

## Sonderdruck aus

AT Verlag für Aufbereitung GmbH,  
Postanschrift: Postfach 5809, 65048 Wiesbaden,  
Firmensitz: Am Klängenweg 4a, 65396 Walluf  
Telefon (06123) 700-0, Telefax (06123) 700-122



**AUFBEREITUNGS-TECHNIK**  
**MINERAL PROCESSING**

Jahrgang 34 (1993) · Heft 1 · Seite 2-17

---

## **Konzepte moderner Sand- und Kiesaufbereitungsanlagen\*)**

## **Concepts for Modern Sand and Gravel Processing Plants\*)**

Dr.-Ing. G. Drinkgern, Burgwedel und Dr.-Ing. A. Jungmann, Essen

---

überreicht vom

**Bundesverband der Deutschen  
Kies- und Sandindustrie e.V.**

47051 Duisburg · Tonhallenstraße 19  
Telefon (0203) 99239-0 · Fax (0203) 21306

# Konzepte moderner Sand- und Kiesaufbereitungsanlagen\*)

La conception d'installations modernes de préparation de sable et de gravier

Conceptos de instalaciones modernas de preparación de arena y de grava

Dr.-Ing. G. Drinkgern, Burgwedel\*\*) und Dr.-Ing. A. Jungmann, Essen\*\*\*)

**Zusammenfassung** Die wirtschaftliche Erzeugung zunehmend hochwertiger Produkte, die sich gleichzeitig verschlechternden Lagerstättenbedingungen und die sich ständig verstärkenden Auflagen des Umweltschutzes stellen an die Aufbereitungsanlagen für Kies und Sand immer höhere Anforderungen. Zusätzlich müssen in den neuen Bundesländern Anlagen modernisiert oder neu eingerichtet werden. Da die Aufbereitungsanlagen sich den individuellen Bedingungen anpassen müssen, gibt es kein allgemein gültiges Konzept für die Auslegung. Die einzelnen Verfahrensstufen werden beschrieben und die Konzeption von Aufbereitungsanlagen für die verschiedenen regionalen Lagerstättentypen anhand von Stammbäumen beispielhaft erläutert.

**Résumé** De la production économique, des produits dont la valeur est chaque fois plus grande, des conditions chaque fois plus mauvaises des gisements ainsi que des exigences chaque fois plus rigoureuses en ce qui concerne la protection de l'environnement, il résulte que les installations de préparation de sable et de gravier doivent satisfaire à des exigences chaque fois plus élevées. De plus, dans les nouveaux états fédéraux, il faut moderniser et équiper bien des installations. Etant donné que les installations de préparation doivent s'adapter aux conditions individuelles, il n'existe pas de concepts de dimensionnement universellement valables. On décrit les différentes étapes technologiques et on explique, à titre d'exemples et à l'aide de schémas de traitement, des concepts d'installations de préparation applicables aux différents types de gisements régionaux.

# Concepts for Modern Sand and Gravel Processing Plants\*)

**Summary** The economic production of increasingly upgraded products while simultaneously deteriorating conditions and requirements for processing plants for gravel and sand. In addition, plants have to be modernized or retrofitted in the former GDR. Since processing plants have to be adapted to the prevailing conditions, a general concept applicable to all sites does not exist. Individual process stages are described and concepts for processing plants are elucidated by means of flow sheets as examples.

**Resumen** La producción económica, los productos cada vez más valiosos, las condiciones cada vez peores de los yacimientos así como las crecientes exigencias en materia de protección del medio ambiente hacen que las instalaciones de preparación de arena y de grava tengan que satisfacer unos requerimientos cada vez más altos. Además, en los nuevos estados federados hay que modernizar o equipar muchas instalaciones. Puesto que las instalaciones de preparación tienen que adaptarse a las condiciones individuales, no existen conceptos generales de dimensionamiento de las mismas. Se describen las diferentes etapas tecnológicas y se explican, a modo de ejemplos y con ayuda de diagramas, los conceptos de instalaciones de preparación aplicables a los distintos tipos de yacimientos regionales.

## 1. Allgemeines

Eine moderne Sand- und Kiesaufbereitungsanlage muß so konzipiert sein, daß sie leistungsfähig ist, weitgehend automatisch arbeitet, die wirtschaftliche Erzeugung hochwertiger Produkte bei gleichzeitig sich verschlechternden Lagerstättenbedingungen erlaubt und alle Anforderungen des Marktes qualitativ und kostenmäßig erfüllt.

Die Notwendigkeit zum Aufbau moderner Anlagen in den fünf neuen Bundesländern ist der Anlaß, die Konzeption moderner Sand- und Kiesaufbereitungsanlagen darzustellen. Die jährliche Produktion von Kies und Sand in der Bundesrepublik Deutschland ist in **Tabelle 1** dargestellt [1].

Nach den Recherchen des Bundesverbandes der Kies- und Sandindustrie bestehen zur Zeit in den fünf neuen Bundesländern einschließlich Berlin rund 780 Aufbereitungsanlagen für Kies und Sand sowie für Splitt, die alle zu modernisieren sind. Darüber hinaus will die Treuhandstelle in Berlin in den nächsten Jahren rund 100 Lagerstätten öffentlich ausschreiben.

## 1. General

A modern sand and gravel plant must be designed to be efficient, to a large extent operate fully automated, to enable an economic production of high-grade products at simultaneously deteriorating deposits and to meet all requirements of the market in terms of quality and costs.

The necessity to develop modern plants in the five new German states (former GDR) is the reason for presenting concepts for modern sand and gravel plants. The annual output of gravel and sand in the Federal Republic of Germany is listed in **Table 1** [1].

According to investigations by the German Federal Association of the Gravel and Sand Industry, there are currently 780 existing processing plants for processing gravel and sand as well as chip-pings in the former GDR including Berlin; all due for modernization. In addition, the Treuhand agency in Berlin will be offering around 100 deposits for public tender in the following years.

The occurrence of a deposit, its position, depth and total reserves, its water availability, sand to gravel ratio and its petro-

\*) Überarbeitete Fassung eines Vortrages auf der HdT-Veranstaltung „Neuere Entwicklungen in der Sand- und Kiesaufbereitung“, Essen, 22.-23.1.1991

\*\*) Bundesverband der Deutschen Kies- und Sandindustrie e. V., Duisburg

\*\*\*) allmineral Aufbereitungstechnik GmbH & Co KG, Duisburg

\*) Revised version of a paper presented at the HdT congress “Recent Developments in Sand and Gravel Processing”, Essen 22–23 January 1991

\*\*) German Association for Gravel and Sand Industry in Duisburg

\*\*\*) allmineral Aufbereitungstechnik GmbH & Co KG, Duisburg

Das Vorkommen einer Lagerstätte, seine Lage, Mächtigkeit und Gesamtvorrat, sein Wasserhaushalt, sein Sand-Kies-Verhältnis und seine Petrographie einerseits sowie die Anzahl und Menge der geplanten Verkaufsprodukte mit unterschiedlichen Anforderungen für die verschiedenen Anwendungen sowie Auflagen der Behörden andererseits stellen die Eckwerte für die Konzeption einer Sand- und Kiesaufbereitungsanlage dar.

Da die Lagerstätten in der Regel unterschiedlich sind und auch die für die verschiedenen Anwendungen herzustellenden Produkte unterschiedliche Anforderungen erfüllen müssen, kann es ein allgemein gültiges Konzept für eine Sand- und Kiesaufbereitungsanlage nicht geben. Alle Anlagen unterscheiden sich daher in ihrem Aufbau mehr oder weniger voneinander. Es ist aus diesem Grunde sinnvoll, bevor einige Beispiele moderner Anlagen im Flußdiagramm gezeigt werden, die einzelnen Aufbereitungsstufen für die Konzeption einer modernen Sand- und Kiesaufbereitungsanlage zu behandeln.

## 2. Aufbereitungsstufen

Die Aufbereitung von Kies und Sand umfaßt folgende Verfahrensschritte:

- Gewinnung von Kies und Sand (teilweise mit erster Vorbehandlungsstufe der Aufbereitung)
  - innerbetrieblicher Transport
  - Sieben/Klassieren
  - Feinsandrückgewinnung/Feinsandabscheidung
  - Abscheiden von Fremdstoffen
  - Entwässern von Sanden
  - Brechen von Überschußkörnungen
  - Wasserkreisläufe
  - Bunkern/Verladen/Verwiegen
- Darüber hinaus kommt den Gebieten
- Prozeßautomation/Meß- u. Regeltechnik
  - Verschleiß und Energieverbrauch
- eine zentrale Bedeutung zu.

### 2.1 Gewinnung

Bei der Gewinnung wird zwischen nasser und trockener Gewinnung unterschieden.

Die nasse Gewinnung wird in der Hauptsache mit Schwimmgreifern und Saugbaggern sowie mit Eimerkettenbaggern, Schrapfern und Schleppkübeln durchgeführt. Besonders die Schwimmgreifer haben eine interessante Entwicklung hinter sich. Der Einsatz dieser Greifer im großen Maßstab begann 1954. Entwicklungsziele waren:

- größere und leistungsfähigere Geräte auch für große Tiefen
- Verbesserung in den Steuerungssystemen
- Senkung der Personal- und Betriebskosten

Ab 1979 stand die Reduzierung der Energiekosten im Vordergrund mit dem Erfolg, daß heute die erforderliche installierte Motorleistung (Förderung von 200 m<sup>3</sup>/h Material aus einer Tiefe von 30 m) von 367 kW auf 123 kW gesenkt werden konnte [2].

Für das Lösen und Fördern von Sand und Kies im Spülbetrieb (Saugbagger) wurden die Entwicklungen aus dem Wasserbau und dem Straßenbau auf die Geräte der Sand- und Kiesindustrie übertragen. Die Naßbaggerei verfügt in Deutschland über 150 Jahre Erfahrung. Auch liegen umfangreiche Untersuchungen über die Druckgradienten von Sand-Wasser-Mischungen sowie über den Einfluß der Kornverteilung auf den Druckverlust vor. Der Druckhöhenverlust wird im wesentlichen durch folgende Einflußgrößen bestimmt:

- Feststoffkonzentration
- Dichte des Feststoffes
- Korngröße

graphy on the one hand, as well as the number and volume of products planned for marketing with differing requirements for the various applications as well as regulations and provisions of local authorities on the other hand represent the statistics for developing a concept for a sand and gravel processing plant.

Since the deposits are generally different and different requirements are to be met for the different products for various applications, a universal concept for a sand and gravel processing plant cannot exist. Thus all plants will differ to a greater or lesser extent regarding structure. For this reason, it is useful to discuss the individual processing steps for developing a concept for a modern sand and gravel processing plant prior to elucidating some examples of modern plants as flow sheets.

