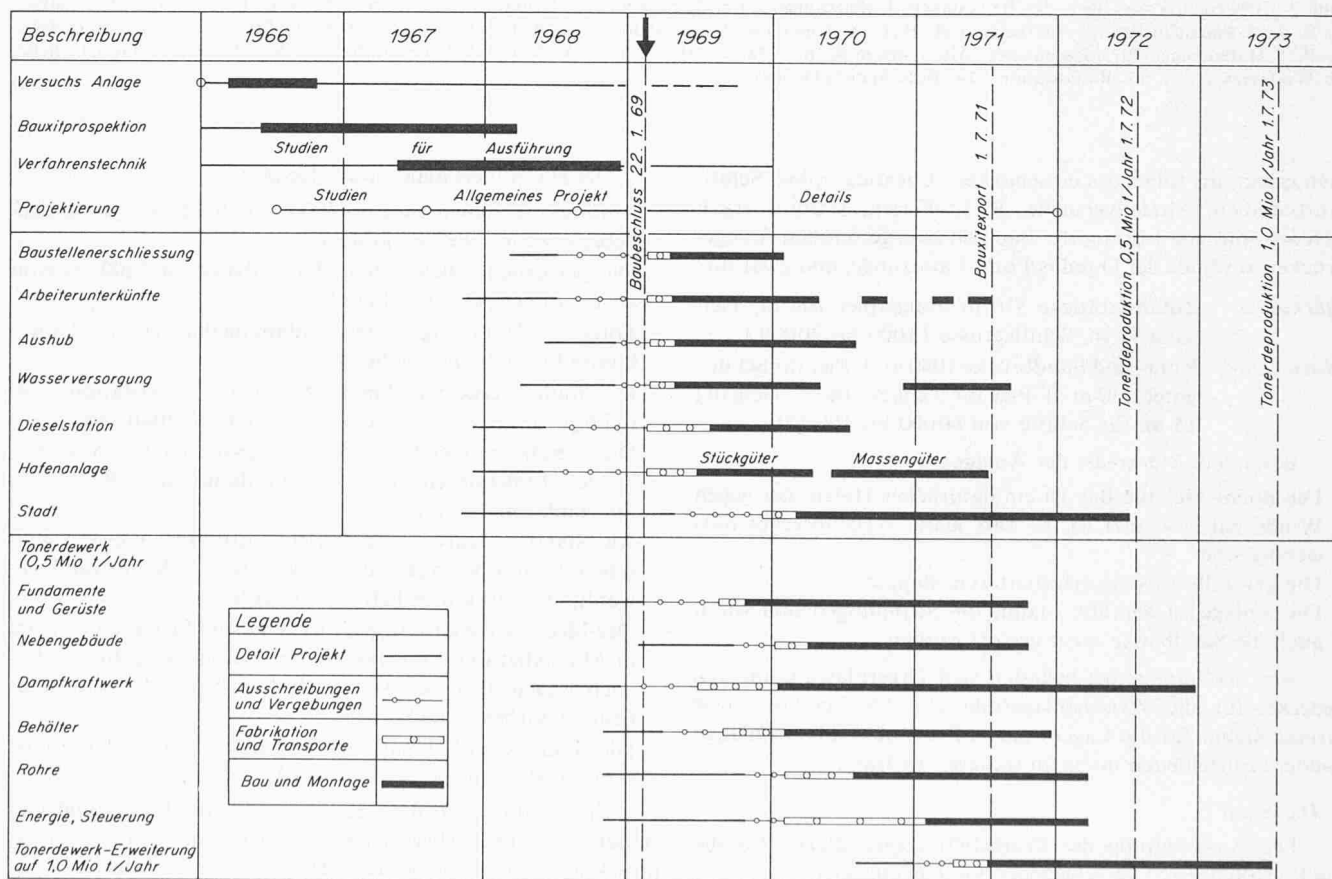
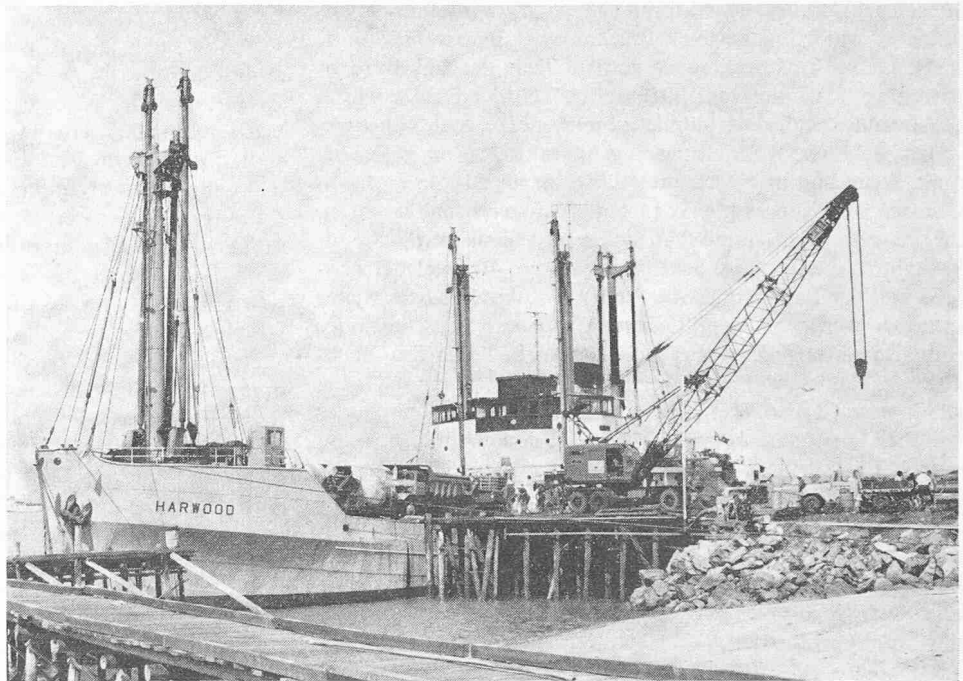




