

Wasserbauliche Probleme an der Mündung des Alpenrheines in den Bodensee

Autor(en): **Bertschinger, Heinrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **68 (1976)**

Heft 8-9

PDF erstellt am: **14.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-939295>

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.

Wasserbauliche Probleme an der Mündung des Alpenrheins in den Bodensee

Heinrich Bertschinger

DK 627.42

Das Einzugsgebiet des Alpenrheins misst an seiner Mündung in den Bodensee 6120 km². Rund $\frac{2}{3}$ davon sind schweizerisches und $\frac{1}{3}$, entsprechend den Einzugsgebieten der Ill und der Frutz, österreichisches Territorium. Entsprechend der mittleren Höhenlage des Einzugsgebietes um 1800 m ü.M. und dessen Vergletscherung von 2 % zeigt das Abflussregime des Alpenrheines einen durch die früh-sommerliche Schneeschmelze gekennzeichneten Wildbachcharakter. Den mittleren Abflüssen der Monate Juni und Juli von 450 bis 500 m³/s stehen die mittleren Abflüsse der Wintermonate mit 200 bis 250 m³/s gegenüber.

Die kleinsten beobachteten Abflüsse liegen bei 60 m³/s, während aufgrund langjähriger Beobachtungen für das hundertjährige Hochwasser flussabwärts der Einmündung der Ill 3250 m³/s berechnet werden. In diesem Abschnitt beginnt der Geschiebetrieb, bei welchem die Flusssohle in Bewegung kommt bei Abflussmengen um 300 m³/s.

Die groben Geschiebe aus den Wildbachtälern der Alpen werden im Flussbett des Rheins auf einer Transportstrecke von rund 100 km zu Sand und Schlamm zerrieben. Beispielsweise erreichen die bei Reichenau (Rhein-km 0), bei der Vereinigung von Hinterrhein und Vorderrhein durchgehenden Geschiebe den Bodensee nur noch als Sand und Schlamm.

Die den Bodensee erreichenden rund 40 000 m³ Kies stammen vorwiegend aus den am nächsten gelegenen Wildbachtälern im Einzugsgebiet der Landquart und der Ill.

Die vom Rhein angeschwemmten Feststoffe, bestehend aus 2,8 Mio m³ Sand und Schlamm inklusive 1 % Kies, entsprechen einem mittleren Abtrag des gesamten Einzugsgebietes um 0,5 mm oder des Einzugsgebietes über 1800 m ü.M.

Granulometrie der Geschiebefracht des Rheins an seiner Mündung in den Bodensee (Rhein-km 90) Tabelle 1

Korndurchmesser in mm	Bezeichnung	%	Geschiebefracht im Jahr m ³ im Jahr
< 0,002	Ton	10	280 000
0,002 — 0,06	Silt	70	1 960 000
0,06 — 2,0	Sand	19	520 000
2,0 — 50	Kies	1	40 000
Geschiebefracht			2 800 000

um rund 1 mm pro Jahr. Der Bodensee mit seinem Wasservolumen von rund 50 Mrd. m³ würde somit im Zeitraum von 18 000 Jahren bis zu seinem Ausfluss bei Stein am Rhein mit Feststoffen aufgefüllt.

Extrapolationen in eine so ferne Zukunft mögen utopisch erscheinen, zeigen aber eindrücklich den relativ raschen Ablauf einer unaufhaltsamen, für den Bodensee verhängnisvollen geologischen Entwicklung, die auch durch einen Blick in die Vergangenheit bestätigt wird. Am Ende der letzten Eiszeit reichte die Wasserfläche des Bodensees bis in die Gegend von Thusis im Bündnerischen Domleschg. Weiter sind 14 km flussaufwärts der heutigen Mündung, bei Hohenems, Reste von Hafenanlagen gefunden worden, die darauf hinweisen, dass vor einigen Jahrhunderten der Bodensee oder mindestens ein schiffbarer Ast desselben bis nach Hohenems gereicht haben muss.

Nach der Ableitung des Rheins durch den Fussacher Durchstich im Jahre 1900 wurde das sich im Bodensee bildende Delta periodisch ausgemessen (Bild 1). Seither haben sich der Lauf des Rheins jährlich um etwas mehr als 20 m verlängert und das Delta um rund 3 ha vergrößert.