Tabelle 1: Produktion von Kies und Sand 1991 in der Bundesrepublik Deutschland [1]  
Table 1: Production of gravel and sand in the Federal Republic of Germany in 1991 [1]

Bundesrepublik Deutschland 1991	
1. Baukies und Bausand	362
davon:	
1.1 im Hochbau	227
1.2 im Tiefbau	135
2. Spezialsande und -Kies	15
Summe aus 1. und 2.:	377 Mio. t

## 2. Processing steps

The preparation of gravel and sand includes the following processing steps:

- extraction of gravel and sand (partly with initial preliminary processing stage)
- inhouse conveying
- screening/sizing
- recovery/separation of fine sand
- separation of foreign matter
- dewatering of sand
- crushing of excess particle sizes
- water circuits
- bunkering/loading/weighing

Further, the fields of

- process automation/measurement and control engineering
  - wear and energy consumption
- are of central importance.

### 2.1 Extraction

For extraction, it is necessary to distinguish between wet and dry extraction.

Wet extraction takes place primarily with floating grab dredgers and suction dredgers as well as bucket dredgers, drag-scrappers and dragline buckets. In particular, floating grab dredgers have experienced an interesting development. A large-scale implementation of these grab systems commenced in 1954. Objectives of development were:

- larger and more efficient equipment also for greater depths
- improvement of control systems
- reduction of labour and operating costs

- Kornform
- Ungleichkörnigkeitsgrad
- Feinstkornanteil  $d < 0,063 \text{ mm}$
- Strömungsgeschwindigkeit
- Rohrdurchmesser
- Wandrauigkeit
- geodätischer Höhenunterschied

Es ist anzustreben, daß der Druckhöhenverlust möglichst niedrig ist. Bei einer Feststoffkonzentration von 1:2,5 bis 1:5 wird bei Sand-Wasser-Gemischen der Energieaufwand beim Ansaugen und Rohrtransport ein Minimum [3].

Für das Lösen und Fördern von Sand und Kies im Spülbetrieb werden Saugbagger mit Schneidkopfeinrichtung bzw. einem Spülkopf (Jet-System) oder Saugbagger mit Grundsaugeinrichtungen eingesetzt [4].

Eimerkettenbagger, Schrapper und Schleppkübel haben ebenfalls einen hohen Entwicklungsstand.

Bei der Naßbaggerung müssen Lot- und Positionsanlagen dafür sorgen, daß die Kies- und Sandlagerstätten unter den bestehenden Baggerseen restlos ausgebeutet und daß die Fördergeräte (z. B. der Greifer) nicht verschüttet werden und verloren gehen [5].

Bei der trockenen Gewinnung bedient sich die Sand- und Kiesindustrie der Geräte, die im Bauwesen und der Steine- und Erdenindustrie verwendet werden. Der hohe Standard dieser Maschinen kommt somit der trockenen Kies- und Sandgewinnung zugute. Eingesetzt werden in erster Linie Frontlader (Radlader) und Bagger aller Art (Universal-, Flach-, Löffel- und Seilbagger mit Schürfkübel).

Eimerkettenbagger und Schaufelradbagger sind bei der trockenen Gewinnung selten im Einsatz. Eine umfassende Darstellung über die Gewinnungsverfahren für Kies und Sand ist erst kürzlich in der einschlägigen Fachliteratur erschienen [6].

## 2.2 Innerbetrieblicher Transport

Der innerbetriebliche Transport wird in erster Linie durch Gurtförderanlagen vorgenommen.

Folgende Entwicklungsziele sind bei den Gurtförderanlagen unter anderem erreicht worden:

- lange Lebensdauer der Bänder
- Feinstreinigung der Bänder
- Abkapselung wegen des Umweltschutzes
- Vorrichtungen gegen Abheben durch Wind
- Herstellen von Horizontalkurven
- Energierückgewinnung auf Gefällstrecken
- Ersatz der stählernen Förderband-Trommeln durch andere Materialien (z. B. Polymer-Beton, Kunststoff).

Sie haben bewirkt, daß in den Sand- und Kiesaufbereitungsanlagen fast ausschließlich Gurtförderanlagen eingesetzt werden.

Beim Einsatz von Saugbaggern wird im hydraulischen Feststofftransport das Zuschlag-Wasser-Gemisch in der Regel durch Stahlrohrleitungen zum Aufbereiten (z. B. zum Schöpfrad) befördert. Da der Druckhöhenverlust und der Abrieb mit zunehmendem Kiesanteil erheblich ansteigt, ist die Rohrförderung in erster Linie bei sandreichen Vorkommen wirtschaftlich. Es sind Mischungsverhältnisse von 1:2,5 bis 1:10 möglich [7].

Zu nennen im innerbetrieblichen Transport sind auch noch: Muldenkipper sowie Schuten und Becherwerke.

## 2.3 Sieben/Klassieren

Im Gegensatz zur klassischen mineralischen Rohstoffaufbereitung steht bei der Sand- und Kiesgewinnung die Siebung/Klassierung im Vordergrund.

Durch Sieben bzw. Klassieren wird das anfallende Rohhaufwerk in verkaufsfähige Kornklassen/Lieferkörnungen unterteilt.

- Es wird zwischen
- Trockensiebung
  - Feuchtsiebung
  - Naßsiebung
- unterschieden.

From 1979 on, focus was on energy cost reduction with the result that the installed motor capacity required today (extraction of  $200 \text{ m}^3/\text{h}$  material from a depth of 30 m) was able to be reduced from 367 kW to 123 kW [2].

For detaching and conveying sand and gravel in flush operation (suction dredger), the development of subaqueous and road construction was applied to equipment for the sand and gravel industry. More than 100 years of dredging experience exists in Germany. Extensive investigations also exist on pressure gradients of sand-water mixtures as well as the effect of particle size distribution on pressure loss. Pressure loss is mainly determined by the following factors

- solids concentration
- density of solid material
- particle size
- particle shape
- degree of unconformability
- proportion of very fine material  $< 0.063 \text{ mm}$
- flow velocity
- pipe diameter
- roughness of wall
- difference in geodatic height.

It is to be endeavoured to minimize pressure height losses. At a solids concentration of 1:2.5 to 1:5, a minimum occurs for energy consumption for suction and pipe conveying of sand-water mixtures [3].

Suction dredgers with cutter head devices or suction dredgers with ground suction devices are used for detaching and conveying of sand and gravel in flushing operation [4].

Bucket dredgers, drag-scrappers and dragline buckets have also been developed to highly sophisticated systems.

For dredging, sound-ranging and positioning devices must ensure for a complete extraction of gravel and sand deposits in existing gravel pits filled with water and that extractive equipment (e. g. grab) is not buried and lost [5].

For dry extraction, equipment known in pit and quarry industries is used in the sand and gravel industry. Thus the high standard of these machines benefits (dry) excavation of gravel and sand. Mainly used are wheeled loaders and excavators of all types (universal scrapers and shovels).

Bucket excavators and bucket wheel excavators are seldom used for dry extraction. A comprehensive survey of extraction processes for gravel and sand has recently been made in the respective literature [6].

## 2.2 Inhouse conveying

Internal conveying takes place primarily using belt conveyors.

Among others, the following objectives have been achieved for belt conveyors:

- long service life of belts
- fine cleaning of belts
- enclosure for reasons of environmental protection
- devices against being lifted off by wind
- facility for horizontal curves
- energy recovery on sloping sections
- substitution of steel belt conveyor pulleys with other materials (polymer concrete, synthetics).

These have had the effect of belt conveyor units being almost the exclusive means of conveying in sand and gravel processing plants.

When using suction dredgers, hydraulic solids transport is used where the aggregate-water mixture is generally transferred through steel pipelines to processing (e.g. to scoop wheel elevators). Since pressure loss and abrasion increase considerably with increasing proportion of gravel, pipe transport is primarily economic for deposits rich in sand. Mix ratios of 1:2.5 to 1:10 are possible [7].

Also to be mentioned for in-site transport are: dump trucks, as well as barges and bucket conveyors.

Dort, wo der Bereich über etwa 6mm trocken getrennt werden kann, bestehen siebtechnisch keine Schwierigkeiten, die Trockensiebung anzuwenden. Sie ist daher in erster Linie in Steinbrüchen üblich.

Ist das Siebgut jedoch feucht – das ist bei Kies und Sand in der Regel der Fall – wird der Trennvorgang durch

- Feuchtigkeit
- klebende, schmierende und haftende Bestandteile und
- einen sehr hohen Feinanteil

erschwert. Schmierende und klebende Bestandteile verschließen die Sieböffnungen. Durch Sondereinrichtungen wie elektrische Beheizung, Klopfvorrichtung usw. kann der Siebelag zwar offengehalten werden, aber der Sieberfolg ist trotzdem sehr mangelhaft. Ein hoher Feinanteil führt dazu, daß sehr viel Haftkorn mit dem Grobkorn als Fehlkorn ausgetragen wird. Spannwellen-Siebmaschinen können dazu beitragen, daß auch schwieriges Material mit Erfolg abgesiebt werden kann.

Das gängige Siebverfahren in den Kies- und Sandwerken ist daher die Naßsiebung. Bei dieser Siebung werden die Kornzwischenräume mit Brausewasser ausgefüllt und damit die Kapillarkräfte reduziert. Zufriedenstellende Siebergebnisse können aber nur dann erreicht werden, wenn sehr große Siebflächen und große Brausewassermengen zur Verfügung stehen.

Im allgemeinen bereitet die Klassierung auf Siebmaschinen im Korngrößenbereich über etwa 4 mm in der Sand- und Kiesindustrie hinsichtlich des Klassiereffektes keine großen Schwierigkeiten. Zur Klassierung von Kiesen findet man überwiegend Kreiswingsiebe. Die kreisförmigen Schwingbewegungen werden mit Einwellenunwucht-Antrieben erzeugt. Für die Absiebung/Entwässerung von Sand werden auch Linearschwingsiebe eingesetzt. Die linearen Schwingbewegungen werden mit selbstsynchronisierenden Doppelwellenunwucht-Antrieben oder mit zwangssynchronisierten Unwucht-Richterregern erzeugt.

In der Regel wird in der Kiesaufbereitung von „grob“ nach „fein“ abgesiebt. Ausnahmen bilden die Anlagen, bei denen alle Trennungen nacheinander auf einer einzigen sehr langen Siebmaschine durchgeführt werden.

Als Siebelag haben sich Kunststoffsiebe aus Polyurethan oder Gummisiebbeläge durchgesetzt. Die meisten Siebmaschinen werden mit Wechselsystemen ausgerüstet.

Die Anforderungen:

- eine ausreichende Trenngenauigkeit
- eine hohe Durchsatzmenge
- ein verstopfungsfreier Betrieb
- eine einfache Montage und
- eine wirtschaftliche Standzeit

müssen bei Siebelägen erfüllt werden. Bei sehr siebschwierigem Material kann auch eine Spannmatte aus einer gelochten Membrane (formstabiles Polyurethan-Material) oder ein hochpolymersierter Gummibelag mit hoher Rückprallelastizität erforderlich werden [8].

