

# Langfassung: Beach-Sand - Sportgerät oder Baumaterial?

(Dr. Günter Breuer und Mark Regelski)

## Gliederung

- 1 Problemhintergrund
  - 1.1 Einsatzbereich des Materials „Sand“ im Sport außerhalb des Beach-Sports
  
- 2 Beach-Sport
  - 2.1 Beach-Sportanlagen in Deutschland
  - 2.2 Der Monte Kaolino – Die etwas andere Outdooranlage
  - 2.3 Allgemeine Planungshinweise zum Bau von Beach-Sportanlagen
    - 2.3.1 Beach-Sportflächen
    - 2.3.2 Bodenverhältnisse und Untergrund
  
- 3 Sportboden Sand
  - 3.1 Herkunft und Differenzierung von klastischen Sedimenten
    - 3.1.1 Sand
      - 3.1.1.1 Chemische Zusammensetzung
      - 3.1.1.2 Korngröße und Kornverteilung
      - 3.1.1.3 Kornform
      - 3.1.1.4 Kornfarbe
      - 3.1.1.5 Wasserspeicherfähigkeit und organische Bestandteile
      - 3.1.1.6 Spektrum von Quarzsanden
  
- 4 Ausblick
  - Literatur

## 1 Problemhintergrund

Die in der Überschrift gestellte Frage ergibt sich im Zusammenhang mit der Überlegung, dass im Bereich Beach-Sport verschiedene Normungsfragen zu klären sind. Neben den Sportgeräten, die zur Ausstattung von multifunktional nutzbaren Spielfeldern notwendig sind, wird zukünftig vermehrt Sand als Sportboden zu betrachten sein. Dies führt dazu, dass die Zuständigkeit durch entsprechende mit der Normung befasste Gremien (Ausschüsse) wie NASport – für Geräte – resp. NABau – für den Bau von Anlagen – noch geklärt werden muss. Wünschenswert wäre eine Norm für Beach-Sport, die aus verschiedenen Teilen bestehend, dennoch umfassend alle Aspekte behandelt, die in diesem Bereich zu beachten sind. Hierzu liegen bereits verschiedene Arbeiten vor, deren Einbeziehung eine Norm „Beach-Sport – Abmessungen, Geräte und Sportboden“ ermöglichen würde.

Bisher fehlen jedoch verlässliche Informationen zum Sportgerät und/oder Baumaterial Beach-Sand. In der Regel weiß man auch nicht, von welchem Sand eigentlich gesprochen wird und wie sich Meer-/Strandsand, Flusssand (Spielkasten- bis Mörtelsand) und Industriesand (Kaolinsande und Quarzsande) voneinander unterscheiden.

Es fehlt eine Kartei mit Klassifizierungen des Beach-Sandes, die neben Informationen über das Vorkommen, d.h. das Sediment mit physikalischen und

chemischen Faktoren auch Auskunft erteilt über die weitergehende industrielle Aufbereitung, z.B. darüber, inwieweit das Endprodukt vorbehandelt, gewaschen, gesiebt und zum Teil mit Zuschlagstoffen versetzt wurde. So könnten als Unterscheidungskriterien u.a. die Korngröße, Kornverteilung, Kornform und Kornfarbe angenommen werden. Darüber hinaus ist zu vermuten, dass weitere Kriterien wie die Dicke der Sandschicht und der Auf- resp. Einbau in einer Beach-Sportanlage von Bedeutung sind. Im Hinblick auf die Dicke der Sandschicht wurden bisher keine Untersuchungen bezogen auf die „Übertragung“ der Kraft bei unterschiedlich zusammengesetzten Sandböden vorgenommen. Es ist anzunehmen, dass bei unterschiedlichen Dicken der Sandschicht die noch wahrnehmbare Resultierende der an der Oberfläche eingesetzten Aktionskraft (Absprung für den Block resp. zum Schmetterschlag) unterschiedliche Stärke zeigt. In dem Falle, dass selbst bei einer Sanddicke von 40 cm noch Auswirkungen auf einer Messplatte/fläche zu erkennen sind, wäre der weitere Aufbau der Anlagen (Beton/Stein, Filterschicht aus Kies und der anstehende Untergrund) noch zu beachten (vgl. Tab.1).

Ferner ist durch die Beanspruchung des Sportbodens als wichtiger Aspekt die damit in Verbindung stehende mechanische Belastung der Sandkörner zu sehen. Je nach Sandqualität kann sich durch den Spielbetrieb viel oder wenig Feinstaub bilden, der jedoch nach bisherigen Erkenntnissen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zur Folge hat (vgl. Deutscher Städtetag, 1999, S. 20; BISp, 2001, S. 22-31).

Tab. 1. Kriterien: Materialeigenschaften von Beach-Sand und Aufbau einer Beach-Sportanlage.

<b>Materialeigenschaften Beach-Sand</b>		
	Korngröße	(fein – grob)
	Kornverteilung	(homogen – inhomogen)
	Kornform	(rund – eckig – splittrig)
	Stabilität/Eigenfestigkeit (Härte-Skala)	(Chemische Zusammensetzung – Wert nach Mohs)
	Wassergehalt	(niedrig – hoch)
<b>Aufbau einer Beach-Sportanlage</b>		
	Schichtdicke Sand	(in cm)
	Unterbau	(nachgiebig – unnachgiebig)

### 1.1 Einsatzbereich des Materials „Sand“ im Sport außerhalb des Beach-Sports

Sand wird auf Spiel- und Sportplätzen und in Freiräumen als Spielsand sowie als Füllmaterial und zum Fallschutz genutzt. Der Sand soll nach DIN 18034: 1999-12 (vgl. DIN, 2002a) im Korngrößenbereich von 0 mm bis 2 mm liegen. Da er Kindern zum „Formen und Backen“ dient, sollte er bindige Bestandteile enthalten. Für den Einsatz als Fallschutz gibt die DIN EN 1177: 1997-11 die möglichen Bodenarten je nach Fallhöhe vor. Sand kann bis zu einer freien Fallhöhe von maximal 4 m eingesetzt werden. Die Sandschicht muss mindestens 20 cm betragen, empfohlen werden 40 cm (vgl. DIN, 1998, S. 20), die Körner sollten im Durchmesser zwischen

0,2 mm und 2 mm liegen und keine Anteile von Schluff und Ton enthalten.

Bei besandeten Kunststoffrasenflächen wird Sand als Füllstoff zwischen den Flurhalmen verwendet. Es sollte hierfür schlufffreier, möglichst rundkörniger Mittelsand genommen werden.

Tab. 2. Sandkörnung und Sandeigenschaften

(vgl. DIN E 18035-7: 2000-08, S. 16; BISP, 2001, S. 31; DIN V 18035 – 7: 2002-07, S. 230).

Körnung	0,25/1,25		
Kornform	Kanten gerundet bis kugelförmig		
Bestandteile			
	SiO <sub>2</sub>	= 96	Massenanteile in %
	CaCO <sub>3</sub>	= 3	Massenanteile in %
	Einbauwassergehalt	= 0,5	Massenanteile in %
	Bestandteile < 0,063mm	= 2	Massenanteile in %

Ferner wird Sand im Sport für Sprunggruben, Reitplätze, Pferderennbahnen, Tennisplätze und Golfplätze (Bunker) genutzt. Die Industrie hält hierfür, je nach Einsatzgebiet, unterschiedliche Sande bereit.

## 2 Beach-Sport

Es ist rund 80 Jahre her als zum ersten Mal Beach-Volleyball an den Stränden Südkaliforniens (vgl. Hömberg & Papageorgiou, 1997, S. 17) und Beach-Soccer an den Stränden Brasiliens (vgl. Knoller, 1999, S. 13) gespielt wurde. Anfang der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts folgten die Beach-Varianten Handball (1992) am Strand von San Antonio in Ponza (vgl. Röttgers, 2004, S. 32) und Basketball (1993) am Strand von Sylt sowie die Beach-Basketball-Tour (vgl. DBB, 1996, 1997 und 1998).

Beim Spektrum der Beach-Sportarten ist Beach-Volleyball klar an erster Stelle zu nennen, da er als erste und bisher einzige Beach-Sportart ins olympische Programm aufgenommen worden ist und bereits 1996 in Atlanta seine olympische Premiere erleben durfte. Aber auch Beach-Soccer ist sehr populär und hat nach Aussagen des Deutschen Fußball-Bundes (DFB) sowie des Deutschen Beach-Soccer Verbandes (DBSV) gute Chancen, ebenfalls in das olympische Sportartenprogramm aufgenommen zu werden (vgl. DFB, 1998, S. 9 und DBSV, 2003). Mit Beach-Handball und Beach-Basketball sind zwei weitere Beach-Sportarten auf dem Vormarsch.

Schon längst sind die Zeiten vorbei, in denen die Ausübung dieser Sportarten ausschließlich auf Strandregionen beschränkt war. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von Beach-Anlagen, auf denen Sportbegeisterte ihren Beach-Sport, auch fern ab vom Strand, ausüben können. Ferner ist der Beach-Sport durch den Bau von Beach-Sporthallen nicht mehr ausschließlich auf die Sommermonate beschränkt.

Erste Ausarbeitungen zum Thema Beach-Volleyballanlagen wurden von Breuer (1994, 1995, 1996 und 1998) vorgelegt. Parallel hierzu gab der Deutsche Volleyball-Verband e. V. (DVV) 1994 „Empfehlungen für den Bau einer Beachvolleyball-Anlage“

zur Unterstützung der Vereine heraus.

Später wurden spezielle Untersuchungen zum Sportboden Sand durchgeführt. So haben beispielsweise Steuer & Stier (1999) unterschiedliche Sandproben analysiert und Kriterien formuliert, die bei der Wahl des Beach-Sandes hilfreich sind.