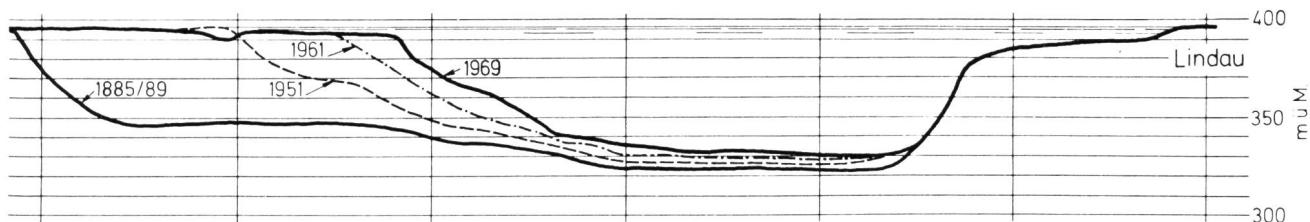


Bild 1a. Querprofil durch den Bodensee vom Rhein-km 90 bis Lindau. Längen 1:40 000, Höhen 1:4000. Seit der Eröffnung des Fussacher Durchstiches im Jahre 1900 hat sich die Rheinmündung im Bodensee um rund 2 km vorgeschoben. Ein Weiterwachsen des Deltas quer durch den See in Richtung Lindau muss verhindert werden.

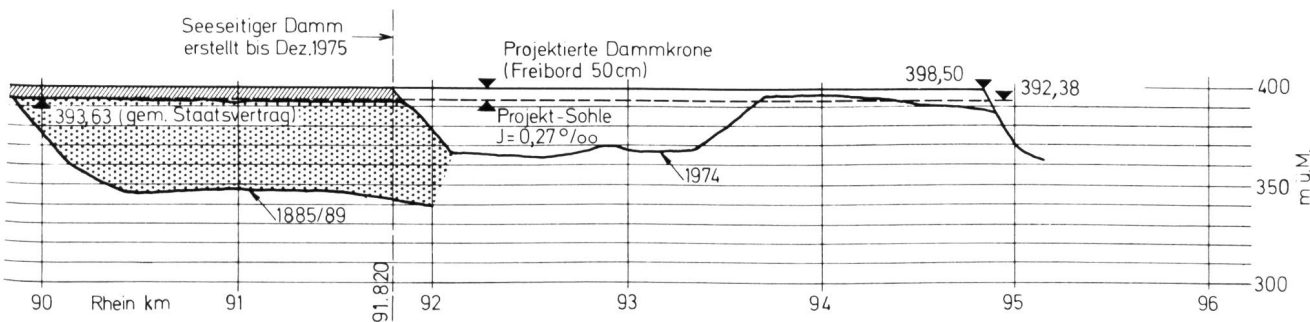


Bild 1b. Längsprofil in der Achse des seeseitigen Damms der Vorstreckung. Das Längsprofil des Seebodens in der Achse des projektierten, rechtsseitigen Rheindammes weist zwischen km 92 und km 93,6 eine 20 bis 30 m tiefe Mulde auf, in der sich während der Bauzeit des Kanals das Geschiebe des Rheins ablagern soll, ohne Rückstau erzeugende Barrieren zu bilden. Der seeseitige Damm wurde bisher bis an den Rand dieser Mulde bei km 91,82 vorgezogen. Der weitere Vorbau erfolgt nach Massgabe der natürlichen Auflandung der Mulde. Das Bauprogramm sieht vor, den Kanalabschnitt ab km 93,6 bis an dessen Ende vorgängig der Schliessung der Lücke zwischen km 92 und km 93,6 zu erstellen.

Der Transport der Wasser- und Geschiebmassen erfordert im Fussacher Durchstich ein Gefälle von 0,8 ‰. Die jährliche Verlängerung des Flusslaufes um rund 20 m erfordert somit eine Erhöhung der Sohle um 1,6 cm pro Jahr.