## 2.4 Feinsandrückgewinnung/ Feinsandabscheidung

Eine Feinsandrückgewinnung/Feinsandabscheidung ist bei der Konzeption einer modernen Anlage immer vorzusehen. Der Anteil von Feinsand ist bei den einzelnen Kieswerken von der Lagerstättenbeschaffenheit und dem Aufbereitungsverfahren abhängig. Er ist oft so hoch, daß er, um die Bedingungen für den „scharfen“ Betonsand zu erfüllen, reduziert werden muß. Der über die Feinsandrückgewinnung abgeschiedene Feinsand kann dann u. a. als Füller für die Betonherstellung oder als Mörtelsand verkauft werden. Andere Verwendungsmöglichkeiten sind in [9] beschrieben.

Es sind eine Vielzahl von Verfahren unter Nutzung verschiedenster Maschinenkombinationen in den Betrieben eingeführt worden. Auf der Fachtagung „Neuere Entwicklungen in der Sand- und Kiesaufbereitung“ 1991 wurde hierüber ausführlich berichtet [10].

## 2.3 Screening/sizing

In contrast to classical mineral processing, for sand and gravel extraction, the main emphasis is on screening/sizing.

The raw material obtained is divided into saleable size ranges by screening resp. sizing.

One distinguishes between

- dry screening
- moist screening
- wet screening.

Where the size range above 6mm can be separated by dry means, a dry screening procedure does not pose any problems. This is thus the common method for pits and quarries.

However, should the screen feed be moist – generally the case for gravel and sand – separation is rendered difficult due to

- moisture
- cohesive, sliming and adhesive components and
- an extremely high proportion of fines.

Sliming and cohesive components clog screen apertures. Although it is possible to keep screen panels open by means of special devices such as electric heaters, beaters etc., the screening effect is still highly unsatisfactory. A high proportion of fines leads to much adhering particles being discharged together with the coarse particles as misplaced material. Flip-flow screen can contribute to enabling difficult material to be screened successfully as well.

The current common screening method in gravel and sand works is thus wet screening. With this method, the interstitial space between the particles is filled with water applied by spraying thus reducing capillary forces. However, satisfactory screening results can only be obtained when large screening surfaces and large volumes of spray water are available.

In general, sizing on screens in particle size ranges above about 4mm does not present any great problem with regard to the classifying effect in the sand and gravel industry. Circular vibratory screens are mainly used for sizing of gravel. The circular vibratory movements are generated with single-shaft unbalance drive systems. Linear vibratory screens are also used for screening/dewatering of sand. The linear vibratory movements are generated with self-synchronizing double-shaft unbalance drive systems or forced-synchronized directional unbalance generators.

As a rule, screening takes place from “coarse” to “fine” in gravel processing. Exceptions here are units where all separations take place successively on one single, very long screening machine.

Synthetic screen panels made of polyurethane, or rubber screen panels have found successful implementation. Most screens are equipped with exchangeable panel systems.

The requirements:

- adequate precision of separation
- high throughput rate
- clog-free operation
- simple assembly and
- economically acceptable downtimes

must be fulfilled by screen panels. For materials which are extremely difficult to screen, a tensioned panel made of a perforated membrane (shape-resilient polyurethane material) or highly polymerized rubber mat with high impact resilience may be required [8].

## 2.4 Recovery/separation of fine sand

A system for recovery/separation of fine sand must always be included in a concept for a modern processing plant. The proportion of fine sand is dependent upon the nature of deposit and mineral processing of the individual gravel works. This proportion is frequently so high that it must be reduced to conform to the requirements for a “coarse” sand for concrete. The fine sand separated by the fine sand recovery unit can then be used, among others, as “filler” for concrete production or as mortar sand. Other applications are described in [9].

Zur Abscheidung von Feinsanden und ihre Aufteilung in trennscharfe Kornklassen werden neben Hydrozyklonen vor allem Aufstromklassierer (Freifallklassierer) eingesetzt.

Die getrennte Herstellung von Fein- und Grobsand mit evtl. nachgeschalteter Mischung unter Verwendung von Dosiereinrichtung hat sich als wirtschaftlich erwiesen.

## 2.5 Abscheiden von Fremdstoffen

---

Das Abscheiden von Fremdstoffen könnte man auch „Sortieren“ oder treffender „Waschen“ von Kies und Sand nennen.

Als Fremdstoffe müssen Kohle, Braunkohle, Torf, Holz und poröse, angewitterte Gesteine sowie Schluffe und Tone abgeschieden werden. Diese Fremdstoffe machen wegen ihrer Frostunbeständigkeit den Kies und Sand als Betonzuschlagstoffe oder hochwertiges Straßenbaumaterial ungeeignet. Auch beeinträchtigen sie die Sichtflächen von Bauteilen (z.B. Estrichen, Fassaden) erheblich. Die schädliche Wirkung dieser Stoffe wurde in [11] eingehend aufgezeigt.

Bereits bei der Naßgewinnung mit dem Schwimmgreifer und noch intensiver mit dem Saugbagger und einem nachgeschalteten hydraulischen Feststofftransport findet eine „Wäsche“ von Kies und Sand statt. Man kann die Naßgewinnung und den hydraulischen Feststofftransport somit als Vorstufe zur Aufbereitung ansehen.

Die klassischen Aufbereitungs-Aggregate zur Auflösung von klebenden Verunreinigungen, die mit dem nutzbaren Material ein fest aneinanderhaftendes Konglomerat bilden, sind Schwerterwäschen. Es werden Doppel-Schwerterwäschen oder Einwellen-Schwerterwäschen eingesetzt. Bei sehr stark anhaftenden Verunreinigungen und bei Vorhandensein von mürbem Material wird hin und wieder die Naßattrition angewendet. Zum Einsatz kommen hier der Turbowäscher oder der Tongrinder. Treten die Verunreinigungen in festerer Form auf, bzw. fehlt der tonige Anteil, wird häufig den Schwerterwäschen/Naßattritionsgeräten eine Sortierung im Gegenstromverfahren oder aber eine reine Dichte-Sortierung vorgezogen.

Die größte Verbreitung hat gegenwärtig der Hydrobandabscheider, mit dem im Gegenstromverfahren die Leichtstoffe aus engklassierten Kornklassen abgeschieden werden. Hydrobandabscheider werden auch zum Klassieren und Vorentwässern [12] eingesetzt.

Nicht zuletzt die gestiegenen Anforderungen an die Qualität der gewaschenen Sande und Kiese sowie die schlechter werdende Qualität der Rohkiese und -sande zwingen jedoch dazu, Aggregate mit höherer Trennschärfe einzusetzen, die eine echte Sortierung nach der Rohdichte und über ein breites Kornspektrum vornehmen. Zum Einsatz kommen hier mechanische und luftgepulste Setzmaschinen (z.B. Remer-Setzmaschinen, luftgepulste alljig-Setzmaschinen) [13].

Muß auch Rohsand von Verunreinigungen befreit werden, setzt man bevorzugt luftgepulste Sandsetzmaschinen [18] oder Wirbelschichtsortierer [14], die nach dem Prinzip der autogenen Schwertrübe arbeiten, ein.

## 2.6 Entwässern von Sanden

---

Das Entwässern von Sanden schließt sich stets an die Gewinnung und Aufbereitung von Sanden an, die in der Regel auf naßmechanischem Wege erfolgen. Als herkömmliche Verfahren zur Entwässerung werden meist Abtropfsilos, Entwässerungsbunker, Schöpfträder (teilweise mit Vakuumabsaugung), Entwässerungsschnecken, Entwässerungssiebe etc., verwendet. Je feinkörniger der Sand ist, um so schwieriger ist die statische Entwässerung in Silos und Bunkern. Entwässerungszeiten von 24 Stunden und mehr stören den rationellen Sandumschlag. Man hat sich deshalb ständig um Verbesserungen bemüht.

A large number of processes using a diversity of machine configurations have been implemented in plants. Extensive reports were provided at the special conference on recent developments in sand and gravel processing in 1991 [10].

Mainly upward-current classifiers (free-fall classifiers) in addition to hydrocyclones are used for separation of fine sand and division into particle size ranges with precise cutpoints.

The separate production of fine and coarse sand with a possible downline mixing and application of dosing device has proved economic for this purpose.

## 2.5 Separation of foreign matter

---

Separation of foreign matter could also be referred to as “sorting” or “washing” of gravel and sand.

Foreign substances to be separated are coal, lignite, peat, wood and porous, weathered stones as well as silt and clay. Owing to their poor resistance to frost, presence of these foreign substances will lead to gravel and sand being unsuitable for use as concrete aggregate material or high-grade road construction material. They also impair considerably the surfaces of concrete (e.g. flooring, facades). The disturbing effect of these substances was discussed in detail in [11].

Already during dredging with a floating grab, and even more intensively with a suction dredger and subsequently hydraulic transport, a “washing” of gravel and sand takes place. Thus dredging and hydraulic solids transport can be considered to be a preliminary stage of processing.

Log washers are the classic processing units for liberation of cohesive contaminants which form a stable adhering conglomerate with the valuable material. They are available either as double-shaft log washers or single-shaft log washers. For strongly adhering contaminants and the presence of brittle material, wet attrition is occasionally applied. Turbowashers or clay grinders are used for this purpose. Should contaminants occur in solid form or should the clayey fraction be missing, a washing in countercurrent process or a density separation process is often preferred to log washers/wet attrition.

The most wide-spread equipment is currently the hydro-belt separator, where light materials are separated from narrow particle size ranges in countercurrents. Hydro-belt separators are also used for sizing and pre-dewatering [12].

Not least, the higher quality requirements of washed sand and gravel as well as the increasingly poorer quality of crude sand and gravel compel the use of units with higher precision of separation which undertake a real sorting acc. to specific gravity and over a wide particle size band. Used for this purpose are mechanical and air-pulsed jigs (e.g. Remer jigs, air-pulsed alljig jigs [13]).

Should raw sand also have to be freed of contaminants, airpulsed sand jigs [18] or fluidized bed separators [14] based on the principle of the autogenous dense medium are preferred.

## 2.6 Dewatering of sand

---

Dewatering of sand always follows directly the extraction and processing of sand which generally take place by wet mechanical means. Conventional processing systems used for dewatering are generally draining towers, dewatering bunkers, scoop wheel elevators (partly with vacuum drainage) dewatering screws, dewatering screens etc. The finer the sand particles, the more difficult will be a static dewatering in towers and bunkers. Dewatering times in excess of 24 hours disturb a ration sand handling. Thus efforts have been made continually to make improvements.

Vacuum or pressure filter techniques (e.g. horizontal filters and sieve belt presses) are currently only used sporadically, among other for special sand and dewatering of slurry in a closed water circuit.

Vakuum- oder Druckfiltertechnik (z. B. Planfilter- und Siebandpressen) kommen zur Zeit nur sporadisch u. a. bei Spezialanden und zur Entwässerung von Schlamm bei einem geschlossenen Wasserkreislauf zum Einsatz.