Die erste „Orientierungshilfe für die Planung und den Bau von Beach-Sportanlagen“ ist unter Federführung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) 2001 in Zusammenarbeit mit den für Beach-Sportarten zuständigen Fachverbänden entstanden (BISp 2001). Hierin wurde u.a. Sand als Sportboden thematisiert; seit 2001 wird Sand auch unter hygienischen Gesichtspunkten in einem Forschungsprojekt am Institut für Umweltmedizin an der RWTH Aachen untersucht (BISp, 2001, S. 79).

Die etablierten Sportböden für Sporthallen und Freiplätze sind bereits genormt und müssen bestimmte Kriterien erfüllen, um den jeweiligen Nutzungsanforderungen zu entsprechen.

## **2.1 Beach-Sportanlagen in Deutschland**

Beach-Volleyball ist die erste Beach-Sportart, die sich in Deutschland rasant verbreitet hat. Ende der 80er Jahre fanden in Deutschland die ersten Volleyballturniere statt; 1994 nahmen bereits 15.400 Spieler an Beach-Volleyballveranstaltungen teil. Diese Entwicklung wirkte und wirkt sich entsprechend auf den Bau von Beach-Sportanlagen, vor allem Beach-Volleyballanlagen, aus. Nach Auskunft des DVV gab es 1997 bereits mehr als 5.000 stationäre Beach-Volleyballanlagen. Diese Zahl erscheint allerdings zu hoch und kann auch durch aktuelle Statistiken nicht annähernd bestätigt werden. Allerdings werden in vielen Sportstättenstatistiken immer noch keine so genannten „Kleinspielfelder“ in Freibädern und auf Spielplätzen als Beach-Sportstätten aufgeführt; bestenfalls werden diese lückenhaft erfasst.

Im Jahre 2003 waren beim DVV 721 Outdoor- und 17 Indooranlagen mit insgesamt 1.321 Beach-Feldern registriert. Die aktuellen Zahlen fragt der DVV jährlich über die Landesbeachwarte ab. Auch die meisten Landesverbände des DVV haben Aufstellungen zu den bei ihnen gemeldeten Beach-Spielstätten auf ihren Internetseiten. So findet man bei 12 der 18 DVV-Landesverbände eine Liste der dort gemeldeten Anlagen. Addiert man diese Zahlen, so kommt man immerhin auf 872 Anlagen mit 1589 Feldern. Zum Teil bieten die Landesverbände auch an, Beach-Sportanlagen online registrieren zu lassen. Ferner gibt es zu Beach-Volleyballanlagen eine Statistik der Arbeitsgemeinschaft deutscher Sportämter (ADS), einem Zusammenschluss von mehr als 400 Städten, Kreisen, Gemeinden sowie anderen Betreibern von Sportstätten mit kommunaler Beteiligung (vgl. Philippka Sportverlag, 2003, S. 490-586). Hier sind 582 kommunale und 380 private Beach-Volleyballanlagen registriert (vgl. Regelski, 2003, S. 49f).

Weitere Statistiken werden bei den jeweiligen Sportfachverbänden geführt. Es bleibt jedoch festzuhalten, dass die Anlagen, die zu den jeweiligen Sportarten angeführt werden, überwiegend multifunktional genutzt werden und somit nicht undifferenziert summiert werden können.

Nach Beach-Volleyball hat sich seit 1995 auch Beach-Handball in Deutschland entwickelt. Obwohl es mittlerweile eine enorme Turniervielfalt gibt, existiert von Seiten des DHB leider keine publizierte Auflistung der Beach-Handballanlagen. Einzig auf den Internetseiten des Badischen Handball-Verbandes findet man eine Übersicht der dortigen Beach-Handballanlagen, die 56 Anlagen mit 96 Feldern anführt.

Auch Beach-Soccer ist in Deutschland fest etabliert. Beim Deutschen Beach-Soccer Verband sind derzeit 694 Outdoor- und 15 Indooranlagen mit 1.239 Feldern gemeldet, auf denen man neben Beach-Soccer auch andere Beach-Sportarten ausüben kann (vgl. Regelski, 2003, S. 50).

Tab. 3 bietet eine Übersicht über die beim DVV, DBSV und ADS gemeldeten Beach-Sportanlagen in Deutschland.

Tab. 3. *Beim DVV, DBSV und ADS gemeldete Beach-Sportanlagen in Deutschland.*

Bundesland	Beach-Sportanlagen		
	DVV	DBSV	ADS
Baden-Württemberg	100	92	153
Bayern	145	145	117
Berlin	4	4	2
Brandenburg	2	1	23
Bremen	18	18	19
Hamburg	11	11	1
Hessen	70	67	89
Mecklenburg-Vorpommern	3	3	11
Niedersachsen	150	151	108
Nordrhein-Westfalen	99	110	253
Rheinland-Pfalz	14	15	57
Saarland	22	22	21
Sachsen	56	22	44
Sachsen-Anhalt	8	8	27
Schleswig-Holstein	12	12	17
Thüringen	7	13	20
<b>Gesamt</b>	<b>721</b>	<b>694</b>	<b>962</b>

Der Großteil der registrierten Beach-Sportanlagen befindet sich auf dem Gebiet der alten Bundesländer, vor allem in Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Temporäre Anlagen auf öffentlichen Plätzen sowie an Stränden sind in Tab. 3 nicht berücksichtigt. So besitzen die Länder Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern Strandregionen an der Nord- und/oder Ostsee, in denen in den Sommermonaten vielerorts temporäre Beach-Sportanlagen aufgebaut werden.

## 2.2 Der Monte Kaolino – Die etwas andere Outdooranlage

Der Monte Kaolino ist die höchste künstliche Sanddüne Europas. Dieser 110 m hohe Berg aus ca. 30 Millionen Tonnen Quarzsand befindet sich nahe der Ortschaft Hirschau bei Amberg in der Oberpfalz und ist als Abraumhalde des Kaolin-Bergbaus durch die Amberger Kaolinwerke (AKW) entstanden. Die Entstehung des Monte

Kaolino liegt schon rund 100 Jahre zurück, wobei der Berg bis 1995 täglich um 1.000 Tonnen größer geworden ist. Seitdem sind die AKW eine Tochtergesellschaft der Quarzwerke in Frechen, die den Quarzsand vermarkten. Mittlerweile ist der Monte Kaolino im Sommer Anziehungspunkt für viele Beach-Sportler, Jugendliche und Touristen. Das Sportangebot ist jedoch nicht ausschließlich auf den Monte Kaolino beschränkt. So ist im Laufe der Zeit ein Freizeitzentrum mit vielfältigen Freizeit- und Erholungsangeboten rund um den künstlichen Berg entstanden. An seinem Fuße befinden sich u.a. eine Beach-Bar, ein Restaurant, ein Campingplatz, eine Diskothek, ein Beach-Volleyballplatz, eine Tennisanlage, ein Sportzentrum, ein Funpark und ein beheiztes Dünenfreibad. Die Sandpiste des 45° steilen Hanges ist 220 m lang. Hier befindet sich auch der bislang einzige stationäre Lift für eine Sandpiste. Jedes Jahr finden mit der Sandski-EM, dem Wolfgang-Droßbach-Gedächtnislauf, der Sandboard-WM und der Bigfoot-Meisterschaft Beach-Wettkämpfe statt, die an manchen Tagen mehr als 60.000 Zuschauer an die Sandpiste locken (vgl. Regelski, 2003, S. 46f.).

### **2.3 Allgemeine Planungshinweise zum Bau von Beach-Sportanlagen**

Man unterscheidet stationäre von temporären Beach-Sportanlagen. Temporäre Anlagen werden nur für den Zeitraum der Veranstaltung auf Marktplätzen, Parkplätzen oder vergleichbaren Örtlichkeiten errichtet. Während es sich bei den temporären Anlagen ausschließlich um Outdooranlagen handelt, unterscheidet man bei stationären Anlagen wiederum Outdoor- von Indooranlagen. Outdooranlagen kann man unterteilen in Anlagen am Strand (z.B. Meer, See, Fluss) und Anlagen an sonstigen Standorten (z.B. Park, Freibad, Spielwiese) sowie danach, ob es sich um eine Anlage mit gesicherten bzw. ungesicherten Spielfeldern handelt. Um eine ungesicherte Anlage handelt es sich, wenn diese ohne Beaufsichtigung und Einzäunung frei für jedermann zugänglich ist. Diese Anlagen sind mangels regelmäßiger Pflege viel stärker verschiedenen Verunreinigungen und Vandalismus ausgesetzt als die geschützten.

Im Rahmen allgemeiner Planungshinweise sind folgende Punkte zu beachten:

- ?? Bei der Planung sollten die örtlichen Gegebenheiten und die Bedürfnisse der Nutzer berücksichtigt werden.
- ?? Beim Bau einer Beach-Sportanlage ist die Kombination mit einer anderen Sportanlage zu empfehlen.
- ?? Die Anlage sollte ihrer Größe entsprechend auch über eine gewisse Anzahl von Umkleide-, Sanitär- und gegebenenfalls Funktionsräumen verfügen.
- ?? Aufenthalts- und Bewirtschaftsräume sollten in die Anlage integriert werden.
- ?? Der Aufbau einer Anlage sollte aus funktionellen Einzelbereichen (u.a. Spielfelder, Hochbauten, Zuschaueranlagen) bestehen, die unabhängig voneinander gleichzeitig ohne gegenseitige Behinderung von verschiedenen Nutzergruppen in Anspruch genommen werden können.
- ?? Die Anlage sollte sich innerhalb eines abgeschlossenen Bereichs befinden und beaufsichtigt werden.
- ?? Zur funktionalen räumlichen Gestaltung der Anlage gehören auch

standortgerechte Gehölzpflanzungen (vgl. Breuer, 1998, S. 34f; BISp, 2001, S.16-17).