Bild 9. Provisorische Anlegestelle, Anfang 1969



## 6. Organisation

### 6.1 Führungsaufgaben

Organisation und Stäbe mussten neu aufgebaut werden. Dies geschah zum Teil während der Feasibility Studies. Traditionsgemäss hat die Alusuisse ihre Anlagen selbst geplant und ausgeführt, unter beschränktem Beizug von Konsulenten und weitgehender Vergebung von Lieferungen und Bauarbeiten.

Angesichts der riesigen Aufgabe und der schmalen Startbasis stellte sich 1968 die Frage, ob das Gove-Projekt durch einen Generalunternehmer (amerikanischen Stils) ausgeführt werden sollte. Unter Erwägung, dass dies nur in der Form eines Regievertrages (Cost plus Fee) möglich wäre und zudem wichtige Erfahrungen ausserhalb des Konzerns gesammelt würden, entschloss man sich, auf die herkömmliche Art vorzugehen. Dies stellte grosse Ansprüche an den Aufbau der Organisation, was hier in Stichworten wie folgt zusammengefasst werden kann:

- Delegation von Fach- und Führungskräften aus der Stammorganisation für mehrere Jahre (insgesamt rd. 30 Schweizer)
- Aufbau einer Struktur, die auch der späteren Betriebsführung dient (intensive Mitwirkung der administrativen und Betriebsabteilung während der Projektierungs- und Bauperiode, sorgfältige Betriebsplanung während der Bauzeit)
- Ausarbeiten von Systemen und betriebsinternen Richtlinien
- Gute Auswahl und Einarbeiten der Kader (letztere Tätigkeit war in den ersten Jahren besonders zeitraubend)

In bezug auf Projekt- und Bauleitung bildet folgende Auffassung das wichtigste Grundthema:

Das Nichterfüllen von vertraglichen Verpflichtungen eines Unternehmers (beispielsweise in bezug auf Termine) wird nicht als Entschuldigungsgrund anerkannt, das heisst, rechtzeitiges Eingreifen wird auf allen Stufen verlangt. Dies erforderte auch die Delegation von Kompetenzen bis zu derjenigen Stufe, wo die Kenntnisse zu solchem Eingreifen vorhanden sind.