## 2.7 Brechen von Überschußkörnungen

In zunehmendem Maße müssen zur wirtschaftlichen Nutzung der Lagerstätten Überschußkörnungen gebrochen werden. Die Anforderungen an die Zielkorngrößenverteilung und die Kornform bestimmen die Wahl der Zerkleinerungsmaschine und die Auslegung dieser Verfahrensstufe im Kieswerk. Die Auswahl der Maschinen und ihrer Werkstoffe müssen deshalb auf die jeweiligen Anforderungen optimal eingestellt werden. Es empfiehlt sich, mit einer nicht zu kleinen Menge des in Frage kommenden Kieses vor Kauf eines Brechers einen Probebruch an einem bereits installierten Brecher durchzuführen.

Bei der Neuentwicklung von Brechern werden folgende Anforderungen berücksichtigt:

- Erreichung eines möglichst hohen Zerkleinerungsgrades
- optimale Kornform des Brechgutes
- Kostensenkung durch Verringerung des Verschleißes und des Energiebedarfs

Im wesentlichen werden in der Sand- und Kiesindustrie die allgemein üblichen Bauformen eingesetzt. Einige Maschinentypen seien genannt:

- Kegelmühle in verschiedenen Bauarten
- Prallmühle
- Backenbrecher

Eine neuere Entwicklung stellt der vertikale Prallbrecher dar. Hier wird aus Körnungen bis 70 mm feiner Splitt und/oder Brechsand hergestellt. Das Brechgut wird durch den Rotor bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten (bis zu 70 m/s) auf den zylindrisch peripher angeordneten Brechmantel, der sich mit Material füllt, geschleudert und durch den Korn/Korn-Kontakt zerschlagen. Ein Zerkleinerungsverhältnis von bis zu 10:1 ist möglich.

## 2.8 Wasserkreisläufe

In zunehmendem Maße zwingen wasserrechtliche Auflagen (z. B. Wasserpennig) und wirtschaftliche Betrachtungen zur Schaffung von eigenen Wasserkreisläufen für die Kies- und Sandaufbereitungsanlagen.

Für die Gestaltung der Wasserkreisläufe gelten folgende Forderungen:

- klare, übersichtliche Schaltungen und Wasserführungen
- Schaffung eines geschlossenen Kreislaufes mit Klärung des Umlaufwassers und eines von absetzbaren Stoffen freien Überlaufs
- Abstoß von Wasser bzw. Schlamm (sofern überhaupt erforderlich) an nur einer Stelle mit ständig kontrollierbaren – aber auch kontrollierten – Bedingungen.

Um diese Forderungen einhalten zu können, müssen bestimmte Voraussetzungen sowohl apparativer als auch verfahrenstechnischer Art geschaffen und eingehalten werden. Meist sind diese Forderungen neben der erforderlichen apparativen Ausbildung nur durch den Einsatz von polymeren Flockungsmitteln zu erreichen.

Wichtige Einrichtungen in einem Waschwasserkreislauf sind wirtschaftlich arbeitende Absetz- bzw. Kläreinrichtungen. Neben Runderdickern und Längsklärbecken haben zunehmend Sonderbauarten Eingang in die Mineralstoffindustrie gefunden. Als Sonderbauarten seien z. B. genannt:

- Absetztank
- Lamellenklärer
- Hochleistungseindicker.

## 2.7 Crushing of excess particle sizes

To an increasing extent, excess particle sizes must be crushed for an economic utilization of deposits. The requirements for the desired particle size distribution and particle shape govern the selection of crusher and layout of this process stage in the gravel works. A test crushing run on a crusher already in operation with a sufficiently large quantity is recommended prior to acquisition of a new crusher.

For design and development of new crushers, following requirements are taken into consideration:

- achieving the maximum possible size reduction
- optimum particle shape of crushed material
- cost reduction by reducing wear and energy consumption.

Basically, common designs are used in the sand and gravel industry. Some machine types to be mentioned are:

- cone crushers of various designs
- impact crusher
- jaw crusher.

A more recent development is the vertical impact crusher. This enables fine chippings and/or crushed sand to be obtained from particle size ranges up to 70 mm. The material to be crushed hurled by a rotor with very high circumferential speeds (up to 70 m/s) onto a cylindrical crusher wall located peripherally, which fills with material, thus being broken by particle/particle contact. A crushing ratio of up to 10:1 is possible.

## 2.8 Water circuits

To an increasing extent, legislation and regulations governing water (e. g. water penny) and economic considerations compel to development of inhouse water circuits for gravel and sand processing plants.

The following applies for developing water circuits

- clearly arranged switching systems and water flows
- forming a closed circuit with clarification of circulating water and an overflow free of depositing materials
- discharge of water resp. slurry (as far as necessary at all) at only one point with constantly controllable – but also controlled – conditions.

To meet these requirements, certain prerequisites in terms of both equipment and process technology must be required and observed. Apart from the required equipment, these requirements can mostly only be met by application of polymeric flocculants.

Important equipment for a wash water circuit are economically operating settling and/or clarifying systems. Apart from circular thickeners and settling basins, special constructions have found implementation in the mineral industry. For instance, special constructions to be mentioned are:

- settling tank
- lamella clarifier
- high-rate thickener.

The utilization/application of a thickened slurry is a problem which is currently not completely solved. Potential applications such as disposal site sealing or in the ceramic industry necessitate requirements of slurry which are frequently extremely difficult to achieve.

## 3. Bunkering/loading/weighing

Bunkering/loading/weighing can be considered as a process stage. For bunkering, the classic silo designs prevail. However, it is to be ascertained that cylindrical flat-bottom bins with bottom discharge connected in series have recently been used more frequently. A discharge system with correct dosage must be emphasized particu-

Die Nutzung/Verwendung des eingedickten Schlammes ist eine z.Z. noch nicht vollständig gelöste Aufgabe. Potentielle Verwendungsmöglichkeiten wie bei der Deponieabdichtung oder in der keramischen Industrie stellen z.T. Anforderungen an die Eigenschaften des Schlammes, die häufig nur schwierig erreichbar sind.

### 3. Bunkern/Verladen/Verwiegen

Bunkern/Verladen/Verwiegen kann als eine Verfahrensstufe angesehen werden. Beim Bunkern herrschen nach wie vor die klassischen Silo-Bauformen vor. Es ist jedoch festzustellen, daß zylindrische Flachboden-Silos mit Bodenabzug in Reihenschaltung in letzter Zeit häufiger eingesetzt werden. Besonderer Wert muß auf einen Abzug mit einwandfreier Dosierung gelegt werden. Die Kunden fordern ein äußerst gleichmäßiges Produkt, mit dem sie zum Beispiel bei der Betonherstellung den Zementanteil minimieren können.

Bei den Einrichtungen zur Verwiegung hat die Elektronik inzwischen breite Anwendung gefunden. Die Meßdatenverarbeitung erfolgt rechnergestützt. Vielfach ist eine automatische Selbstverladung durch den Fahrzeugführer eingeführt worden. Es werden leistungsfähige Rechnersysteme angeboten, die durch Einsatz von PC's (Personal-Computer) ausgesprochen wirtschaftlich arbeiten. Auch bestehende Dosieranlagen lassen sich entsprechend umrüsten.

### 4. Prozeßautomation/ Meß- und Regeltechnik

Die immer umfangreicheren und schwieriger zu betreibenden Aufbereitungsanlagen für Kies und Sand lassen sich nur mit einer modernen Meß- und Regeltechnik in ihrem Prozeßablauf so steuern, daß ein optimales Betriebsergebnis erzielt wird. Durch den Einsatz von freiprogrammierbaren Steuerungen können alle Betriebsabläufe vollautomatisch verriegelt, überwacht und gesteuert werden. Elektronisch steuer- und regelbare Meßgeräte, wie Band- und Behälterwaagen, Füllstandsmesser, Feuchtemesser usw. stehen zur Verfügung. Die Überwachung erfolgt in der Regel von einem zentralen Leitstand aus.

Damit besteht die Möglichkeit, zum einen die für eine zentrale Prozeßführung erforderlichen Kenngrößen einer Aufbereitungsanlage zu ermitteln, zum anderen die Gesamtanlage von einem zentralen Leitstand aus zu überwachen.

### 5. Verschleiß und Energie

Die Kosten durch Verschleiß und Energie sind in einem Sand- und Kieswerk zu minimieren, da der Kies-/Sand-Verkauf in Deutschland im Gegensatz zum Ausland ein Pfenniggeschäft [15] ist:

Großbritannien	etwa	DM 13,50	je Tonne
Frankreich	etwa	DM 10,50	je Tonne
Niederlande	etwa	DM 10,00	je Tonne
Belgien	etwa	DM 10,00	je Tonne
Deutschland	etwa	DM 8,60	je Tonne

larly. Customers demand an extremely uniform product with which, for example, they can minimize the proportion of cement for concrete manufacture.

For weighing equipment, electronic systems have meanwhile found widespread implementation. Measurement data is processed by computers. In many cases, an automated self-loading by the truck drive has been implemented. Powerful computer systems are available which operate extremely efficient by means of PC's. Existing dosing systems can be retrofitted accordingly.

### 4. Process automation/measurement and control engineering

With a growing complexity and difficulty of operating processing plants for gravel and sand, processes are only able to be controlled with a modern measurement and control engineering system in order to achieve an optimum operating result. The use of freely programmable control systems enable a fully automatic locking, monitoring and control of all operating procedures. Electronic measurement control devices such as belt and tank weighers, filling level meters, moisture meters etc. are available. Monitoring is generally conducted from a central control station.

Thus the facility exists for determining the parameters of a processing plant required for a central process control.

### 5. Wear and energy

Costs caused by wear and energy in a sand and gravel works are to be minimized since in Germany, in contrast to other countries, gravel/sand sales is a low price business [15].

Great Britain	approx.	DM 13.50	per tonne
France	approx.	DM 10.50	per tonne
Netherlands	approx.	DM 10.00	per tonne
Belgium	approx.	DM 10.00	per tonne
Germany	approx.	DM 8.60	per tonne

Wear in a technical sense is referred to as the undesired change of surface of utensils caused by detachment of small particles resulting from mechanical reasons. Wear must be minimized in all process stages. Wear costs can be reduced by means of preventive maintenance on all individual parts of machines, as also by a correct use of special materials and protective linings.

Materials coming into consideration for wear reduction are:

- special rubber (as a rule)
- synthetics, mostly based on polyurethane
- special steel and welded reinforcements
- bonded materials (rubber/ceramics; rubber/steel; rubber/synthetics).

To verify the economy of equipment and wear-resistant materials, the for acquisition, downtimes, repair, depreciation and interest on capital must be ascertained for all process stages.

A rational energy consumption for gravel and sand works can be achieved by

- energy planning
- energy control
- energy analysis;

this includes a favourable contract for power supply and perhaps at least a partial inhouse power supply and perhaps at least a partial inhouse power supply (with diesel, wind or gas, e.g. biogas from disposal sites).