Die Spielfelder sollte man grundsätzlich in Nord-Süd-Richtung anlegen, damit die Spieler bei tiefstehender Sonne nicht geblendet werden. Beach-Sportanlagen am Strand sollten vollständig mobil sein, um schnell auf- und abgebaut werden zu können und somit auf sich ändernde äußere Bedingungen wie Gezeiten oder Windverhältnisse reagieren zu können (vgl. Breuer, 1998, S. 16; BISp, 2001, S. 25). Weitere bei der Planung zu beachtende Aspekte im Hinblick auf Standort, Erschließung, Größe der Anlage, Zusatzflächen und –räume, Bepflanzung sowie Reinigung und Schutz der Anlagen sind der Orientierungshilfe des BISp „Planung und Bau von Beach-Sportanlagen“ P1/01 (2001) zu entnehmen.

### **2.3.1 Beach-Sportflächen**

Bereits beim Bau von Beach-Sportanlagen wird darauf geachtet, dass die Abmessungen der einzelnen Beach-Sportflächen die Ausübung diverser Beach-Sportarten erlauben. Eine Arbeitsgruppe im BISp hat im Vorabzug „Planung und Bau von Beach-Sportanlagen“ (Deutscher Städtetag, 1999) in Abstimmung mit den für die Beach-Sportarten zuständigen Fachverbänden zwei Standard-Spielfeldgrößen entwickelt, nämlich die Standard-Einfeldanlage (15 x 30 m) und die Standard-Dreifeldanlage (30 x 45 m), die eine Vielfalt an Nutzungsvarianten erlauben.

Die Ausstattung mit Sportgeräten und deren Qualitätsanforderungen hängen von der Anzahl der Spielfelder, den darauf betriebenen Sportarten sowie der Nutzung der Anlage ab. Die Sportgeräte sollten korrosionsbeständig sein (bei Outdooranlagen), eine Funktionstüchtigkeit trotz Staub- und Sandbelastung gewährleisten, abspannfreie Netzpfeiler für den Wettkampfbetrieb besitzen, keine Verletzungsquellen darstellen, UV-beständig und, falls erforderlich, verstellbar sein (z.B. Ringhöhe beim Basketball). Zur Ausstattung gehören auch Spielfeldmarkierungen und Bodenhülsen sowie nicht-sportabhängige Geräte wie z.B. Schiedsrichterstuhl, Spielerbänke und Banden. Je nach Art und Umfang der Nutzung sollte bei Outdooranlagen über die Installation einer Beleuchtungsanlage für die Beach-Sportfläche nachgedacht werden (vgl. BISp, 2001, S. 23-29).

### **2.3.2 Bodenverhältnisse und Untergrund**

Vor dem Bau der Beach-Sportanlage sollten die Bodenverhältnisse geprüft werden. Ist der Boden wasserdurchlässig, sollte eine Bodenwanne von 35 bis 45 cm angelegt und auf eine Schicht zur Entwässerung verzichtet werden. Handelt es sich um wasserundurchlässigen Boden, sollte die Bodenwanne für eine Entwässerungsschicht 10 bis 30 cm tiefer angelegt werden. Hierzu gibt es verschiedene Varianten:

- ?? Dränageleitungen in Längsrichtung in einem Abstand von 5 bis 6,5 m;
- ?? 10 m Flächendränage aus wasserdurchlässigem Einkornbeton;
- ?? 15 bis 30 cm Kiesschicht als Dränage (Korngröße 20 bis 50 mm) mit einer Filtervliesabdeckung.

Bei einer Standard-Einfeldanlage ist ein Quer- bzw. Längsgefälle von 0,5 bis 1 Prozent zur Spielfeldmitte hin einzubauen. Die Sandschicht sollte durchschnittlich 40

cm tief sein, im Mittelbereich unter dem Netz mindestens 45 cm, im Randbereich mindestens 35 cm.

Der Übergang zwischen Spielfeld und gewachsenem Boden sollte mit einer Spielfeldrandeinfassung versehen sein.

### 3 Sportboden Sand

Sand zeichnet sich durch eine Vielzahl von Vorzügen gegenüber anderen Materialien für Sportböden aus.

Ein großer Vorteil liegt in seinen enormen Dämpfungseigenschaften. Durch die Nachgiebigkeit des Sandes wird ein großer Teil der Bewegungsenergie aufgefangen, und Gelenkbelastungen werden deutlich reduziert. Weiterhin kommt es zu einer Kräftigung der unteren Extremitäten, besonders der Fußmuskulatur. Ein verstärkter Muskelaufbau und der weiche Untergrund führen lediglich zu einer geringen Zahl von Sportverletzungen (vgl. Roschinsky, 2002, S. 11).

Dennoch ist Sand in seiner Zusammensetzung unterschiedlich und somit auch differenziert zu betrachten. Bezogen auf den Sand als Sportboden sind verschiedene Kenntnisse erforderlich.

#### 3.1 Herkunft und Differenzierung von klastischen Sedimenten

Das Reservoir unserer mineralischen Rohstoffe ist die äußere Erdkruste, die sich aus einer Vielzahl verschiedener Gesteine zusammensetzt. Allerdings werden 99 Prozent ihrer Masse von lediglich neun natürlich vorkommenden Elementen bestimmt.

Tab. 4. *Bedeutsame Elemente der Erdkruste (vgl. Wirtschaftsvereinigung Bergbau, 1994, S. 31).*

Aluminium (Al)	Magnesium (Mg)	Sauerstoff (O)
Calcium (Ca)	Kalium (K)	Silicium (Si)
Eisen (Fe)	Natrium (Na)	Titan (Ti)

Die wichtigsten Elemente sind Sauerstoff mit 46,59 und Silicium mit 27,72 Gewichtsprozent.

Selbst feste Stoffe wie Gesteine unterliegen einer gewissen Deformation, d.h. sie können durch äußere Einflüsse umgewandelt oder abgetragen werden. Umwelteinflüsse (physikalische, chemische und biologische Bedingungen) wirken auf die einzelnen Stoffe ein und können ihre Beständigkeit beeinträchtigen. Sie durchlaufen dann einen für einzelne Stoffe zeitlich und räumlich unterschiedlichen Kreislauf. Man unterscheidet zwischen endogenen und exogenen Vorgängen. Letztere sind auch als Prozesse der Verwitterung, Abtragung und Sedimentation zu verstehen, die sich an oder nahe der Erdoberfläche unter dem Gesetz der Schwerkraft vollziehen (vgl. Richter, 1992, S. 33-35).

Die meisten chemischen Elemente an der Erdoberfläche liegen in gebundener Form als anorganische Naturkörper, d.h. Mineralien vor. Zur Zeit sind über 2.000 Mineralien bekannt, von denen die meisten aus Silicaten bestehen. Örtlich kann es zur natürlichen Anreicherung nutzbarer Mineralien, Gesteine sowie anderer Elemente im Boden kommen. Kann man diese Anreicherungen wirtschaftlich nutzen,

werden sie als Lagerstätten bezeichnet (vgl. Richter, 1992, S. 15). Man unterscheidet a) flözartige Lagerstätten, durch Sedimentation entstandene Mineralanreicherungen, die sich klar nach oben und unten abgrenzen; b) massige Lagerstätten, die eine große Ausdehnung in horizontaler und vertikaler Ebene besitzen und c) gangartige Lagerstätten, die als Mineralansammlungen in tektonischen Spalten zu sehen sind. Die klastischen Sedimente sind zunächst locker. Zu diesen Lockergesteinen gehören Kies, Sand und Ton, die sich allerdings im Laufe der Zeit verfestigen können. Die ausschlaggebenden Faktoren hierfür sind Zeit, Druck, Temperatur, Entwässerung und chemische Umbildung (vgl. Richter, 1992, S. 109).

Mineralien sind im Allgemeinen homogen und besitzen eine geometrisch-regelmäßige Anordnung in Form eines Kristallgitters. Silicat-Minerale kommen in verschiedenen Strukturen vor. Man unterscheidet den Inselgitter- (Olivin), Kettengitter- (Pyroxen), Bandgitter- (Amphibol), Schichtengitter- (Muscovit, Biotit) und Gerüstgitter-Typ (Quarz, Feldspäte) (vgl. Richter, 1992, S. 21-22; Murawski, 1992, S. 107). Daher kann man für jedes Mineral eine bestimmte Dichte, Schmelztemperatur und chemische Formel angeben.

Die in der Erdkruste am häufigsten vorkommenden Mineralien sind in Abb. 1 angeführt.