Es ist auch zu erwähnen, dass es gelang, in Australien gute Fachkräfte in genügender Zahl zu finden und zu einem Team zu vereinen.

### 6.2 Projektierung

Eine ausgereifte Detailprojektierung ohne allgemeines Projekt ist nicht möglich. So wurden als erstes Grundlagen und Normen ausgearbeitet. Auch wurden Pflichtenhefte (Design Briefs) aufgestellt und mit den interessierten Stellen der Betriebsleitung und Administration bereinigt.

Projektierungssystem und Vertragssystem sind gegenseitig abhängig. Als Vertragsgrundlage muss eine gewisse Zahl von technischen Informationen vorhanden sein; dies kann variieren zwischen Leistungsvorschriften (Performance Specifications) einschliesslich Übersichtsplänen einerseits und ausgereiften Detailplänen andererseits. Weiteres über die Detailprojektierung ist aus den übrigen Beiträgen ersichtlich. Nachdem es sich schon früh gezeigt hatte, dass Australien für das metrische System noch nicht reif war, wurde das ganze Projekt im englischen System ausgeführt, mit Ausnahme der Minen-Planung, der Grobplanung des Prozesses und der Instrumentierung. Der in Sydney geleistete Projektierungsaufwand beträgt rund 7,5 Mio A\$, wovon etwa 20% als Spitzendeckung und für Spezialarbeiten durch Konsulenten geleistet wurden. Die Personalspitze bei der Projektierung in Sydney umfasste etwa 150 technische Angestellte.

### 6.3 Bau- und Lieferverträge

Das Vertragssystem in Australien beruht, wie in allen angelsächsischen Ländern, auf dem Allgemeinen Recht. Das Handels- und Vertragsrecht ist beschränkt kodifiziert, doch bestehen für Bau- und Lieferverträge Normen der Standards Association of Australia. Obwohl für Grossprojekte nicht besonders geeignet, wurden diese Normen als allgemeine Bedingungen eingeführt und durch besondere Bedingungen ergänzt. Letztere enthalten unter anderem ausgedehnte Paragraphen über Zwischentermine, Fortschrittskontrolle, Pönalen und die im nächsten Abschnitt erwähnte Logistik. Ferner mussten Arbeiterfragen weitgehend geregelt werden. Eine weitere, äusserst schwierige Aufgabe war eine zweckmässige Einteilung des Projektes in Vertragspakete nach Gesichtspunkten der Detailprojektierung, Bauprogramme, Kapazität der Unternehmer sowie der Baustellenkoordination. Die Baustellenerschliessung war in die üblichen Lose aufgeteilt, wie zum Beispiel Unterkünfte, Hafen, Energieversorgung, Planung. Im übrigen