Verschleiß im Sinne der Technik nennt man die unerwünschte Veränderung der Oberfläche von Gebrauchsgegenständen durch Lostrennen kleiner Teilchen infolge mechanischer Ursachen. Der Verschleiß muß in allen Verfahrensstufen minimiert werden. Durch vorbeugende Instandhaltung von allen Einzelteilen der Maschinen können Verschleißkosten herabgesetzt werden, ebenso durch den richtigen Einsatz von Spezialwerkstoffen und entsprechenden Schutzauskleidungen.

Als Werkstoffe zur Verschleißbekämpfung kommen in Betracht:

- Spezialgummi (in der Regel)
- Kunststoffe, meist auf Polyurethan-Basis
- Keramische Stoffe (z. B. Schmelzbasalt)
- Spezialstähle und Auftragsschweißungen
- Verbundwerkstoffe (Gummi/Keramik; Gummi/Stahl; Gummi/Kunststoff)

Zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit von Geräten und verschleißhemmenden Materialien sind in allen Verfahrensstufen Feststellungen hinsichtlich der Kosten für Anschaffung, Standzeiten, Reparatur, Abschreibung und Verzinsung zu machen.

Der rationelle Energieverbrauch in Kies- und Sandwerken kann durch

- Energieplanung
- Energiesteuerung
- Energieanalyse

erreicht werden; dazu gehören ein günstiger Stromvertrag und evtl. eine zumindest teilweise Eigenstromversorgung (mit Diesel, Wind oder Gas, z. B. Deponiegas).

Für das Gewinnen und Aufbereiten der Zuschläge können folgende Energieinhalte angegeben werden [16]:

	MJ/t
Bausand/Baukies	15
Kalkstein, gebrochen	83
andere Natursteine, gebrochen	89

Transport per LKW 3,0 MJ/t km

## 6. Anlagenkonzept

Problemlösungen – Lösungsansätze

### 6.1 Allgemeines

Eine Zusammenfassung der einzelnen Verfahrensschritte, wie sie im ersten Teil des Aufsatzes erläutert wurden, erfolgt in **Bild 1a** und **Bild 1b**. Die sich ergebende Vielzahl von Alternativen zur Verfahrensgestaltung führt zwangsläufig zur Verwirrung und zur Frage: Welches Konzept ist die optimale Lösung für das bestehende Aufbereitungsproblem?

Es ist eindeutig nicht die Zielsetzung der nachfolgenden Beschreibungen, allgemeingültige Lösungskonzepte in Form von Standardverfahren aufzuzeigen. Vielmehr wird im nachfolgenden nur beispielhaft skizziert, daß spezifische Gegebenheiten einer Lagerstätte, Bedürfnisse von Abnehmern von Sand und Kies, Anforderungen der Ökologie bzw. Vorschriften von Genehmigungsbehörden, die sich bietenden Alternativen zur Gestaltung einer Anlagenkonzeption erheblich einschränken.

### 6.2 Beispiele für Anlagenkonzepte

Unter Berücksichtigung von regional unterschiedlichen Anforderungen werden verschiedene Aufbereitungskonzepte vorgestellt [17].

The following energy values were able to be furnished for extraction and processing of aggregate materials [16]:

	MJ/tonne
sand/gravel for construction	15
limestone, crushed	83
other natural rocks, crushed	89
Truck haulage	3.0 MJ/tonne km

## 6. Plant concept

Problem solutions, basis for solutions

### 6.1 General

A summary of the individual process steps as elucidated in the first part of the article is illustrated in **Fig. 1a** and **Fig. 1b**. The large number of alternatives for process layout resulting from this inevitably leads to confusion and to the question: Which concept represents the optimum solution for the existing processing problem?

It is clearly not the objective of the following descriptions to list universal solution concepts in the form of standard processes but rather to outline examples to show that specific conditions of a deposit, requirements of customers for sand and gravel, requirements of ecology resp. regulations of authorities responsible for approval and permits, considerably limit the alternatives for developing a plant concept.

### 6.2 Examples of plant concepts

Taking into consideration the regionally varying requirements, various processing concepts are presented [17].

#### 6.2.1 Sleswick-Holstein/Mecklenburg-Vorpommern

In general, sand and gravel deposits from Northern Germany and the north-eastern region of Germany are characterized by a low proportion of particle size ranges. Deposits are frequently unhomogenous and seldom more than 10 m thick. Frequently, the different borders of the various ice ages in connection with the intermediate ice ages have partially led to occurrence of considerable fractions of oversize material > 63 mm at low proportions of gravel.

A characteristic feature are the so-called alkali-reactive components. The origin of these components are ice advances during quaternary periods during which amorphous siliceous acid were deposited in form of porous flintstone and opal sandstone. The formation of siliceous acid is probably to be led back to free siliceous acids being formed by the action of microorganisms on the considerable chalk deposits in the northern European area; these free siliceous acids precipitated in sea water.

Particularly for an increased porosity of these alkali-reactive components, the danger exists that the amorphous siliceous acid form alkali silicates by reacting with alkalis in cement, which would lead to volume increases (efflorescence). Thus the possibility of application of these components for concrete production is known to be limited [19].

Thus the objective of process layout is, as a rule, to separate the porous flintstone fraction and opals. The only process for separation resp. concentration of these components which is economically justified is separation according to specific gravity since it is

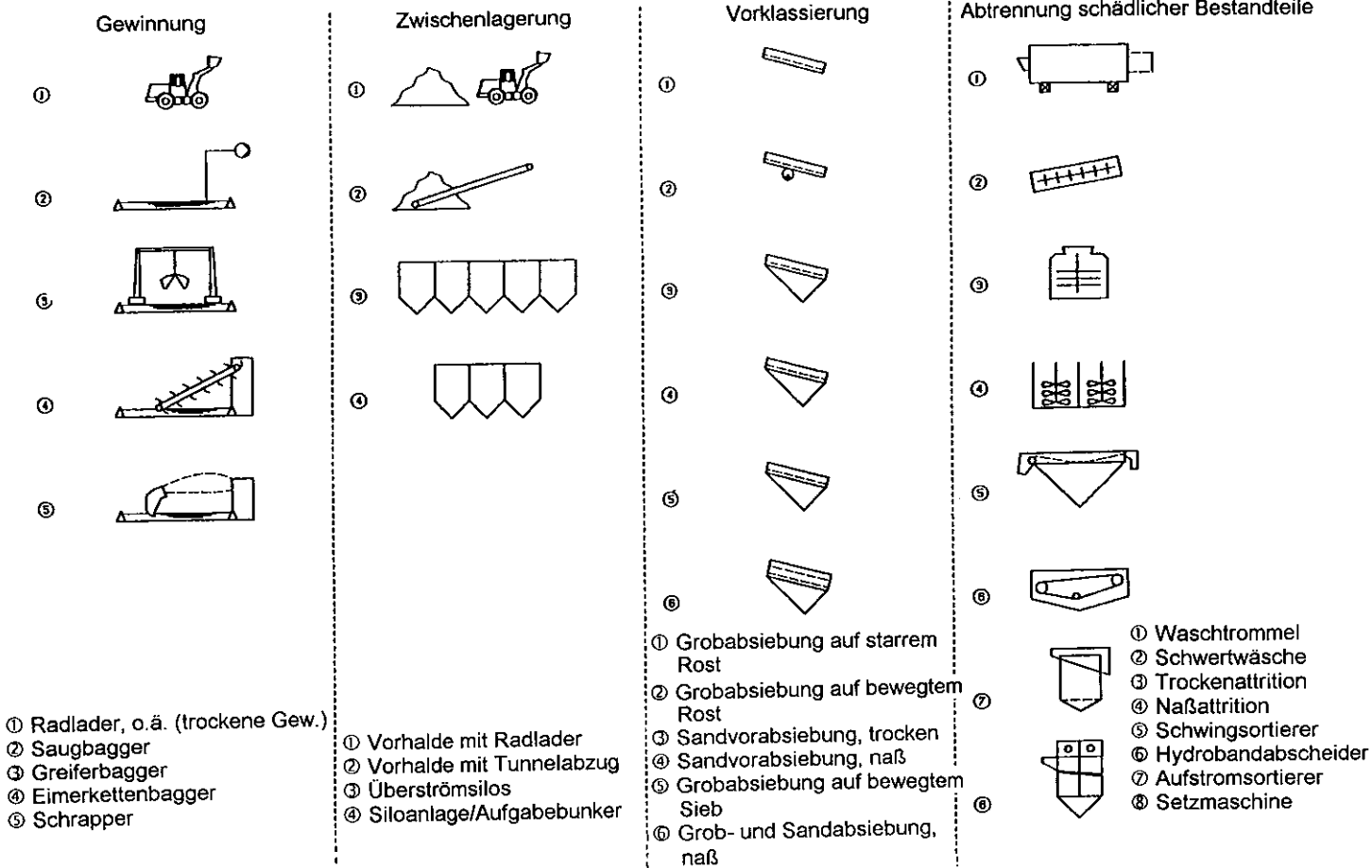


Bild 1a: Aufbereitungstechnische Möglichkeiten zur verfahrenstechnischen Behandlung von Sand- und Kieslagerstätten