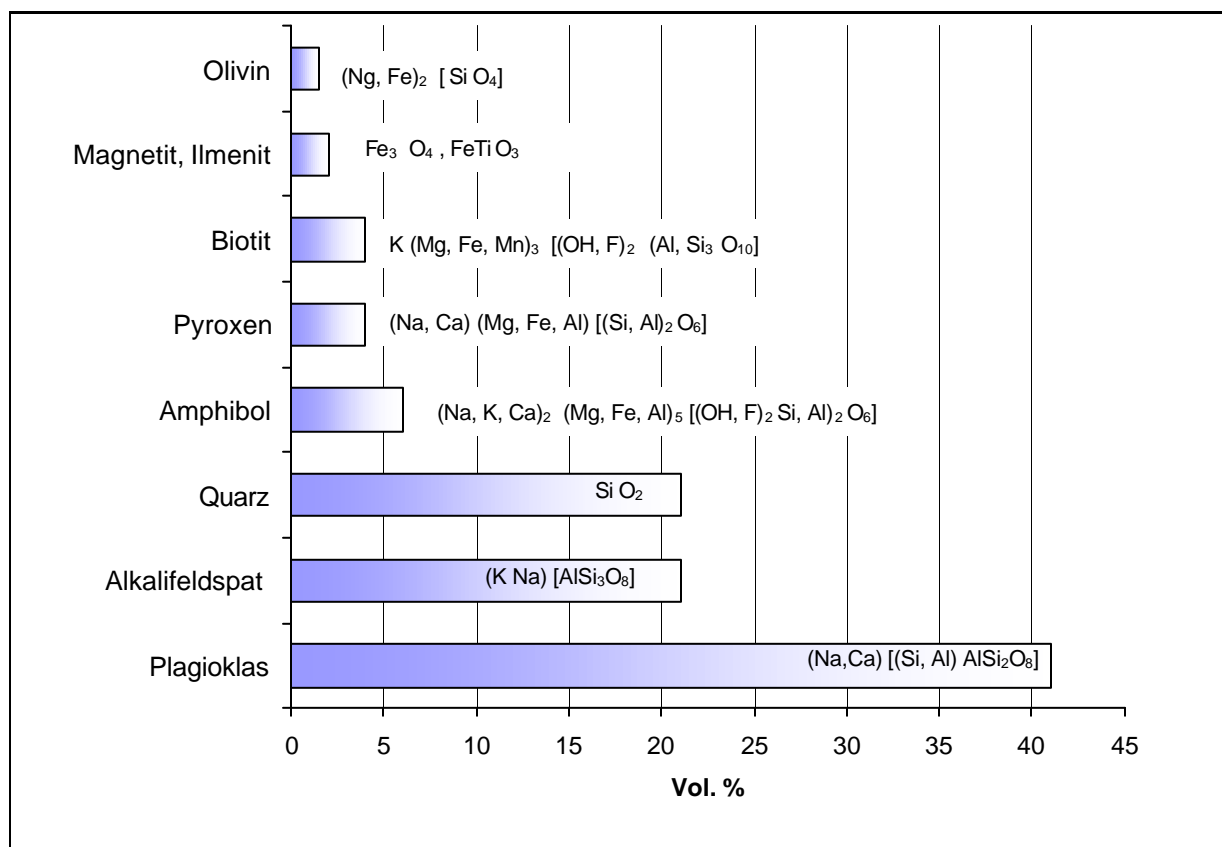


Abb. 1. Die am häufigsten vorkommenden Mineralien der Erdkruste (vgl. Richter, 1992, S. 21).

Weitere Merkmale zur Einordnung eines Minerals sind die physikalischen Eigenschaften Spaltbarkeit, Härte sowie die optischen Merkmale Brechung, Glanz, Farbe und Strich.

Mineralien lassen sich häufig in eine oder mehrere Richtungen spalten. Die Spaltbarkeit verläuft oft parallel zu einer vorhandenen oder möglichen Kristallfläche. Die allgemeine Ritzhärte eines Minerals ist der Widerstand, den es dem Eindringen eines anderen Gegenstandes entgegensetzt, wenngleich auch hier bedacht werden sollte, dass die Ritzhärte auch am gleichen Mineral in verschiedenen Richtungen sehr unterschiedlich sein kann (vgl. Richter, 1992, S. 19).

Mohs (vgl. Richter, 1992, S. 20) stellte eine Härteskala von 1 bis 10 auf (vgl. Tab. 5), um den Grad der relativen Härte eines Minerals angeben zu können. Mit zunehmendem Wert steigt auch der Härtegrad. Der Abstand zwischen den verschiedenen Härtegraden ist allerdings sehr unterschiedlich.

Tab. 5. Härte-Skala nach Mohs (vgl. Richter, 1992, S. 20).

Härte-Grad	Standard-Mineral	Prüfkörper
1	Talk (wasserhaltiges Mg-Silicat)	Stearinkerze
2	Gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ )	Fingernagel
3	Kalkspat ( $\text{CaCO}_3$ )	Kupferdraht
4	Flußspat ( $\text{CaF}_2$ )	Weichmetall-Münze
5	Apatit [ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 (\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})$ ]	Taschenmesser
6	Feldspat ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ )	Fensterglas
7	Quarz ( $\text{SiO}_2$ )	
8	Topas [ $\text{Al}_2(\text{F}_2, \text{SiO}_4)$ ]	
9	Korund ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	
10	Diamant (C)	

Sand gehört zu den klastischen Sedimenten, mit denen bindige und aus runden Körnern zusammengesetzte Böden bezeichnet werden. Das physikalische Verhalten dieser Böden wird durch die Reibung der Einzelkörner bestimmt. Die Körner der bindigen Böden sind allerdings so klein, dass die Eigenschaften im Wesentlichen durch die Oberflächenkräfte zwischen den Körnern bzw. zwischen dem Feststoff und dem vorhandenen Wasser bestimmt werden. Das physikalische Verhalten beruht in dieser Gruppe auf Kohäsion.

Oberfläche und Korngröße hängen unmittelbar zusammen. Mit kleiner werdendem Korndurchmesser und bei gleichbleibender Menge Boden (hier 1 g) nimmt die Anzahl der Körner zu und somit wird die Oberfläche größer.

Tab. 6. Spezifische Oberfläche von Sand und Schluff (vgl. TU Berlin, 2002, S. 1).

Boden	Korngröße	Oberfläche
1 g Sand	d = 0,06 – 2,0 mm	50 cm <sup>2</sup>
1 g Schluff	d = 0,002 – 0,006 mm	500 cm <sup>2</sup>

### **3.1.1 Sand**

Sand lässt sich unverfestigt oder als leicht verfestigtes Trümmergestein geologisch als Lockergestein einordnen. Er kann aus verschiedenen Mineralien bestehen und entsteht aus der mechanischen Zerstörung (z.B. Verwitterung) anderer Gesteine. Eine Klassifizierung erfolgt nach chemischer Zusammensetzung, physikalischen Eigenschaften sowie optischen Merkmalen.

#### **3.1.1.1 Chemische Zusammensetzung**

Die chemische Zusammensetzung des in der Broschüre Beach-Sportanalgen (BISp, 2001) angeführten Beach-Sandes orientiert sich an den Vorgaben der DIN V 18035-7: 2002-07 (vgl. DIN, 2002b). Die dort angegebenen Werte der Zusammensetzung des Sandes beziehen sich jedoch nicht speziell auf Beach-Sand, sondern auf Sand als mineralisches Füllmaterial für Kunststoffrasenbeläge bzw. Kunststoffrasensysteme (vgl. Tab. 2).

Die Sandwerke liefern spezielle Beach-Sande mit einem  $\text{SiO}_2$ -Gehalt von über 99 Prozent. Durch Aufbereitung der Sande werden abschlämmbare Teile deutlich reduziert und organische Bestandteile, Kalk, Feldspat oder Lehm sind nicht vorhanden. Dadurch werden Verfestigungen verhindert und eine schnelle Entwässerung und eine geringe Staubentwicklung gewährleistet.

#### **3.1.1.2 Korngröße und Kornverteilung**

Wichtige Gesichtspunkte für die Akzeptanz des Sandes sind unter anderem die Korngröße und die Kornverteilung. Als Faustregel gilt hier: je gröber die Sandkörner, desto unangenehmer das Spielen auf dem hieraus bestehenden Untergrund. Die Korngröße des Sandes lässt sich anhand des Durchmessers bestimmen. Der Sand gehört zum Grobkornbereich und umfasst Grob-, Mittel- und Feinsand. Vervollständigt wird das Spektrum der Lockergesteine (vgl. Tab. 7) im Grobkornbereich durch Blöcke, Steine und Kies, im Feinkornbereich durch Schluff und Ton (vgl. Steuer & Stier, 1999).

Tab. 7. Einteilung des Lockergesteins (vgl. DIN, 2002c, S. 177; TUM – Zentrum Geotechnik, 2003).

Bereich/Benennung		Kurzzeichen	Korngrößenbereich mm	Entsprechung (optisch)
Grobkornbereich (Siebkorn)	Blöcke	Y	über 200	Kopfgröße
	Steine	X	über 63 bis 200	> als ein Hühnerei
	Kieskorn	G	über 2 bis 63	Hühnerei Haselnuss Erbsen
	Grobkies	gG	über 20 bis 63	
	Mittelkies	mG	über 6,3 bis 20	
	Feinkies	fG	über 2,0 bis 6,3	
	Sandkorn	S	über 0,06 bis 2,0	Grieß (Salz/Zucker)
Grobsand	gS	über 0,6 bis 2,0		
Mittelsand	mS	über 0,2 bis 0,6		
Feinsand	fS	über 0,06 bis 0,2		
Feinkornbereich (Schlammkorn)	Schluffkorn	U	über 0,002 bis 0,06	(Mehl) wenig plastisch
	Grobschluff	gU	über 0,02 bis 0,06	
	Mittelschluff	mU	über 0,006 bis 0,02	
	Feinschluff	fU	über 0,002 bis 0,006	
	Tonkorn (Feinstes)	T	unter 0,002	

Durch Wind und Wasser oder auch durch Gletscher kommt es zu einer Kornsortierung nach Größe und Dichte. Ein schlechtsortiertes Kornspektrum deutet auf schnelle Sedimentation und geringe Aufbereitung hin. Dagegen lässt ein gut sortiertes kleines Kornspektrum auf eine starke Aufbereitung schließen (Fluss-, See- und Wüstensedimente).

Die hier interessierende Gruppe sind die Psammite<sup>1</sup>, die sich aus Sand (2,0 - 0,063 mm) und Grobschluff (0,063 – 0,02 mm) zusammensetzen. In verfestigter Form bilden sie Sandstein, Grauwacken und Arkosen. Sandstein besteht meistens aus verkitteten Quarzkörnern, kann aber aus Feldspäten, Glimmer, anderen Silicaten oder Schwermetallen bestehen. Grauwacken besitzen eine dunkel-graugrüne Färbung und sind meistens feldspalthaltig. Arkosen sind mit einem Anteil von mehr als 25 Prozent sehr feldspalthaltig und hellgrau bis rötlich gefärbt. Als Quarzsandstein werden Sandsteine mit einem Quarzanteil über 90 Prozent bezeichnet. Je nach Zusammensetzung können Sandsteine eine unterschiedliche Färbung besitzen.