wurden schlüsselfertige Sektoren («vertikale Aufteilung») angestrebt, wie zum Beispiel Brechanlage, Bauxit-Transport, Stadt, Dampfkraftwerk sowie gewisse Teile der Fabrik (Eindampfung, Kalzinieröfen). Der übrige Teil der Fabrik wurde «horizontal» gegliedert, nämlich: Fundamente, Stahlkonstruktionen, Behälter, Rohrleitungen, Apparaturen, Energieversorgung, Steuerung usw. Letzteres führte dazu, dass in gewissen Sektoren des Werkes bis zu 15 Unternehmer beteiligt waren. Die gewählte Aufteilung hat sich weitgehend bewährt, mit Ausnahme, dass gewisse Sektoren (wie zum Beispiel der bauliche Teil der Fabrik oder die Stadt) in Zukunft besser weiter unterteilt werden. Gewählt wurden meistens Pauschal- oder Einheitspreisverträge, wobei Änderungen in Form von Nachträgen behandelt wurden. Arbeiten mit Abrechnung nach Ergebnis vermied man. Hingegen haben Verträge mit einer Dauer von über 12 Monaten Preisgleitklauseln, deren Administration einen beträchtlichen Arbeitsaufwand erfordert. Eine Vertragsabteilung behandelt die vertraglichen Belange, anfänglich als Linienfunktion und während der Ausführung als Stabsfunktion. Da das Vertragswesen von Land zu Land verschieden ist, hat sich der Grundsatz bestätigt, Leute mit örtlichen Erfahrungen einzusetzen. Ferner hat es sich gelohnt, von Anfang an mit erfahrenen Rechtsberatern zusammenzuarbeiten.

#### 6.4 Logistik

Angeichts der Ablegenheit und Grösse der Baustelle erhob sich die Frage der *Zentralisierung logistischer Dienste* aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Koordination. Die Wirtschaftlichkeit ergab sich einmal dort, wo permanente Installationen schon während der Bauzeit durch die Unternehmer gebraucht werden können, so zum Beispiel Baustromversorgung, Trinkwasser, Stückguthafen und Unterkünfte. Zusammen mit dem Güterumschlag in Gove muss bedacht werden, dass entlang der australischen Küste der Schiffsraum sehr knapp ist und dass ferner Protektionismus und Gewerkschaften dafür sorgen, dass die Frachttarife die höchsten der Welt sind. Dies bewog die Nabalco, eine eigene Nachschublinie aufzubauen, das heisst Abholen der Materialien ab Werk, Sammeln in den Verschiffungshäfen (zum Beispiel Sydney, Melbourne, Adelaide, Brisbane), Seetransport nach Gove, Ausladen und Liefern. Der grösste Teil des Transportvolumens wird durch zwei eigene 6000-t-Schiffe bewältigt; für den übrigen Teil (hauptsächlich Spitzen) wurden zusätzliche Schiffe gechartert (siehe Bild 10).

Besonders wichtig ist die Unterkunft und Verpflegung der Bauarbeiter. Um einen einheitlich hohen Standard und eine rationelle Benützung zu gewährleisten, wurde von Anfang an beschlossen, Unterkunft und Verpflegung als Leistung des Bauherrn zu organisieren. Klimatisierte Gebäude mit Zweimannzimmer haben wesentlich dazu beigetragen, die Arbeiterschaft zufrieden und leistungsfähig zu erhalten. Sanitär- und Verpflegungseinrichtungen sowie Aufenthaltsräume und Toiletten auf der Baustelle haben ebenfalls einen hohen Standard. Als weitere vom Bauherrn organisierte Leistungen können erwähnt werden: Betonzuschlagstoffe, zentrale Betonaufbereitung (von Asien importierter Lose-Zement), Gerätepool, Versicherungen. Ausser wirtschaftlichen Gründen hatte das oben beschriebene Vorgehen den Vorteil, dass bei den Ausschreibungen für den Teil der Logistik die Kalkulationsgrundlagen klar bekannt waren und demzufolge die Unternehmer mit kleinerem Risiko rechnen konnten. Ausserdem gestattete dies die Ausführung von Baustellenerschliessungen im Jahre 1969, während an den meisten Ausschreibungen gearbeitet wurde, was in der Folge einen «fliegenden Start» der Hauptarbeiten gestattete. Nachforderungen von Seiten der Unternehmer in bezug auf die Leistungen des Bauherrn bewegen sich in einem vernünftigen Rahmen und stehen in keinem Verhältnis zu den Vorteilen des gewählten Systems.