Fig. 1a: Processing options for treatment of sand and gravel deposits

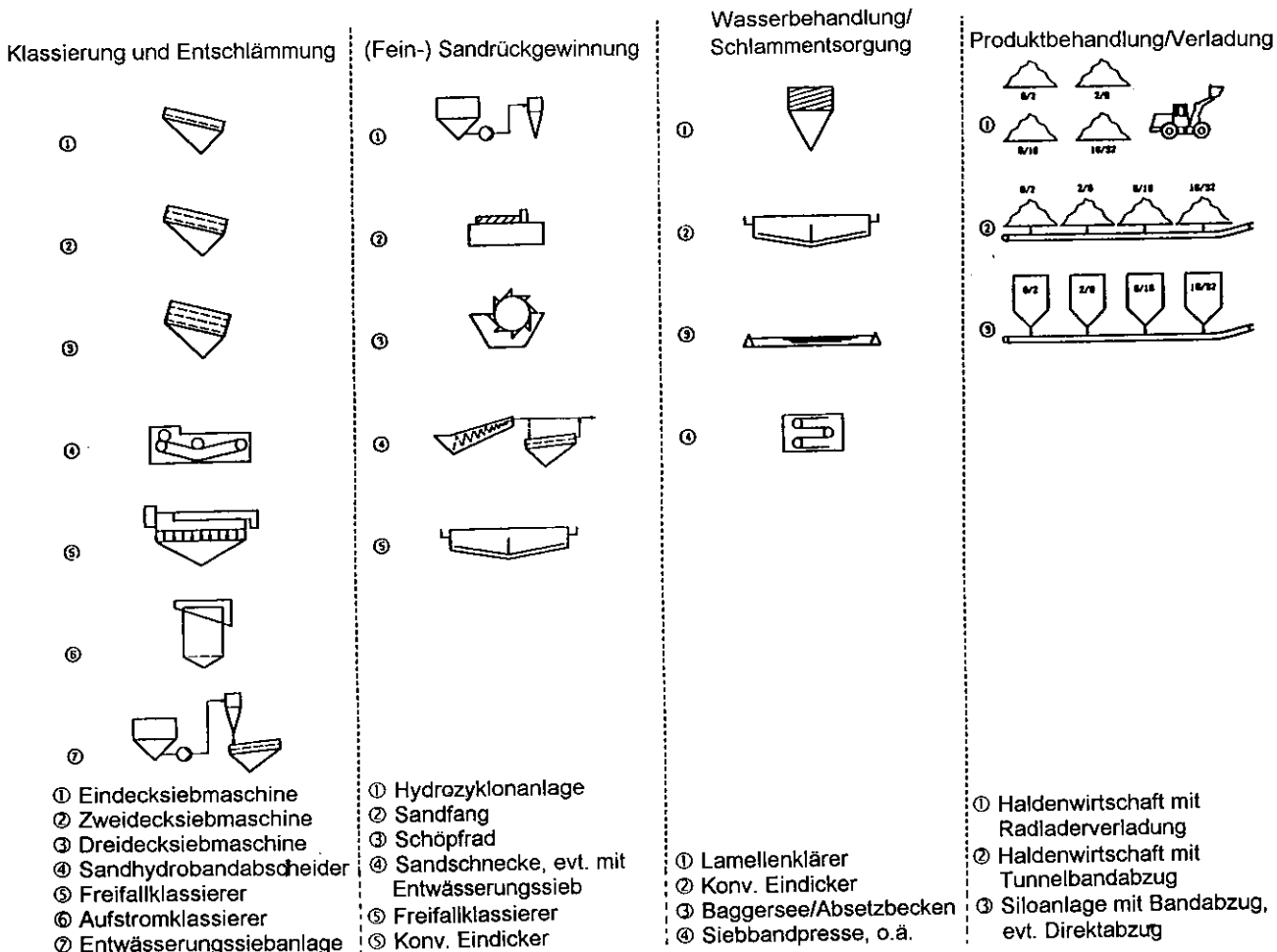


Bild 1b: Aufbereitungstechnische Möglichkeiten zur verfahrenstechnischen Behandlung von Sand- und Kieslagerstätten

Fig. 1b: Processing options for treatment of sand and gravel deposits

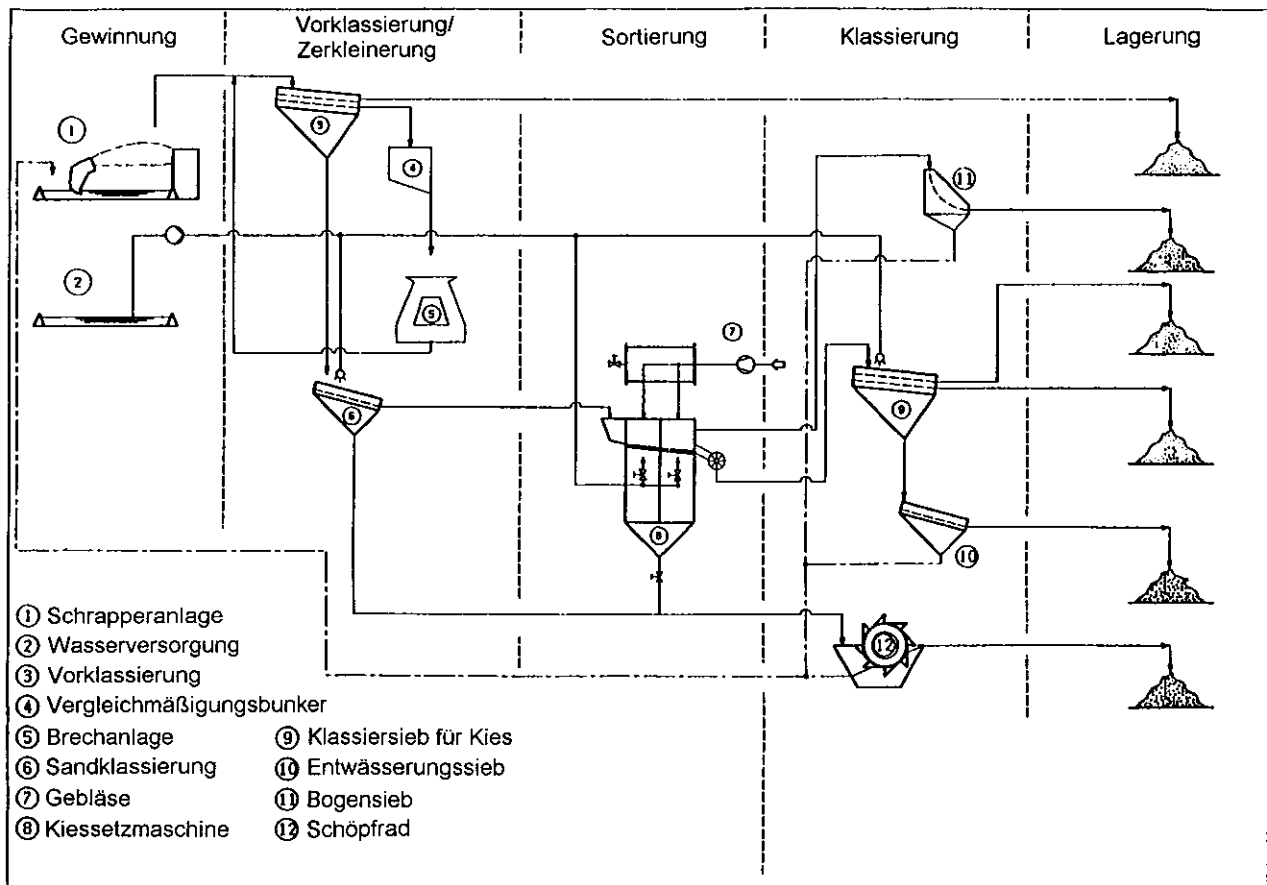


Bild 2: Beispiel eines Verfahrensfließbildes für eine Sand- und Kiesaufbereitungsanlage aus dem Raum Schleswig-Holstein/ Mecklenburg-Vorpommern

Fig. 2: Example for a process flow sheet for a sand and gravel processing plant in the area of Sleswick-Holstein/ Mecklenburg-Vorpommern

### 6.2.1 Schleswig-Holstein / Mecklenburg-Vorpommern

Generell sind Sand- und Kieslagerstätten aus dem nord- und nordostdeutschen Raum durch einen niedrigen Körnungsanteil gekennzeichnet. Die Lagerstätten sind häufig inhomogen und in der Mächtigkeit selten stärker als 10 m. Die unterschiedlichen Grenzen der einzelnen Eiszeiten in Verbindung mit den Zwischenzeiten haben dazu geführt, daß häufig bei geringen Kiesanteilen teilweise beachtliche Überkornanteile > 63 mm auftreten.

Ein charakteristisches Merkmal sind die sogenannten alkalireaktiven Bestandteile. Ursprung dieser Bestandteile sind Eisvorstöße während des Quartärs, während derer amorphe Kieselsäure in Form von porösem Flint und Opalsandstein abgelagert wurden. Die Entstehung der amorphen Kieselsäure geht vermutlich darauf zurück, daß aus den beträchtlichen Kreideablagerungen im nord-europäischen Raum durch Mikroorganismen freie Kieselsäure entstand und im Meerwasser ausfiel.

Insbesondere bei einer erhöhten Porosität dieser alkalireaktiven Bestandteile besteht die Gefahr, daß die amorphe Kieselsäure in Verbindung mit Alkalien aus dem Zement Alkalisilikate bildet, was zu einer Volumenvergrößerung (Ausblühungen) führt. Die Verwendungsmöglichkeiten dieser Bestandteile bei der Herstellung von Beton ist also bekanntermaßen eingeschränkt [19].

Zielsetzung bei der Gestaltung der Aufbereitung ist also in der Regel, insbesondere die porösen Flintanteile und die Opale abzutrennen. Das einzige, wirtschaftlich vertretbare Verfahren zur Abtrennung bzw. zur Anreicherung dieser Bestandteile ist die Trennung nach der Rohdichte, da gerade die hochporösen Anteile eine Rohdichte unter  $2,4 \text{ g/cm}^3$  aufweisen.

Das für die konsequente Lagerstättenausnutzung ungünstige Verhältnis von Sand : Kies wird häufig dadurch verbessert, daß

just the highly porous fractions which reveal a specific gravity below  $2.4 \text{ g/m}^3$ .

The sand : Gravel ratio unfavourable for a consequent exploitation of deposits is frequently improved by producing additional crushed product from the particle size range  $> 32 \text{ mm}$ . Of interest here is the regional difference of the effect of addition of crushed product. This can lead to both an improvement and also to a deterioration for classification into alkali-sensitive categories. Local differences of compositions of deposits are decisive for this. A representative process flow sheet for such a plant is shown in Fig. 2.

### 6.2.2 Lower Rhine

An example for a type of deposit of predominantly fluvial origin is a processing plant at Kamp-Lintfort. The gravel fraction amounts to approx. 35–45%. Contamination is primarily in form of highly carbonified wood. The corresponding flow sheet is shown in Fig. 3.

### 6.2.3 Upper Rhine

Above all the very thick nature of Upper Rhine deposits has led to floating grab dredgers being generally used for extraction. Organic contamination is rather low in terms of specific gravity ( $1.05 \text{ g/cm}^3 - 1.2 \text{ g/cm}^3$ ) and especially occur here more as seams. The proportion of sand is frequently so fine with respect to particle size distribution that a particle distribution curve correction by hydraulic means is inevitable.