Der Vollständigkeit halber werden hier kurz auch die Gruppen Psephite<sup>2</sup> und Pelite<sup>3</sup> genannt.

Die Pelite umfassen Anteile von Mittel- und Feinschluff sowie Ton und damit den Kornbereich von 0,02 mm abwärts. Dabei stellen die Ton-Gesteine prozentual die größte Gruppe der Sedimente dar. Sie setzen sich aus Tonmineralien, die durch fließendes Wasser transportiert werden, wie z.B. dem Kaolin zusammen. Kaolin  $Al_2[(OH)_4/Si_2O_5]$  ist das bedeutendste und am weitesten verbreitete Tonmineral. Es entsteht aus feldspatreichem Ausgangsgestein wie Sandstein und besteht zum Großteil aus Kaolinit (vgl. Matthes, 1983, S. 136-137 und S. 262-263). Die primären

<sup>1</sup> Psammite von griech. „psammos“ = Sand (vgl. Matthes, 1983, S. 271).

<sup>2</sup> Psephite von griech. „psephos“ = Brocken (vgl. Matthes, 1983, S. 271).

<sup>3</sup> Pelite von griech. „pelos“ = Schlamm (vgl. Matthes, 1983, S. 271).

Kaolinite besitzen eine Plättchenstruktur mit hexagonaler Kristallform. Reiner Kaolin ist schneeweiß, bei Vermischungen mit den Ausgangsgesteinen wird er als Rohkaolin oder Kaolinsand bezeichnet und besitzt eine graugelbliche Farbe. Rohkaolin kommt so gut wie nie zum Einsatz, sondern wird durch Schlämmungsprozesse von störenden Komponenten befreit, so zum Beispiel auch von Quarz (vgl. Kremer Pigmente, 2003; Weber, 2004).

Psephite umfassen den Korngrößenbereich von 2 mm (Feinkies) bis 63 mm (Grobkies), von 63 mm bis 200 mm (Steine) und größer 200 mm (Blöcke).

Die Korngröße wird mit Hilfe einer Korngrößen-Verteilungskurve (Körnungslinie) dargestellt (vgl. Abb. 2). Es handelt sich bei dieser um eine Summenlinie und nicht, wie der Name es nahe legt, im mathematischen Sinne um eine Verteilung. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung ist in DIN 18123: 1996-11 festgelegt (vgl. DIN, 2002d). Die Körnungslinie gibt die Massenanteile der vorhandenen Körnungsgruppen in einem Boden an. Die Massenanteile ergeben sich aus Siebung (Korngröße > 0,063 mm), Sedimentation (Korngröße < 0,125 mm) oder aus einer Kombination der beiden Verfahren (gleichzeitiges Vorkommen einer bedeutenden Menge von Körnern unter und über 0,063 mm).

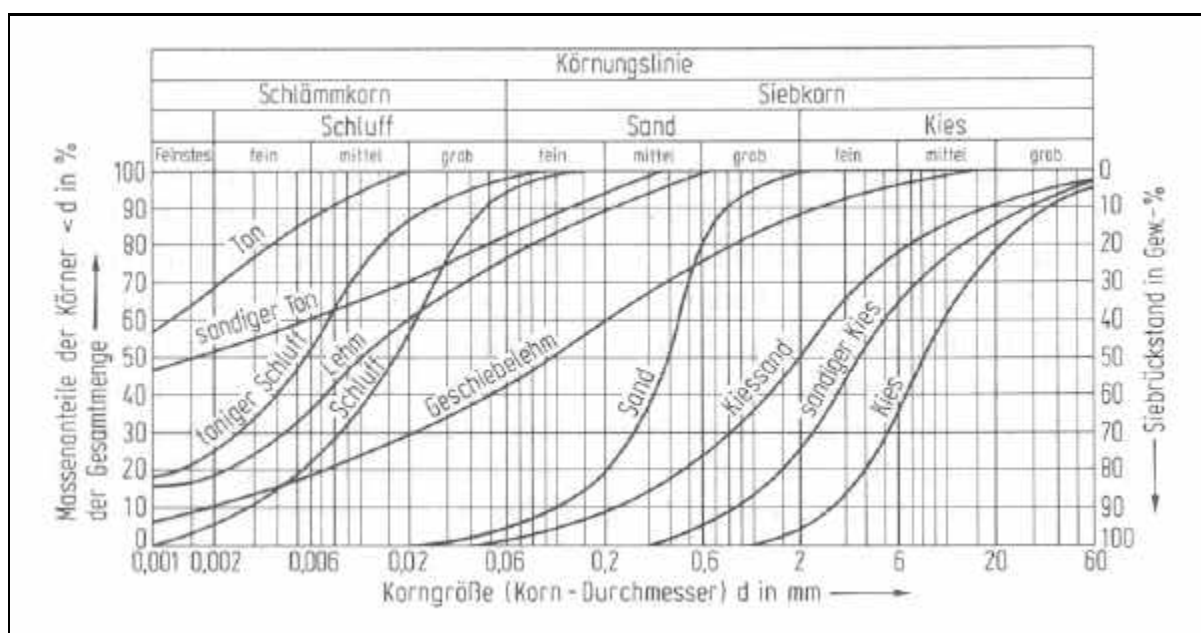


Abb. 2. Körnungslinien der wichtigsten klastischen Sedimente (vgl. Richter, 1992, S. 118).

Die Probemenge des zu untersuchenden Bodens richtet sich nach der Größe des geschätzten Größenkorns. Bei einem geschätzten Größenkorn von 2 mm beträgt die Probemenge mindestens 150 g, bei einem Größenkorn von 5 mm mindestens 300 g (vgl. DIN 18123, S. 397-398). Bei diesem Verfahren werden die Rückstände einer Bodenprobe nach mehreren Durchgängen mit unterschiedlichen Siebgrößen (Siebverfahren) bzw. nach Schlämmprozessen (Sedimentationsverfahren) gemessen und graphisch auf einfach logarithmischem Papier dargestellt. Auf der Abszisse ist die Korngröße ( $d$ ) in mm, auf der Ordinate sind die Massenanteile ( $< d$ ) in Prozent der Gesamtmenge dargestellt (vgl. DIN 18123, S. 404). Dabei wird ein dekadisch-halblogarithmischer Maßstab gewählt, so dass die Abstände der Korngrößen 0,002,

0,02, 0,2, 2 und 20 mm gleich sind. Halbiert man diese Abstände noch einmal, erhält man eine Skala von 0,02 bis 0,063, von 0,2 bis 0,63 mm usw. und deckt somit alle Einteilungswerte von > 63 mm (Stein) bis zu < 0,002 mm (Ton) ab.

Der zu beachtende Korngrößenbereich für den Beach-Sand ist einzugrenzen auf die Werte zwischen 0,063 und 2,0 mm, wobei die zu empfehlende Korngröße für das „High-Tech-Gerät“ Sand im Leistungsbereich mit über 90% der Massenanteile innerhalb des Spektrums von 0,1 bis 1,0 mm zu vermuten ist. Feinstaub, bestehend aus einer Staubfraktion, die im Durchschnitt kleiner als 4,5 Mikrometer [ $\mu\text{m}$ ] ist, sollte möglichst ausgeschlossen sein. Der Quarzgehalt im ggf. minimal vorhandenen Staubanteil sollte gering gehalten werden (vgl. Deutscher Städtetag, 1999, S. 20; Steuer & Stier 1999, S. 115). Ergebnisse hinsichtlich hygienischer Aspekte und zu Belastungen durch Partikelkonzentrationen in der Luft liefert die Untersuchung, die von Dott und Müller im „F & E Projekt `Sportboden Sand – Analyse multifunktionaler Sandanlagen““ durchgeführt wurde (vgl. Dott & Müller, 2003).

Als Beispiel für die Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung dient ein Quarzsand, dessen Siebergebnisse (Trockensiebung) in Anlehnung an eine Körnungslinie, jedoch ohne dekadisch-halblogarithmischen Maßstab in Abb. 3 dargestellt sind.

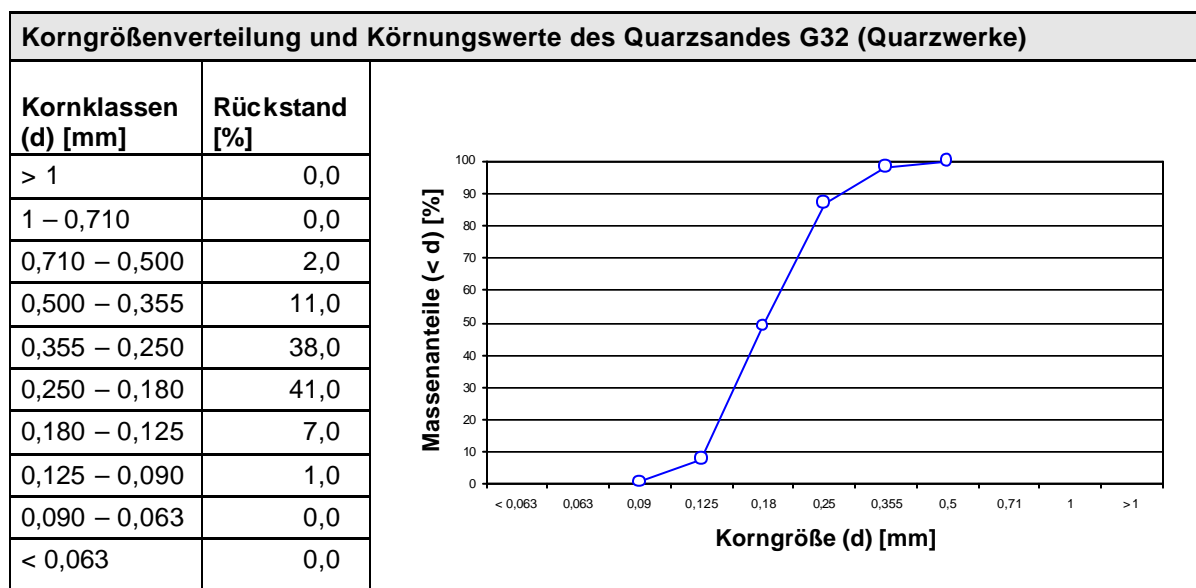


Abb. 3. Ergebnisse der Trockensiebung eines Quarzsandes (vgl. Quarzwerke, o.J.).