#### 6.5 Bauleitung

Der Organisation der Bauleitung liegen die unter 6.1 erwähnten Ideen zugrunde. Neben den üblichen Aufgaben, wie Qualitäts- und Fortschrittskontrolle, Administration der Verträge (einschliesslich Abrechnung), Absteckungen usw., ist die Bauleitung auch für die Erbringung der unter 6.4 erwähnten Leistungen verantwortlich; ferner für die sogenannte örtliche Projektierung. Wegen der Kommunikationsprobleme (Entfernung) wurde die Bauleitung mit erstklassigen Leuten und weitgehenden Kompetenzen ausgestattet. Um in Notfällen überall eingreifen zu können, verfügt die Bauleitung auch über eine eigene Belegschaft (im Mittel 150 Mann) sowie Baugeräte. Letztere Gruppe wird zum Löschen der Schiffe, für Transporte sowie für den Betrieb und Unterhalt der Baustelleneinrichtung und des Fahrzeugparks eingesetzt.

Im Prinzip liegt bei der Bauleitung die vorderste Linienverantwortung beim Sektionsingenieur (Project Engineer), der den direkten Verkehr mit dem Unternehmer pflegt. Um Anlagen, bei welchen mehrere Unternehmer eingesetzt wurden, koordinieren zu können, wurden ferner Objektchefs (Area Engineers) eingesetzt. Dies führte hauptsächlich während der Montage und Inbetriebnahme zu einer sogenannten Matrix-

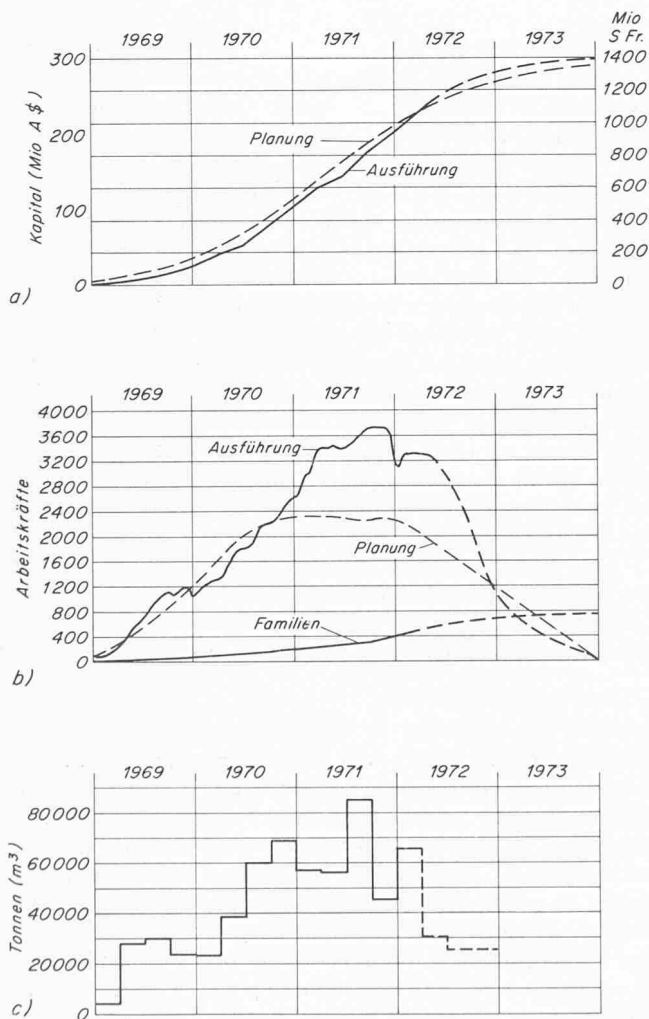


Bild 10. Aufwand an Kapital, Arbeitskräften und Material (Verschiffung).