In den vergangenen Jahrhunderten waren die Erhöhungen des Flussbettes im Mündungsgebiet mit ein Grund für die sich in immer kleineren Zeitintervallen wiederholenden verheerenden Ueberschwemmungen der Rheinebene. Der Kampf des Menschen mit dem Rhein wurde bis Mitte des vergangenen Jahrhunderts von der ansässigen Bevölkerung zu eigenen Lasten, aber oft recht planlos geführt. Im Jahr 1854 kam mit Hilfe des Bundes ein erster durchgreifender Plan für den Ausbau des Rheins von der Landquartmündung bis zum Bodensee zustande. 40 Jahre später, im Jahr 1892 wurde zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und Kaiser Franz Josef I. von Oesterreich ein Staatsvertrag abgeschlossen, der den Bau der Durchstiche von Diepoldsau und Fussach ermöglichte. Der Fussacher Durchstich konnte im Jahre 1900, der Diepoldsauer Durchstich im Jahr 1923 eröffnet werden.

Die beiden Durchstiche verkürzen den Rheinlauf um 8 km, dabei wurde ein Gefälle von rund 8 m gewonnen.

Der Ausbau der Durchstiche und der zwischen diesen liegenden Flussstrecke, war etwas zu breit geraten, was zur Folge hatte, dass sich in den neuerstellten Kanälen gefährliche Hebungen der Sohlen einstellten. Zur Sanierung dieser Entwicklung wurde in einem neuen, im Jahre 1954 abgeschlossenen Staatsvertrag die Durchführung nachstehender Massnahmen beschlossen:

1. Ausbau des Hochwasser-Abfluss-Profiles für eine maximale Wassermenge von 3100 m³/s; Einengung des Mittelgerinnes von der Brücke Kriessern—Mäder bis zur Mündung um 20 bis 40 m; Anpassung der Brücken, Erstellung von seitlichen Sickergräben usw.
2. Vorstreckung der Regulierungswerke des Fussacher Durchstiches auf dem Schuttkegel im Bodensee.
3. Gemeinsame Erhaltung des Mittelgerinnes und dauernde Gewährleistung der Höhenlage der Flusssohle bei km 90 auf Kote 393,63 m ü.M. durch geeignete Massnahmen.

Die unter Ziffer 1 skizzierten Arbeiten wurden von der Internationalen Rheinregulierung bis zum Jahr 1973 ausgeführt und praktisch abgeschlossen. Die in Ziffer 2 und 3 angedeuteten Arbeiten bilden eine Dauerverpflichtung der Vertragsstaaten.

Ein der natürlichen Entwicklung überlassenes Vorwachsen des Rheindeltas in Richtung auf die Halbinsel von Lindau würde die Bregenzer Bucht in wenigen Jahrhunderten durch die Bildung einer Landbrücke vom übrigen Bodensee abtrennen. Die Vertragsstaaten sind verpflichtet, eine solche Entwicklung zu verhindern.

Im Frühjahr 1969 erteilte die Gemeinsame Rheinkommission an Prof. E. Schnitter, dem damaligen Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich (VAWE), den Auftrag zur gutachtlichen Unterstützung der österreichischen Rheinbauleitung bei der Aufstellung eines Projektes für die Vorstreckung der Mündungsbauwerke auf dem Delta des Rheins im Bodensee.

Als Ziel der zur Diskussion gestellten Baumassnahmen galt vornehmlich eine weitgehende Verhinderung der Verschlamung und Versandung des oberen Bodensees, östlich der Linie Rohrspitz—Lindau (Bild 2, Harderbucht und Bregenzer Bucht). Weiter sollte die Fussacher Bucht vor einer vorzeitigen Verlandung geschützt werden.

Als Grundlage für die konstruktive Behandlung dieser Probleme berechnete die VAWE die geometrische Gestaltung eines rund 5 km langen Kanals, der bei allen vorkommenden Seeständen und Rheinabflussmengen die Wasser- und Schlammassen in die grossen Seetiefen zu transportieren vermochte. Von den Staubecken der Kraftwerke mit einem Einzugsgebiet von rund 6 ‰ vom Einzugsgebiet des Rheins und den in den letzten Jahrzehnten entstandenen Wildbachverbauungen wird in Zukunft keine wesentliche Aenderung der Schlammfracht im Mündungsgebiet erwartet. Die VAWE legte den Berechnungen des Kanals ein feinkörniges Geschiebe zugrunde mit $D_{max} = 1 \text{ mm}$, $D_{min} = 0,006 \text{ mm}$ (6μ), $D_{90} = 0,335 \text{ mm}$ und $D_m = 0,11 \text{ mm}$. Diese Annahme berücksichtigt die Konzession, dass das Geschiebe mit



Bild 3. Flugbild der Mündungsbauwerke auf dem Rheindelta im Bodensee, Bauzustand März 1976.