Die Summe der Rückstände nach den Siebdurchgängen wird als Massenanteil mit jeweils einem Symbol in das Koordinatensystem eingetragen (vgl. DIN, 2002d, S. 404). Bei dieser Körnungslinie wird die Kornverteilung des Sandes als Summenkurve dargestellt, die sich aus den Massenanteilen der einzelnen Körnungsgruppen in Prozent zusammensetzt. Anhand dieser Körnungslinie können verschiedene Kenngrößen abgeleitet werden. Je steiler die Körnungslinie ist, desto gleichförmiger ist der Sand, d.h. man kann beispielsweise inhomogene Sande (flache Körnungslinie) von homogenen (steile Körnungslinie) unterscheiden (vgl. Steuer & Stier 1999, S. 116).

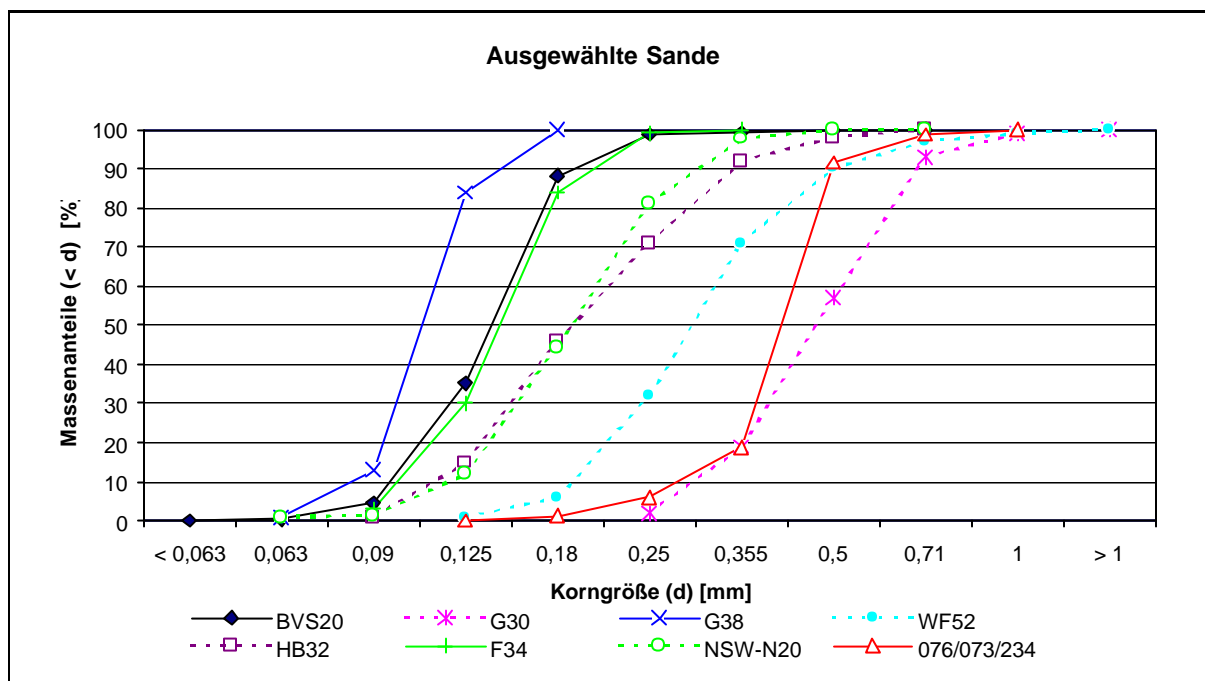


Abb. 4. Vereinfachte Darstellung von Körnungslinien/Sieblinien. (vgl. Nivelsteiner Sandwerke, 1999a; Quarzwerke, 2004; Steidle, 2002; Strobel, 2002).

Das zuvor Ausgeführte gilt auch für eine Kornverteilungskurve, die das engere Spektrum der Körnung von ca. 0,1 bis 1,0 umfasst. Relativ homogene Quarzsande erscheinen in solchen Darstellungen als „Spitzen“ und eher inhomogene Quarzsande sind flacher und flächiger abgebildet (vgl. Abb. 5).

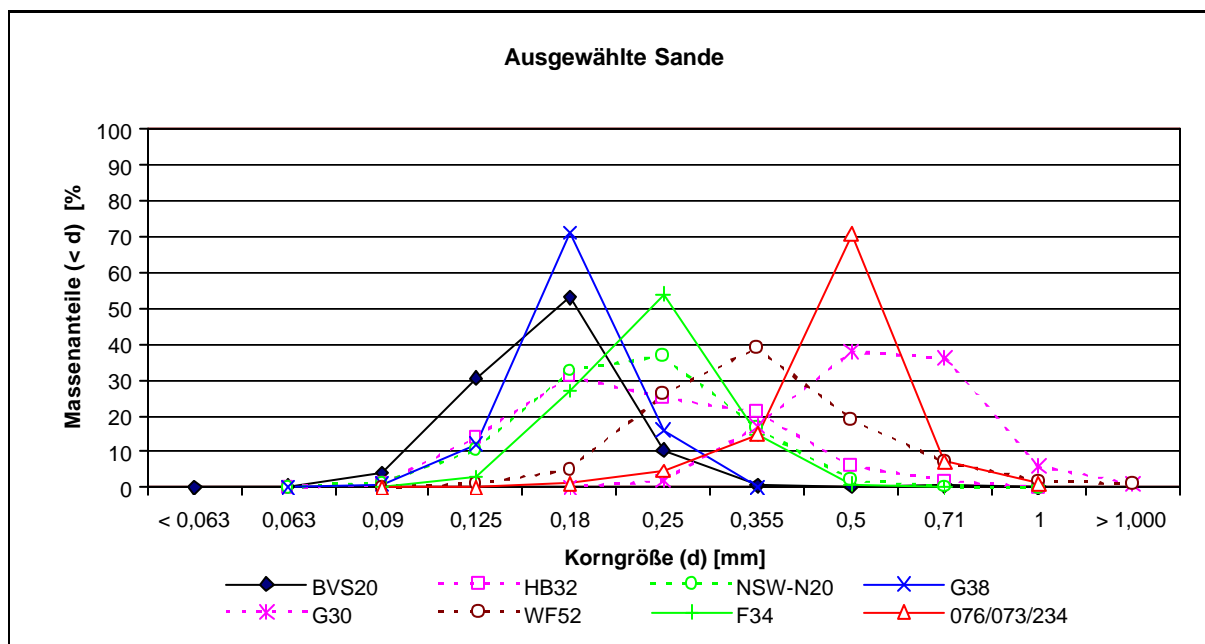


Abb. 5. Kornverteilungskurve ausgewählter homogener und inhomogener Quarzsande.

Für Outdoor- und Indooranlagen gibt es unterschiedliche Empfehlungen hinsichtlich der Korngrößenverteilung. Das BISp empfiehlt für den Spielsand von Outdoor-

anlagen Korngrößen von 0 bis 2 mm<sup>4</sup>, für Indoor-Anlagen eine Körnung von 0,25 bis 1,25 mm. Der DVV gibt eine Körnung von 0,2 bis 0,3 mm oder feiner an (vgl. DVV, 2001, S. 97-99). Eine weitere prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Korngrößen für Beach-Sand wird vom FIVB angeführt (vgl. Tab. 8). Bemerkenswert ist, dass für den Spielsand eine Spannweite der Körnung von 2-1 mm, über groben Sand (1 – 0,5 mm), Mittelsand (0,5 – 0,25 mm) – hier mit Spitzenwerten der Massenanteile – auch feiner Sand (0,25 – 0,15 mm), sehr feiner Sand (0,15 – 0,05 mm) und sogar Schwemmsand (< 0,05) angegeben wird.

Tab 8. Korngrößenverteilung des FIVB Spielsandes (vgl. FIVB, 2000).

Sand	Siebrückstand in Prozent
Feiner Kies (2 mm)	0
Sand (1 – 2 mm)	0 – 6
Grober Sand (0,5 – 1 mm) Mittelsand (0,25 – 0,5 mm)	mind. 80 max. 92
Feiner Sand (0,15 – 0,25 mm)	7 – 18
Sehr feiner Sand (0,05 – 0,15 mm)	max. 2
Schwemmsand und Lehm (< 0,05 mm)	max. 0,15

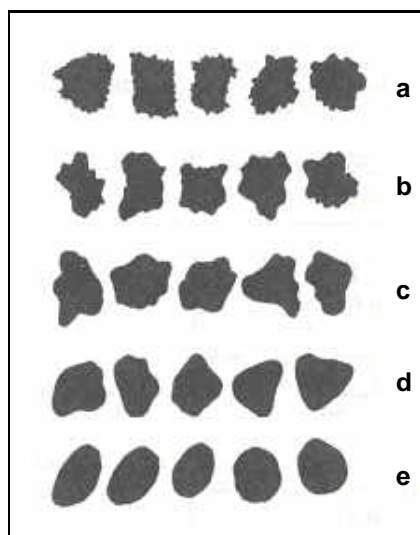
### 3.1.1.3 Kornform

Sand kann man auch nach der unterschiedlichen Kornform auswählen, wobei das Spektrum von rund bis splittrig reicht. Der Rundungsgrad und die Korngestalt sind von der Verwitterungsresistenz der Minerale (Zusammensetzung des Ausgangsgesteins), der Transportbeanspruchung und der Distanz zum Liefergebiet abhängig. Mit zunehmender Reife eines klastischen Gesteins nimmt der Rundungsgrad der Körner zu (vgl. Universität Bonn, 2003, S. 8). Kleine runde Sandkörner weisen auf eine chemische Verwitterung in situ, d.h. an Ort und Stelle hin. Kantengerundete Körner zeigen einen vorangegangenen Transport der Körner mit Abrieb von Material an. Durch die verschiedenen Kornformen werden die biomechanischen Eigenschaften des Sportbodens bestimmt. Je runder das Sandkorn, desto besser ist der so genannte „Rolleffekt“ des Sandbodens, der seine Lockerheit unterstützt und eine Verdichtungsgefahr reduziert (vgl. AKW, 2003). Dadurch wird das Spielen auf dem Sandboden für die Sportler kräftezehrender. Eine eckige Kornform führt zu einer stärkeren Verdichtung des Sandes, der Sportler sinkt nicht mehr so tief ein (vgl. Steuer & Stier, 1999, S. 115). Welche Auswirkungen diese Aspekte auf die „Muldenbildung“, d.h. die Vertiefungen an den Absprungstellen am Netz besitzen, wurde bisher noch nicht untersucht.