- a) Summenlinie des Kapitalaufwandes
- b) Anzahl der Arbeitskräfte bzw. Familien
- c) Verschiffungstonnen je Quartal. Es wird mit einem Gesamttotal von 650 000 t gerechnet

Organisation. Besonderes Gewicht wurde ausserdem auf die koordinierte Fortschritt- und Kostenkontrolle gelegt.

#### 6.6 Fortschrittskontrolle

Für Programmierung und Fortschrittskontrolle waren sowohl in Sydney als auch in Gove besondere Stabsgruppen tätig. Aufgrund des allgemeinen Bauprogrammes sind verschiedene detaillierte Programme aufgestellt worden, mit besonderem Gewicht auf dem Tonerdewerk. Ferner wurde angestrebt, die Kapazitäten, wie Arbeiterzahl, Transporte, Beton, mit möglicher Konstanz zu verwenden. Pufferzeiten (min. 10%) wurden zwischen die einzelnen Vertragspakete gelegt. Vergleiche der verschiedenen Programm-Varianten des Tonerdewerkes nach der CPM-Methode erfolgten unter Einsatz eines Computers. Die Programme der einzelnen Verträge beruhen auf obenerwähnten Detailprogrammen, womit Zwischenstermine (Meilensteine) vertraglich fixiert waren. Die Vertragsprogramme bildeten die Grundlage für eine monatliche Fortschrittskontrolle. Dabei zeigte sich, dass schon von Anfang an die Materialbeschaffung äusserst kritisch war. Deshalb wurde eine besondere Gruppe (Expediting) eingesetzt, welche die Unternehmer und Lieferanten auf dem Bestell- und Lieferungswesen überwachten und auch dort direkt eingriffen, wo Verspätungen drohten. Etwa 90% der Materialien und Einrichtungen kommen aus Australien, die übrigen 10% aus Europa, den USA, Japan und Kanada. Die Transport- und Expediting-Organisation umfasst direkt oder indirekt alle Lieferquellen. Es seien zwei Beispiele besonders erwähnt:

- Auf gewissen Sektoren wurden aus Zeitgründen kritische Materialien durch den Bauherrn bestellt und geliefert, wie Stahlplatten, Stahlrohre, Schieber, Motoren und verschiedene Armaturen
- Die bei einer schweizerischen Unternehmung bestellten Gegendruckturbinen wurden in Italien gegossen, was wegen Streiks im Jahre 1970 Verzögerungen von mehr als 30 Wochen verursachte. Da trotz aller Anstrengungen im Schweizer Werk der Zeitverlust nicht mehr aufgeholt werden konnte, wurde im September 1971 die erste Turbine mittels einer Herkules-Maschine in drei Flügen von Zürich nach Gove geflogen.

Auf manchen Gebieten haben derartige Verzögerungen dazu geführt, dass Detailprogramme weitgehend überarbeitet werden mussten. Durch einzelne «Feuerwehr-Übungen» und

zusätzliche Überlappung der Tätigkeiten konnten die Verzögerungen auch weitgehend aufgeholt werden, was allerdings zu starken Spitzen führte (Bild 10).

Die Termine für den Bauxitexport (Mitte 1971) und die Inbetriebnahme der ersten Stufe des Tonerdewerkes (Mitte 1972) wurden mit einem Monat Vorsprung eingehalten.

#### 6.7 Kostenkontrolle

Wie in Abschnitt 3 erwähnt, beruht der Voranschlag für die Investitionskosten auf Vorprojekten und Richtofferten. Die dem Baubeschluss zugrunde gelegte Überarbeitung von 1968 betrug 268 Mio A\$, ausschliesslich Bauzinsen. Die Baukostenkontrolle wurde wie folgt aufgebaut:

- a. Buchhalterische Erfassung von Verpflichtungen und Zahlungen unter Vergleich mit dem Voranschlag. Dies gestattet in wenigen Fällen rechtzeitiges Eingreifen zur Vermeidung von Überschreitungen
- b. Periodische komplette Neuschätzung des Voranschlages unter Berücksichtigung des Projektierungsfortschrittes und der Preisänderungen. Dies erfolgte anfänglich alle drei Monate, später alle sechs Monate durch die einzelnen Sachbearbeiter. In manchen Fällen konnten dadurch rechtzeitig Lösungen und Methoden gewählt werden, die Kostensenkungen erlaubten.