Der rechtsseitige Rheindamm ist vorgezogen bis km 91,82, bei welchem das Delta steil in grössere Seetiefen abfällt. Der Damm zum Schutz der Fussacher Bucht einschliesslich der letzten Querbuhne ist fertig geschüttet, wodurch der vorgesehene Verlandungsraum begrenzt wird. Km 90 befindet sich am unteren Rand des Bildes. Als nächste grössere Arbeit ist die Verbindung der Bühnenköpfe am linken Ufer durch einen Längsdamm vorgesehen, wobei das bei km 90 rund 60 m breite Mittelgerinne bis zum Anfang des Bogens bei km 90,6 auf 180 m verbreitert wird. (Aufnahme F. Thorbecke, Lindau)

Bild 4. Blick rheinaufwärts während des Abflusses von rund 1700 m³/s im Juli 1973.

Im untern Abschnitt des Fussacher Durchstiches sind die Vorländer überschwemmt. Der rechtsseitige Rheindamm (im Bild links) ist ungefähr bis zum heutigen Zustand vorgezogen, während vom Schutzdamm für die Fussacher Bucht noch nichts vorhanden ist. Deutlich ist die in die Bucht eindringende Schlammfahne erkennbar.

Am Ende des Deltas, beim Beginn der grossen Seetiefen bildet sich durch das Absinken des kalten Rheinwassers in grössere Tiefen ein eindrucksvoller Wirbel.

(Photo F. Thorbecke, Lindau)



Korndurchmessern von mehr als 1 mm, im Ausmass von jährlich rund 40 000 m³, in der Gegend von km 90 im Rheinbett liegenbleibt und periodisch durch Baggerungen entfernt werden müsste. Die feinen Schwebstoffe, mit weniger als 6 μ Durchmesser sind für die Variation des Längenprofils von untergeordneter Bedeutung und wurden vernachlässigt.

Die Berechnungen führten zu einem Kanal von trapezförmigem Querschnitt, mit einer Sohlenbreite von 180 m und mit einem Sohlengefälle von 0,27 ‰, beginnend bei der staatsvertraglich festgelegten Sohlenkote von 393,63 m ü.M. beim km 90,000. Für extreme Abflussverhältnisse und Seespiegelkoten ergaben die Berechnungen mögliche Eintiefungen der Kanalsole bis zu 3,50 m unter die Projektsole, welchen durch entsprechende Sicherungen des Flusses der kanalseitigen Dammböschungen Rechnung getragen werden muss.

Zwischen km 90 und km 90,600 (Bild 3) ist eine Absenkung der Mittelgerinnewahre des Fussacher Durchstiches und eine Erweiterung des Mittelgerinnes von 60 m auf 180 m vorgesehen.

Bei der Festlegung der Linienführung des Kanals waren folgende Gesichtspunkte von Bedeutung:

- Die Vorstreckung der Dämme muss auf dem sich an der Mündung bildenden Schlammkegel erfolgen.
- Die weitere Versandung und Verschlammung der Bregenzer Bucht ist tunlichst zurückzuhalten.
- Während der Bauzeit des Kanals müssen die bei Hochwasser zugeführten Feststoffmengen, die 1,0 bis 1,5 Mio m³ pro Schub erreichen können, Raum zum Absetzen finden, ohne dass dabei Barrieren gebildet werden, die zu Rückstauungen führen könnten und durch dauernde Baggerungen entfernt werden müssten.
- Die Fussacher Bucht muss weitgehend vor einer weiteren Verlandung geschützt werden.

— Bauvorgang und Bauprogramm sollen den finanziellen Gegebenheiten Rechnung tragen und die bisher gesammelten Erfahrungen bei Bauten an der Rheinmündung berücksichtigen.