In Fig. 4, a process concept is presented which makes provision for a jig for the decoaling stage as well as a hydrobelt separator for sand

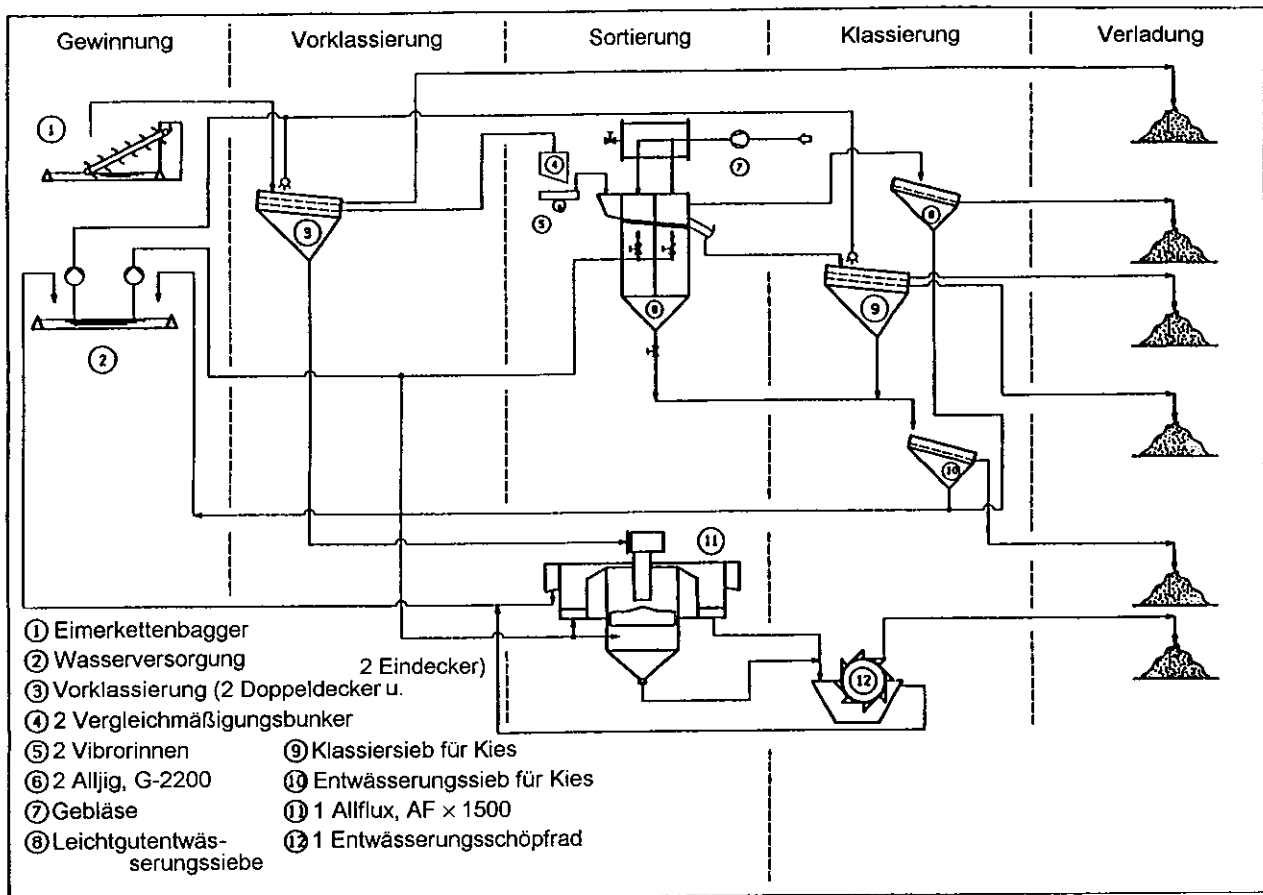


Bild 3: Beispiel eines Verfahrensfliessbildes für eine Sand- und Kiesaufbereitungsanlage am Niederrhein, Durchsatz etwa 900 t/h

Fig. 3: Example for a process flow sheet for a sand and gravel processing plant in the area of Lower Rhine, throughput approx. 900 t/h

zusätzlich Brechgut aus der Körnung > 32mm hergestellt wird. Interessant ist hier eine regional unterschiedliche Auswirkung des Zusetzens von Brechgut. Es kann hier sowohl zu einer Verbesserung als auch zu einer Verschlechterung bei der Einstufung in die Alkaliempfindlichkeitsklassen kommen. Lokale Unterschiede der Lagerstättenzusammensetzung sind dafür ausschlaggebend. Ein repräsentativer Aufbereitungstammbaum für eine entsprechende Anlage ist in **Bild 2** dargestellt.

### 6.2.2 Niederrhein

Beispiel für diesen überwiegend fluviatil entstandenen Lagerstättentyp bildet eine Aufbereitung bei Kamp-Lintfort. Der Kiesanteil beträgt etwa 35 – 45%. Verunreinigungen sind vorwiegend in Form von stark inkohltem Holz zu finden. Das entsprechende Verfahrensschema ist in **Bild 3** dargestellt.

### 6.2.3 Oberrhein

Vor allem große Mächtigkeiten der Oberrhein-Lagerstätten führen dazu, daß in der Regel Schwimmgreiferanlagen zur Gewinnung eingesetzt werden. Organische Verunreinigungen sind von der Rohdichte her eher gering ( $1,05 \text{ g/cm}^3 - 1,2 \text{ g/cm}^3$ ) und treten gerade hier häufig flözartig auf. Der Sandanteil ist von der Kornverteilung her oftmals so fein, daß die Kornlinienkorrektur mit hydraulischer Klassierung unumgänglich ist.

In **Bild 4** wird eine Verfahrenskonzeption präsentiert, die für die Stufe der Entkohlung eine Setzmaschine sowie zur Sandbehandlung den Einsatz eines Hydrobandabscheiders vorsieht. Alternativ können in dem Fall eines nur geringen Inkohlungsgrades anstelle

treatment. Alternatively, in the event of a low degree of carbonification, hydrobelt separators or vibratory sorting units can be used for the individual particle size ranges 2/8, 8/16 and 16/32mm instead of a jig for particle size range 2–32.

Depending on requirements, it may be necessary for sand processing to use a free-fall classifier instead of a sand hydrobelt separator for the purpose of particle distribution curve correction. Depending on decoaling requirements for the sand product, an additional fluidized bed separator may be required.

Finally the process concept incorporates a closed water circuit which also includes the highly necessary solid-liquid separation for demanding requirements.

### 6.2.4 Brandenburg

Deposits in this region are characterized by a partially extremely high proportion of sand which fluctuates between 80 and 95%. Particularly this inhomogeneousness leads to it being frequently advisable to separate processing of sand and gravel and to include a preliminary stockpile at least for the particle size distribution curve.

As a rule, contaminants are almost always organic components often present at more than 1 M.%. Loamy components generally lead to the use of log washers being unavoidable. **Fig. 5** represents a flow sheet to exemplify this, where a free-fall classifier is provided for producing a special sand.

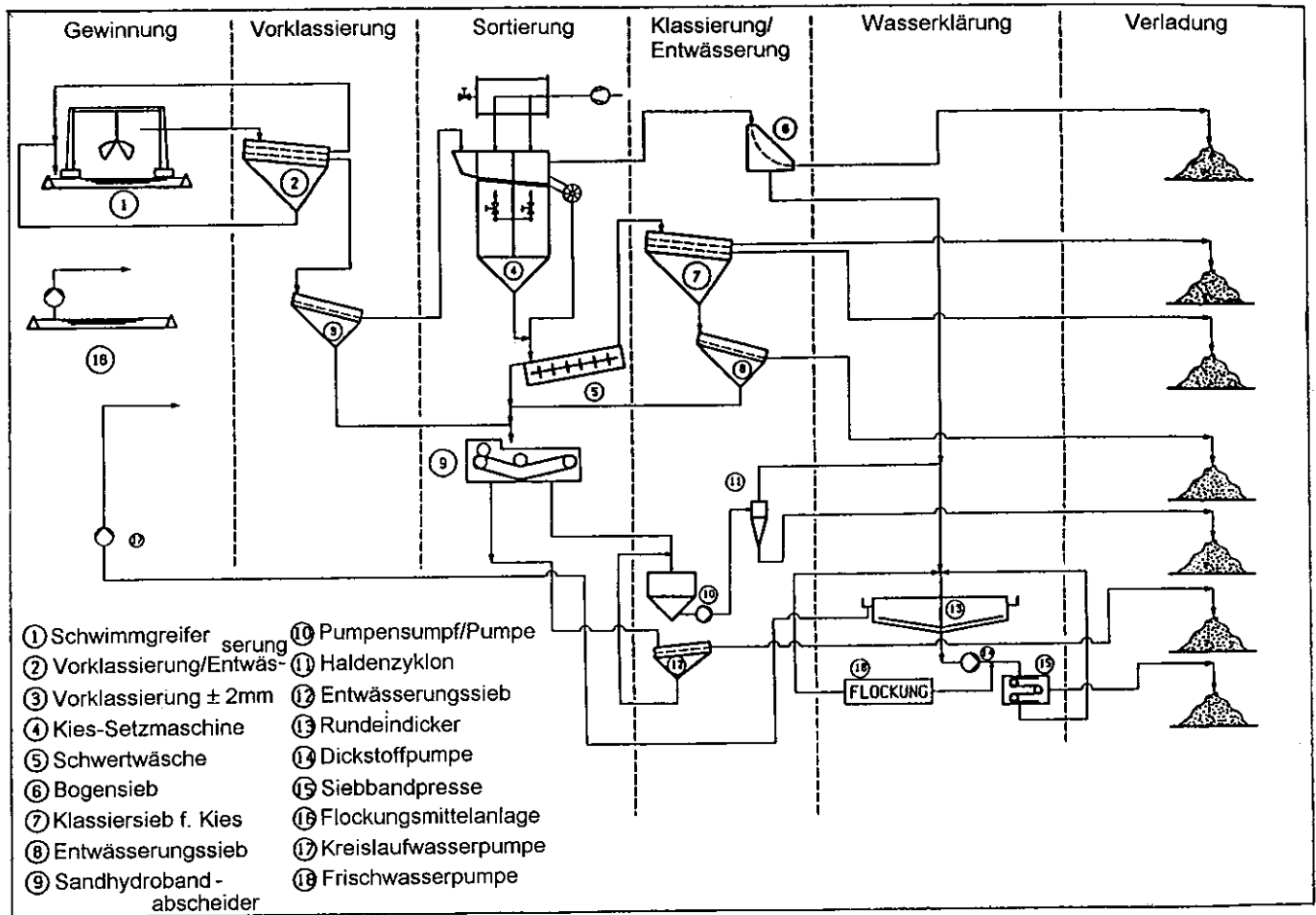


Bild 4: Beispiel eines Verfahrensfließbildes für eine Sand- und Kiesaufbereitung am Oberrhein

Fig. 4: Example for a process flow sheet for a sand and gravel processing plant in the area of Upper Rhine