Es hat sich gezeigt, dass der Kostenvoranschlag nur wenig überschritten wurde, wobei die Überschreitungen weitgehend eine Folge der zusätzlichen Teuerung in Australien sind, welche seit 1969 pro Jahr etwa doppelt so hoch ist als in der Periode 1958-1968.

#### 6.8 Inbetriebnahme

Die Abnahme und Inbetriebnahme des Tonerdewerkes ist ein Prozess, der sich über mehrere Monate erstreckt. Zu diesem Zwecke wurden die Organisationen für Montage und Betrieb weitgehend integriert. Nach verschiedenen hydraulischen und thermischen Versuchen der Systeme erfolgt das schrittweise Einführen von Natronlauge. Gleichzeitig werden die elektrischen Systeme geprüft. Sodann erfolgt das allmähliche Einführen von Bauxit zur Sättigung der Lauge mit Aluminiumhydroxid bis zum Zeitpunkt der Zugabe des sogenannten Impf-Hydrates, welche die eigentliche Produktion einleitet.

Adresse des Verfassers: *Walter Lepori*, dipl. Ing. ETH, Generaldirektor, Nabalco Pty. Ltd., Sydney.

## Pumpspeicherwerke: heutiger Stand und Zukunftsaussichten in der Schweiz

Von Dr. R. Biedermann<sup>1)</sup>, Bern

DK 621.221.4

Die Erzeugung elektrischer Energie befindet sich in der Schweiz seit einigen Jahren in einem entscheidenden Wandel. Mit der Fertigstellung der heute noch im Bau befindlichen Wasserkraftanlagen wird der Ausbau der wirtschaftlich nutzbaren Wasserkraft nahezu abgeschlossen sein. Zwangsläufig nimmt auch die mittlere mögliche Energieproduktion aus Wasserkraftanlagen heute nurmehr langsam zu. Am 1. Januar 1971 betrug die durchschnittliche jährliche Produktionsmöglichkeit 30,6 Mrd. kWh. Bis gegen Ende dieses Jahrzehnts dürfte sie sich lediglich um etwa 1,4 Mrd. kWh und damit auf etwa 32 Mrd. kWh erhöhen. Der jährliche Bedarfszuwachs an elektrischer Energie muss deshalb bereits seit

einigen Jahren in immer stärkerem Ausmass mit Energie aus thermischen Kraftwerken gedeckt werden.

Der eigentliche Übergang von der praktisch ausschliesslich hydraulischen zur gemischt hydraulisch-thermischen Erzeugung erfolgte Ende 1965 mit der teilweisen Inbetriebnahme des ölthermischen Kraftwerkes Chavalon mit 2×142 MW installierter elektrischer Leistung. Mittlerweile sind weitere thermische, und zwar hauptsächlich nuklear-thermische Anlagen dazugekommen, so dass in solchen Kraftwerken heute eine elektrische Leistung von 1560 MWe zur Verfügung steht. Dies sind etwa 14% der gesamten maximal verfügbaren Leistung. Im hydrographischen Jahr 1964/65 betrug dieser Anteil erst etwa 3%, und zwar aufgeteilt auf zahlreiche kleinere Werke.

Obschon die Schweiz als wasserreiches und topographisch stark gegliedertes Land ein verhältnismässig grosses hydro-

<sup>1)</sup> Tagungsbeitrag für das Kollegium über Pumpspeicherwerke der Commission Economique pour l'Europe (CEF) vom 6. bis 8. November 1972 in Athen. Der Aufsatz erscheint gleichzeitig im Bulletin des SEV, Seiten des VSE, Nr. 23 vom 11. November 1972.