Das zur Ausführung vorgeschlagene, diesen Randbedingungen entsprechende Projekt sieht vor:

- Erstellung eines Dammes zum Schutz der Fussacher Bucht südlich des vorzustreckenden Rheinkanals einschl. Errichtung von Bühnenfeldern zur Förderung der notwendigen Auflandungen und zur Lenkung des Rheinflusses (Bilder 2 und 3).
- Vorstreckung des rechtsseitigen Dammes ab km 91,160, entsprechend dem Vorwachsen des Deltas in die zwischen km 92,000 und km 93,800 liegende tiefe Seemulde (Bild 1).
- Nachziehen des linksseitigen Dammes entsprechend dem Fortschreiten der Verlandungen nördlich des Schutzdammes durch Verbindung der Köpfe der Querbühnen (Bild 3).

Für die Ausführung des Projektes ist eine Bauzeit von 20 Jahren vorgesehen, die aber wesentlich durch nicht voraussehbare natürliche Entwicklungen im Zusammenhang mit der Wasser- und Schlammführung des Rheins beeinflusst werden kann.

Im Frühjahr 1973 wurde das Bauprojekt vom Schweizerischen Bundesrat und vom Oesterreichischen Ministerrat genehmigt und nach jährlich vorzulegenden Programmen und Kostenvoranschlägen zur Ausführung freigegeben. Die veranschlagten Baukosten von 43 Mio Fr. werden je hälftig von den beiden Vertragsstaaten getragen.

Der Damm zum Schutz der Fussacher Bucht einschl. eines Teils der Querbühnen konnten bis zum Sommer 1976 fertiggestellt werden (Bild 3), wodurch die Gefahr einer Verlandung dieser Bucht für längere Zeit behoben sein dürfte. Durch den Dammbau wurde eine bestehende Schifffahrtsrinne zum Hafen von Fussach abgeschnitten. Zwischen der

Zone genügender Wassertiefe im Bodensee und der Mitte der Fussacher Bucht wurde zur Aufrechterhaltung der Schifffahrt im Winter 1975/76 eine neue Rinne gebaggert, die im Zuge der weiteren Vorstreckung der Kanaldämme bis in die grossen Seetiefen südlich des linken Dammes vorgezogen werden muss.

Der rechtsseitige Rheindamm ist vorläufig bis an den Rand grösserer Seetiefen bei km 91,820 vorgezogen worden (siehe Bild 3).

Bild 4 zeigt eindrücklich, wie Ende Juli 1973 ein mittleres Hochwasser mit 1700 m³/s am Ende dieses Dammes unter Bildung eines gewaltigen Wirbels in die grossen Seetiefen zwischen km 92 und km 93 absinkt.

Die zeitliche Abwicklung des Programms für die Schliessung dieser Lücke im zukünftigen Delta hängt ab von der Wasser- und Geschiebeführung des Rheins und kann sich über Jahrzehnte ausdehnen. Im Bauprogramm ist deshalb vorgesehen, vorgängig der Schliessung dieser Lücke den Kanalabschnitt im seichten Wasser zwischen km 93,800 und km 94,800 am Ende des Kanals im offenen See zu bauen. Anschliessend soll die Lücke im rechtsseitigen Damm geschlossen, der linksseitige Damm vorgezogen und die Schifffahrtsrinne der Lage des neuen Kanals angepasst werden.

Nach der Fertigstellung dieser Bauwerke scheinen nach menschlichem Ermessen die flussbaulichen Probleme an

der Mündung des Alpenrheins in den Bodensee für einen längeren Zeitabschnitt gelöst zu sein. Vor der neuen, 4 km nach Westen verlegten Mündung wird sich wiederum ein Delta bilden, das sich in westlicher Richtung, aber auch seitlich ausdehnen und für die Erhaltung der Fussacher Bucht neue Probleme bringen wird. Seitlich der vorgezogenen Mündungsbauwerke, die während ihrer Bauzeit und im Neuzustand das Landschaftsbild beeinträchtigen mögen, werden sich mit dem Mündungsdelta harmonisch verwachsene Auflandungen und Nassgebiete bilden, die sich zu touristisch reizvollen und biologisch wertvollen Schutz- und Erholungsgebieten entwickeln dürften.