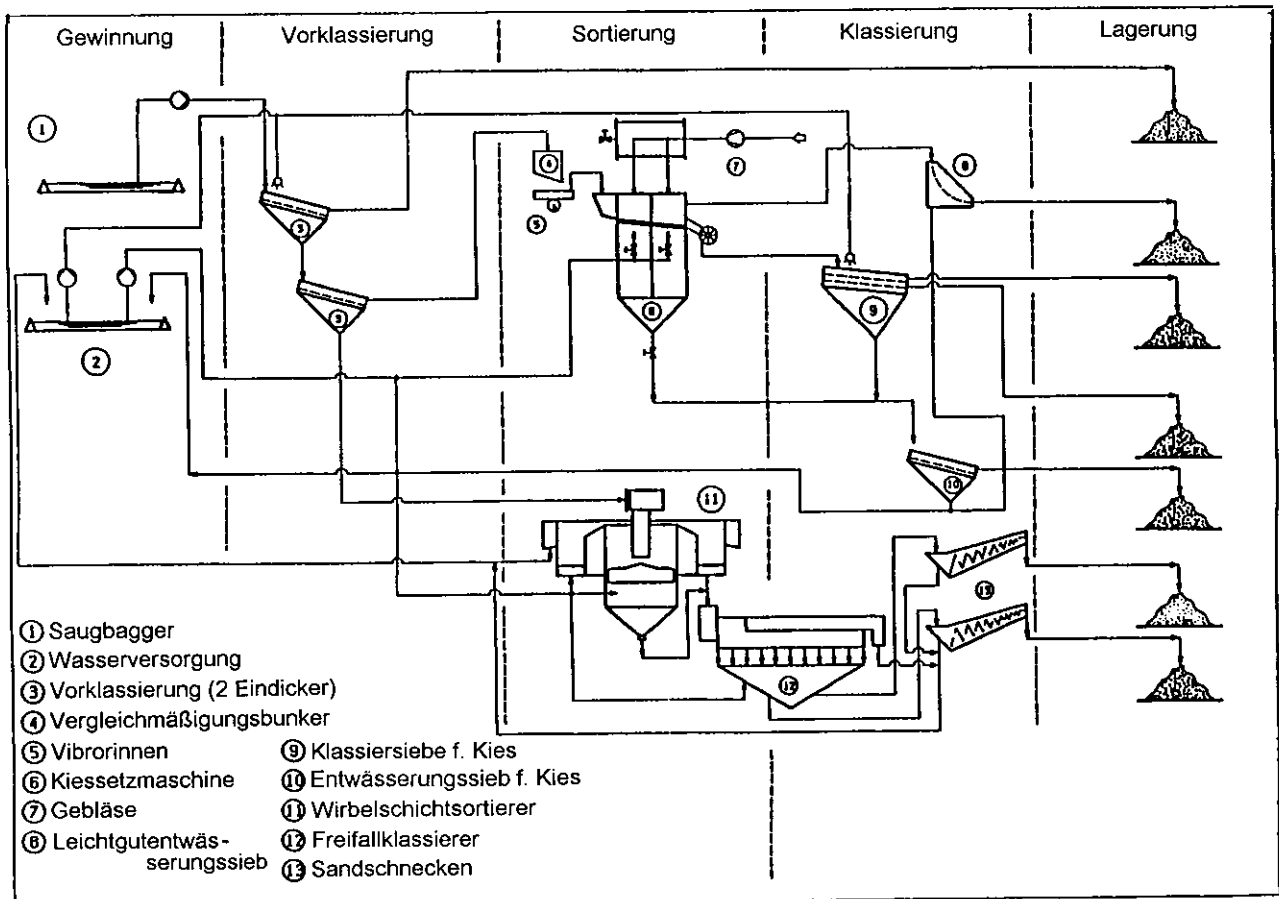


Bild 5: Beispiel eines Verfahrensfließbildes für eine Sand- und Kieslagerstätte in Brandenburg

Fig. 5: Example for a process flow sheet for a sand and gravel processing plant in Brandenburg

einer Setzmaschine für die Körnung 2 – 32 mm auch Hydrobandscheider oder Schwingsortierer für die Einzelkörnungen 2/8, 8/16 und 16/32 eingesetzt werden.

Für die Sandaufbereitung muß je nach Anforderungen eventuell zwecks Kornlinienkorrektur statt des Sandhydrobandscheiders ein Freifallklassierer eingesetzt werden. Je nach Anforderungen an die Entkohlung des Sandproduktes ist zusätzlich eine Wirbelschichtsortierung erforderlich.

Schließlich beinhaltet das Verfahrenskonzept einen geschlossenen Wasserkreislauf, der bei konsequenter Ausführung auch die höchst aufwendige Fest-Flüssigtrennung im Feinstkornbereich enthält.

## 6.2.4 Brandenburg

Lagerstätten dieser Region sind gekennzeichnet von einem teilweise sehr hohen Sandanteil, der zwischen 80 und 95 % schwankt. Gerade diese Inhomogenität führt dazu, daß es oft ratsam ist, die Aufbereitung von Sand und Kies zu trennen und eine Vorhaltung zumindest für die Körnungslinie vorzusehen.

An Verunreinigungen findet man hier in der Regel fast immer organische Bestandteile, die oftmals sogar mit mehr als 1 M.-% vertreten sind. Lehmige Bestandteile führen dazu, daß auch der Schwertwäscheneinsatz in der Regel nicht zu vermeiden ist. Beispielhaft ist in **Bild 5** ein Verfahrensschema dargestellt, das für die Herstellung eines Spezialandes auch den Einsatz eines Freifallklassierers vorsieht.



## 7. Schlußbetrachtung

Zahlreiche Alternativen sind für die Verfahrensgestaltung von Kies- und Sandaufbereitungsanlagen denkbar. Sie reichen z. B. bei der Leichtgutabtrennung von dem Anlagenkonzept, daß 0–32 mm in nur einer Setzmaschinenstufe vom Feinstsand und Leichtgut gereinigt wird, bis hin zu dem Konzept, daß die Einzelkornklassen 0/2, 2/8, 8/16 und 16/32 mm auf Hydrobandscheidern o.ä. behandelt werden.

Die Gründe für die Auswahl des geeigneten Konzeptes sind vielschichtig. Grundsätzlich geben jedoch

- die Rohstoff- und Lagerstätteneigenschaften,
- die Situation auf dem Markt für Zuschläge,
- die Investitionskosten und
- die Betriebskosten

den Ausschlag. Die spezifische Gewichtung bzw. das Setzen von Prioritäten bei diesen vier Punkten führt zu den verschiedensten Anlagenkonzepten.

Insbesondere der zunehmende Zwang zur vollständigen Auskiesung von Lagerstätten führt dazu, daß die Rolle der Abtrennung von Verunreinigungen (Alkali, Holz, Kohle, Ton) sowie der Kornlinienkorrektur bei Sand eine entscheidende Bedeutung zukommt.

Zwangsläufig entsteht dabei die Tendenz, Aufbereitungstechniken anzuwenden, die bislang in der Sand- und Kiesaufbereitung weniger gebräuchlich waren, jedoch auf den Gebieten der konventionellen Rohstoffaufbereitung (Erz- und Kohlaufbereitung) erprobt sind.

Zu erwarten ist schließlich auch, daß diese Entwicklung in der Sand- und Kiesaufbereitung verstärkt den aktuell wachsenden Bedarf an Aufbereitungstechnik in der Behandlung sekundärer Rohstoffe wie Bauschutt und kontaminiertem Boden befruchtet wird.



## Conclusion

Numerous alternatives are feasible of process layout of sand and gravel processing plants, e. g. for separation of light product in a plant concept, that 0–32 mm is cleaned from very fine sand and light product in only one jigging stage, to a concept where individual particle size ranges 0/2, 2/8, 8/16 and 16/32 mm are treated on hydrobelt separators or similar.

The reasons for selecting the appropriate concept are many. However, in principle, the

- raw material and deposit characteristics,
- market situation for aggregates
- investment outlay and
- operating costs

are decisive. The specific weighting resp. setting priorities for these four points lead to a diversity of plant concepts.

Particularly the growing compulsion to a complete depletion of deposits leads to separation of contaminants (alkali, wood, coal, clay) as well as correcting particle size distribution of sand becoming of decisive importance.

Inevitably, a tendency arises to apply process technologies which have previously been less usual in sand and gravel processing, but having already been tested in the fields of conventional raw mineral processing (ore dressing and coal preparation).

Finally, it is to be anticipated that this development in sand and gravel processing will have a fruitful effect on the current growing demand for process technology for treatment of secondary raw materials such as building rubble and contaminated soil.

## Schrifttum/References

- [1] Geschäftsbericht 91/92  
Bundesverband der Deutschen Kies- und Sandindustrie e. V.,  
Duisburg, Tonhallenstraße 19
- [2] *Simon, R.*: Energiesparende Baggerung mit Schwimmgreifern für große Teufen  
Aufbereitungs-Technik 28 (1987) Nr. 2, S. 85/92
- [3] Ergänzungen der ZTVE-StB 76 für das Spülverfahren bei Erdarbeiten im Straßenbau in der Niedersächsischen Straßenverwaltung (ESpE-NS 77)
- [4] Naßgewinnung von Kies und Sand mit Schwimmbaggern und Schrapfern  
Steine + Erden (1991) Nr. 3, S. 64/70  
Mitteilungsblatt der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft
- [5] *Keppler, K.*: Lotung und Positionierung von Schwimmbagger-einheiten  
Vortrag anlässlich der Fachveranstaltung „Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Sand- und Kiesaufbereitung“,  
1990, Haus der Technik in Essen
- [6] *Stoll, R. D., Schwarzkopp, F., und Buschmann, M.*: Gewinnungsverfahren für Kies und Sand  
Aufbereitungs-Technik 33 (1992) Nr. 3, S. 119/130 und Nr. 6, S. 301/308
- [7] *Hultsch, A.*: Kiese und Sande  
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig,  
1986, S. 123

- [8] *Wibbelhoff, H.*: Anwendungsbereiche verschiedener Siebeläge  
Die Naturstein-Industrie 27 (1991) Nr. 3, S. 27/30
- [9] Hinweise für die Verwendung von Sanden im Straßenbau  
Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen, Köln
- [10] *Gärtner, H. G.*: Technisch-wirtschaftlicher Vergleich einiger Verfahren zur Feinsandrückgewinnung  
Aufbereitungs-Technik 33 (1992) Nr. 1, S. 16/21
- [11] *Drinkgern, G.*: Schädliche Bestandteile und ihre Wirkung auf Baustoffe  
Aufbereitungs-Technik 30 (1989), Nr. 5, S. 301/306
- [12] *Rohr, W.*: Aquamator (DBP) – Ein neues Verfahren zur Ausscheidung von Schadstoffen aus Kieskörnungen  
Aufbereitungs-Technik 19 (1978) Nr. 2, S. 58/62
- [13] *Breuer, H.*, und *Jungmann, A.*: Betriebserfahrungen mit einer luftgepulsten alljig-Kiessetzmaschine zur Abtrennung von organischen Verunreinigungen aus Kies und Sand  
Aufbereitungs-Technik 29 (1988) Nr. 6, S. 324/330
- [14] *Gärtner, H. G.*: Entkohlung von Betonsanden mittels Wirbelschichtsortierung  
Aufbereitungs-Technik 27 (1986) Nr. 8, S. 450/455
- [15] *Mergelsberg, W.*: Wirtschaftliche Situation und Zukunftsaspekte der deutschen Kies- und Sandindustrie  
Steinbruch und Sandgrube 82 (1989) Nr. 12, S. 758/763
- [16] *Marmé, W.*, und *Seeberger, J.*: Der Primärenergieinhalt von Baustoffen  
Bauphysik, H. 5/1982 und Heft 2/1982
- [17] *Jungmann, A.*: Die Kies- und Sandlagerstätten Deutschlands unter besonderer Berücksichtigung der Gewinnungs- und Aufbereitungstechnik  
Vortrag auf der Fachtagung „Produktion von Kies und Sand“ am 19. und 20.02.1992 in Aachen
- [18] *Robertson, J.*: 1991: New plant ideas – dignite removal lassy with air-pulsed jug  
Rock Products, Juli 1991
- [19] Deutscher Ausschuß für Stahlbeton  
Richtlinie Alkalireaktion im Beton; Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton;  
Dezember 1986

**Bildnachweis:** allmineral Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG, Duisburg