Durch die kantige Kornoberfläche kann es zu Hautabschürfungen an den Gelenkpartien, Fußsohlen und im Zehenbereich kommen (vgl. AKW, 2003). Sand, der aus eckigen Körnern besteht, lässt sich mit Wasser gut verfestigen und sogar hoch auftürmen. Aufgrund dieser Eigenschaften wird er z.B. zum „Backen“ auf Spielplätzen und auch zum Bau von großen Sandskulpturen verwendet.

<sup>4</sup> Bedenklich ist, dass bei einer Spanne der Korngröße von 0 bis 2 mm auch kleinste, alveolengängige Staubfraktionen (ca. < 4,5 µm) im Spielsand erlaubt sind.

Nach Russel und Taylor kann man die äußere Gestalt von Körnern (hier Psephite, also Brocken wie Feinkies 2 mm bis Grobkies 63 mm) nach Augenmaß in fünf Klassen unterteilen (vgl. Richter, 1992, S. 120). Die kleineren Körner (Psammite, d.h. Sand und zum Teil auch noch Pelite, d.h. Schlamm) können nur anhand einer Aufnahme durch ein Rasterelektronenmikroskop (vgl. Abb. 7 und 8) klassifiziert werden.



#### Legende

- a = vollständig ungerundet, scharfkantig (angular),
- b = schlecht gerundet, kanten-gerundet (subangular),
- c = mittelmäßig gerundet (angerrundet),
- d = gut gerundet (gerundet),
- e = vollkommen rund

Abb. 6. Kornrundungsgrad (vgl. Richter, 1992, S. 120).

Für den Sportboden „Sand“ werden daher gerundete bis kugelförmige Körner empfohlen (BISp, 2001, S. 31). Zur Identifikation resp. zur Überprüfung von Sanden würde sich auch in diesem Falle ein Sandkataster empfehlen, das zusätzlich zu den diversen Daten von Sanden eine mittels Rasterelektronenmikroskop erstellte Aufnahme der Körner enthalten sollte.



Abb. 7. Rundes Korn (vgl. AKW, 2003).



Abb. 8. Gebrochenes Korn (vgl. AKW, 2003).

#### 3.1.1.4 Kornfarbe

Die Farbe eines Kornes zeigt an, aus welchem Gestein es hervorgegangen ist. So sind z.B. Quarzsande, die aus Sandsteinen entstanden sind, im Allgemeinen sehr hell, eine rötliche Färbung kann durch Reste oxidierter Mineralien des Ausgangsgesteins bedingt sein.

Ein wichtiges Kriterium bei der Farbwahl für einen Beach-Sand ist der Temperaturaspekt. Die Temperatur eines Sandes ergibt sich aus der Bilanz von Ein- und Rückstrahlung (Reflexionsgrad). Bei hellen Böden ist die Rückstrahlung sehr hoch, dunkle Sande haben dagegen eine hohe Wärmespeicherung. Helle Sande sind zudem positiv besetzt und „erhellen“ die gesamte Beach-Anlage.

Die Sandfarbe kann in Form von Y-Werten angegeben werden. Je dunkler der Sand,

desto geringer ist der Y-Wert (vgl. Steuer & Stier, 1999, S. 116). Eine weitere handelsübliche Angabe des Farbwertes existiert in Form von L\*-Angaben. Eine Angabe von L\*= 75,1 entspricht der Farbe beige, L\*= 77,1 der Farbe hellgrau (vgl. Strobel, 2002a und b).

Durch besondere Verfahren der Beimengung können auch farbige Quarzsande in verschiedenen Körnungen und Qualitäten vom feinsten Sand (Korngröße 0,4 mm) bis hin zum groben Split der Körnung 3-5 mm erstellt werden (vgl. Bluhm Systeme, 2004).

### 3.1.1.5 Wasserspeicherfähigkeit und organische Bestandteile

Die Wasserspeicherfähigkeit von Sanden ist sehr unterschiedlich, da sie vom Porenvolumen des Sandes und von der Menge der organischen Bestandteile abhängt. Je höher der Anteil an organischem Material im Sand ist, desto mehr Wasser kann gespeichert werden (vgl. Tab. 9).

Weiterhin wird der Sand in Feuchtsande (Feuchtgehalt max. 6 %) und mechanisch aufbereitete Trockensande (Feuchtgehalt < 0,1 %) unterteilt. Je mehr organische Bestandteile vorhanden sind, desto höher ist der Glühverlust. Die Menge an organischen Bestandteilen im Sand wird als TOC-Gehalt (total organic carbon) angegeben (vgl. Steuer & Stier, 1999, S. 116).

Tab. 9. Wasserspeicherfähigkeit verschiedener Sande und Sedimente (vgl. Steuer & Stier, 1999, S. 116).

Sand/Sediment	Wasserspeicherfähigkeit
Mittelsand	120 l Wasser pro m <sup>3</sup>
Feinsand	225 l Wasser pro m <sup>3</sup>
Lehm	355 l Wasser pro m <sup>3</sup>
Ton	420 l Wasser pro m <sup>3</sup>

### 3.1.1.6 Spektrum von Quarzsanden

Wie aufgezeigt wurde, stellt die Körnungslinie ein wichtiges Kriterium für die Wahl eines geeigneten Beach-Sandes dar. In den nachfolgenden Abbildungen sind die Körnungslinien verschiedener handelsüblicher Quarzsande in vereinfachter Darstellung eingetragen worden, um das Spektrum von Quarzsanden aufzuzeigen.

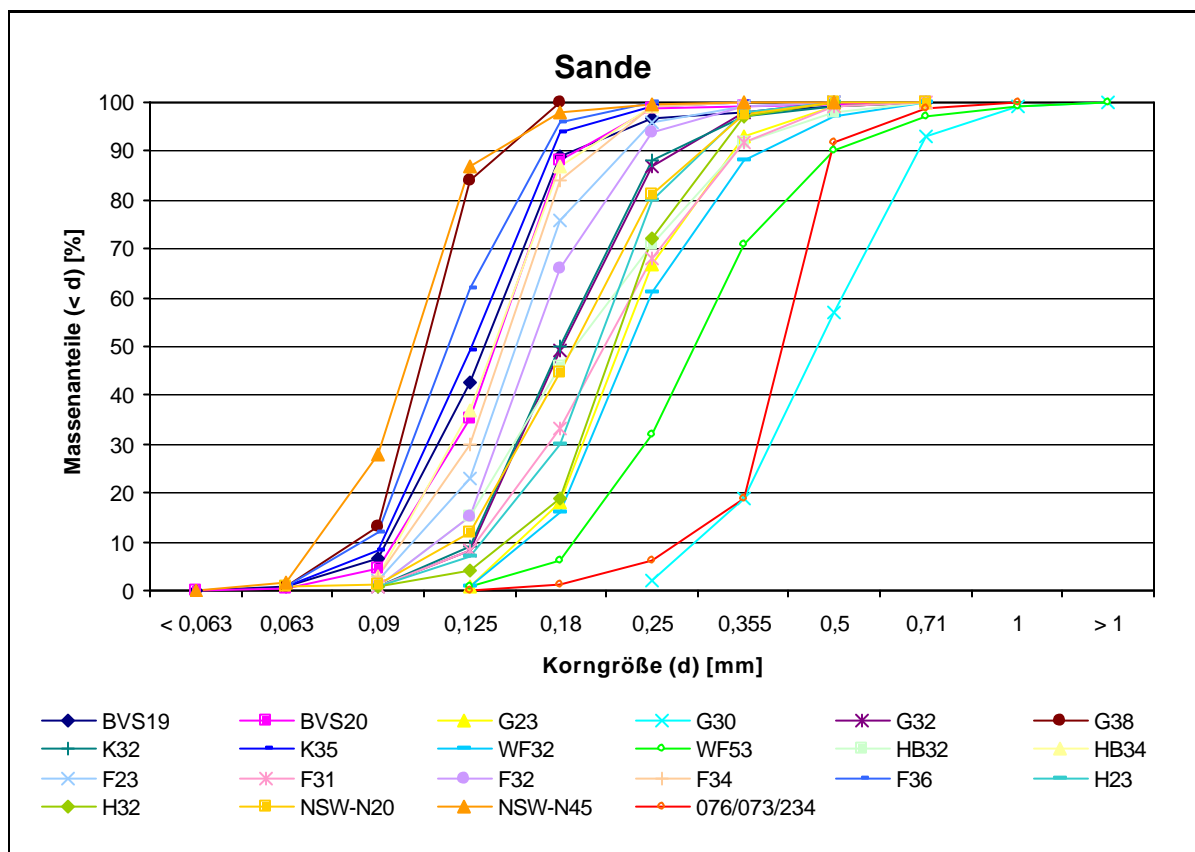


Abb. 9. Quarzsande verschiedener Anbieter. (vgl. Nivelsteiner Sandwerke, 1999a und 1999b; Quarzwerke, 2004; Quarzwerke, o.J.; Steidle, 2002; Strobel, 2002).