Im Hinblick auf die im Gange befindliche, relativ rasch ablaufende geologische Entwicklung ist ein konservierender Naturschutz an der Rheinmündung unmöglich. Im Gegensatz zu früheren Epochen ist es heute möglich, durch geeignete Massnahmen die in «Unordnung» ablaufende Verlandung des Bodensees in vorbestimmte Bahnen zu lenken, im Sinne eines konstruktiven, in die Zukunft blickenden Schutzes und einer umweltfreundlichen Weiterentwicklung der in Mitteleuropa einzigartigen Uferlandschaft.

Adresse des Verfassers: Oberingenieur Heinrich Bertschinger, dipl. Ing. ETH, Schweizerischer Rheinbauleiter der Internationalen Rheinregulierung, 9400 Rorschach.

Raffinerie Rheintal AG

DK 061.5.665.66

Die Raffinerie Rheintal AG ermöglicht es den Teilnehmern an der Hauptversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes vom 9. und 10. September 1976 in Vaduz, ihre Anlagen in Sennwald zu besichtigen. Die Firma, die wir hier kurz vorstellen, wurde am 26. Februar 1964 gegründet, sie hat ihren Sitz in 9466 Sennwald SG.

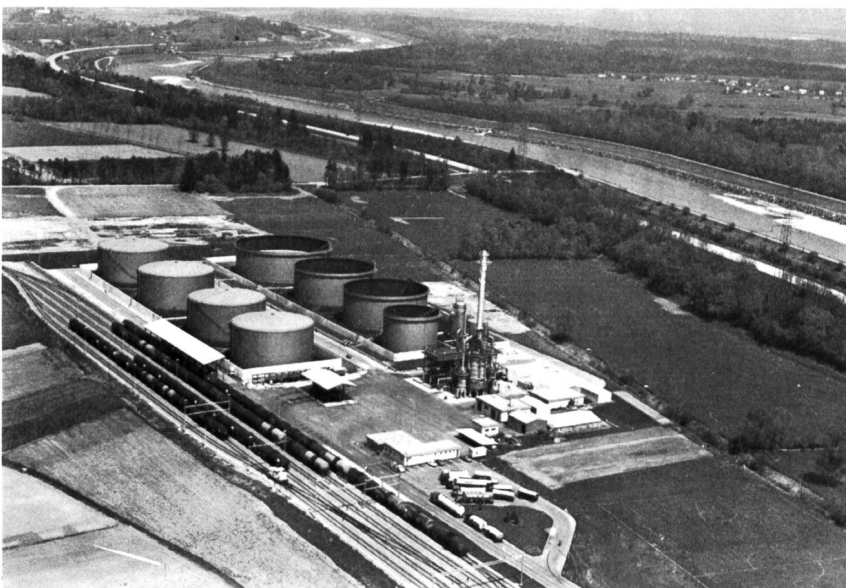
Aufgrund des enormen Heizöl-Konsums in der Schweiz, welcher in keinem Verhältnis zur Verarbeitung des Rohöls steht, wurde ihre Anlage in Sennwald verwirklicht, welche durch ein Verbindungsstück an die Mitteleuropa-Pipeline Genua—Ingolstadt angeschlossen ist.

Das aus italienischen Raffinerien oder aus dem Erdölhafen Genuas stammende Heizöl extra leicht wird durch eine Ab-

zweigleitung der Oleodotto del Reno dem Tanklager zugeführt. Das durch den Transport verschmutzte Heizöl (Anfang und Ende einer Lieferung, genannt «Batch») wird in der Destillations-Anlage gereinigt und anschliessend in die Lagertanks für den Verkauf geleitet.

Die Anlagen der Raffinerie Rheintal AG stehen auf einem Areal von 70 000 m² und sind dank ausgezeichneter Strassen- und Bahnverbindungen gut zu erreichen. Sie liegen in unmittelbarer Nähe der N 13 und der SBB-Station Salez-Sennwald.

Das Aktienkapital der Gesellschaft beträgt heute 12 Mio Franken. Die Kapazität der Anlagen beläuft sich auf 700 bis 800 000 t/Jahr.



Flugaufnahme der Anlagen der Raffinerie Rheintal AG, Blick nach Nordosten.