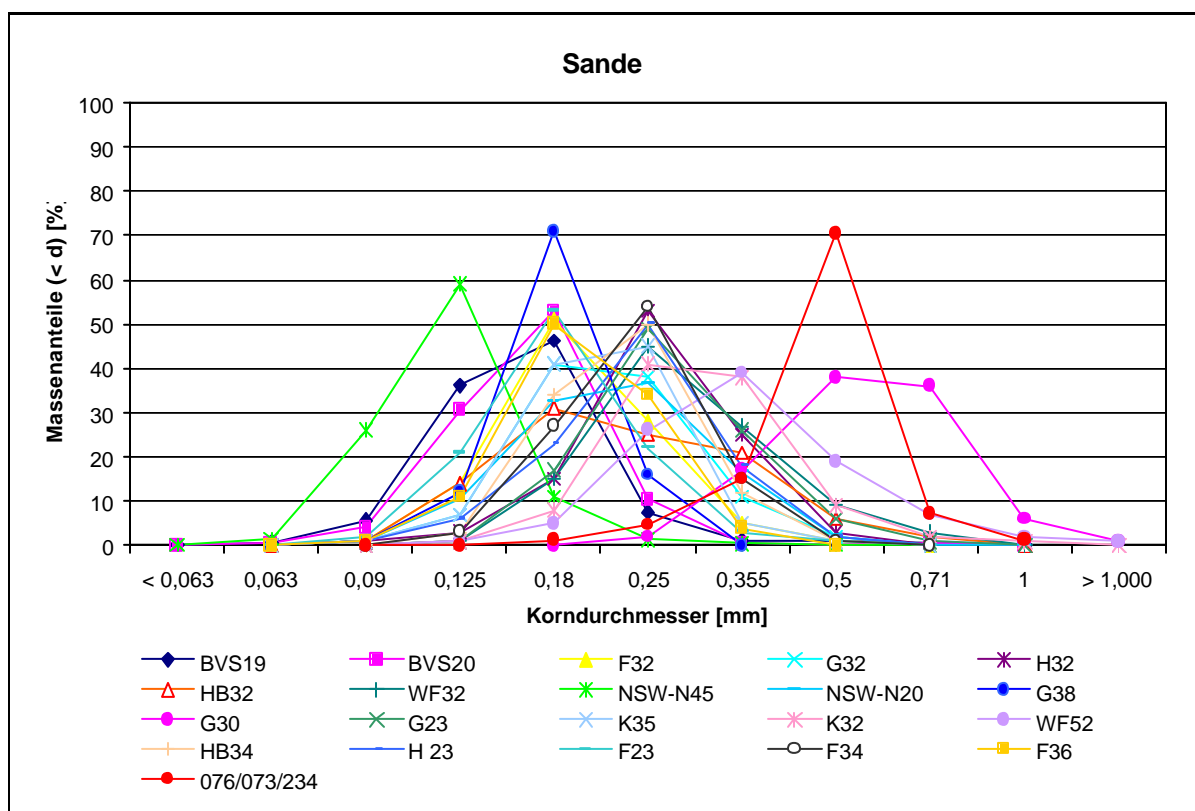



Abb. 10. Spektrum verschiedener Kornverteilungskurven von Quarzsanden.

#### 4 Ausblick

Das bisher Ausgeführte macht sehr deutlich, dass es im Grunde nicht um die Frage geht, ob Beach-Sand als „High-Tech-Sportgerät“ zu sehen ist oder als optimales Baumaterial für die Erstellung einer Beach-Sportanlage, sondern darum, dass der Themenbereich „Beach-Sport“ insgesamt zu betrachten ist und eine Norm für diesen Bereich erforderlich wird.


Die Erstellung multifunktionaler Beach-Sportanlagen bedingt einerseits Vorgaben zur Planung und Gestaltung der Beach-Sportanlagen im Bereich des Leistungssport und/oder des Freizeitsports sowie zum anderen die Entwicklung entsprechend nutzbarer Sportgeräte, die eine vielgestaltige Nutzung von Beach-Sportflächen erst ermöglichen. Der vorliegende Text verdeutlicht zudem, inwieweit eine differenziertere Betrachtung des Themas Sand auch im Hinblick auf die Spannweite von Hochleistungssport bis Freizeitsport erforderlich ist. Für eine olympische Sportart wie Beach-Volleyball sind für Wettkampf und Training jeweils die besten Rahmenbedingungen zu schaffen. Diese können jedoch erst dann benannt werden, wenn entsprechende Erkenntnisse zu den Bereichen Bau, Sportboden Sand, Geräteausstattung, Kosten u. a. vorliegen (vgl. Tab. 10 und 11). Besonders im Bereich Beach-Sand beschreitet der Materialprüfungsausschuss (MPA) des Deutschen Volleyball-Verbandes (DVV) seit Anfang 2004 einen innovativen Weg, indem er die Erstellung eines „Sandkatasters“ intendiert. Hier sollen Eigenschaften verschiedener (Quarz)Sande erfasst werden, damit auf Anfragen beim Verband kompetente Antworten im Bereich Beach-Sport gegeben werden können.

Tab. 10. Menge und Kosten von Quarzsand in Abhängigkeit zur Spielfeldgröße (ZAK GmbH, 2004).

	Spielfeldgröße				
	15 x 23 16 x 8 + 3,5	18 x 26 16 x 8 + 5	16 x 25 18 x 9 + 3,5	19 x 28 18 x 9 + 5	30 x 45
Gesamtfläche (m) Spielfeld + Freiraum je Seite					
Fläche (m <sup>2</sup> )	345	468	400	532	1350
Rauminhalt (m <sup>3</sup> ) [Höhe = 0,40 cm]	138	187	160	213	540
Sandmenge in Tonnen (t)	207	281	240	320	810
	Kosten in €				
Feuchtsande (Feuchtgehalt max. 6%) ca. 11 bis 13 €	2.700	3.700	3.200	4.200	10.600
Trockensande (Feuchtgehalt < 0,1 %) ca. 18 bis 21 € (ggf. auch bis zu 30 €)	4.400	5.900	5.100	6.800	17.000
Transportkosten	- können die Kosten des Sandes übersteigen!				

\* bitte regionale Unterschiede beachten

Tab. 11. Kosten (ca. Werte in €) von Quarzsand im Vergleich zu anderen Sportbodenaufbauten bezogen auf 15 Jahre (ZAK GmbH, 2004).

Kosten	Naturrasen	Tennenbelag	Kunststoffrasen		Sand
			unverfüllt	verfüllt	
<b>Bau (€) gesamt</b>					
bei 1.350 m <sup>2</sup> (30 x 45 m)	33.100	36.000	104.000	83.700	33.800
bei 1 m <sup>2</sup>	24,5	26,5	77	62	25
<b>Deckenerneuerung (€) (ggf. nach 12-15 Jahren)</b>					
bei 1.350 m <sup>2</sup> (30 x 45 m)	9.300	11.000	45.500	28.200	10.800
bei 1 m <sup>2</sup>	7	8	34	21	8
<b>Pflege (€)</b>					
bei 1.350 m <sup>2</sup> /Jahr	5.300	3.400	700	1.750	2.250*
bei 1 m <sup>2</sup> /Jahr	3,90	2,50	0,51	1,28	1,66*
<b>Betrieb n. 15 Jahren</b>					
bei 1.350 m <sup>2</sup>	121.500	97.200	160.600	137.700	78.300
bei 1 m <sup>2</sup>	90	72	119	102	58
<b>Nutzung/Kosten</b>					
Stunden/Woche (Ø)	22	40	40	40	35
Stunden/Jahr (Ø)	1140	2080	2080	2080	1820
Stunden n. 15 Jahren	17.100	31.200	31.200	31.200	27.300
Kosten n. 15 Jahren (Ø) pro Spielstunde bei 1.350 m <sup>2</sup> (30 x45 m)	7,1	3,1	5,1	4,4	2,9
*) Geschätzte Kosten (entsprechen 2/3 der Kosten von Tennenbelägen!)					

## Literatur

- Amberger Kaolinwerke (AKW). (2003). *Vorteile durch das relativ runde Korn*. Zugriff am 25. Juli 2003 unter <http://www.beachsand.org/produktinformation/detailkornform.htm> Detail Kornform.
- Bluhm Systeme. (2004). *Etikettierung von Quarzsandsäcken mit Etikettendruckspender-System LegiAir*. Zugriff am 19. April 2004 unter <http://www.bluhmsysteme.com/akw.htm>.
- Breuer, G. (1994). Beach-Volleyball-Anlagen. *sportstättenbau und bäderanlagen*. 28 (5), 396-399.
- Breuer, G. (1995). Beach-Volleyball-Anlagen. *Schule & Sportstätte*. 30 (2), 17-20.
- Breuer, G. (1996). Beach-Volleyball-Anlagen. *sportstättenbau und bäderanlagen*. 30 (3), 157-160.
- Breuer, G. (1998). *Planungsempfehlungen für den Bau von Beach-Volleyball-Anlagen*. Köln: sb 67.
- Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) (Hrsg.). (2001). *Planung und Bau von Beach-Sportanlagen. Orientierungshilfe*. (Schriftenreihe Sportanlagen und Sportgeräte, P1/01). Bonn.
- Deutscher Basketball Bund e.V. (DBB) (Hrsg.). (1996). *Beachbasketball-Tour 1996*. Hagen.
- Deutscher Basketball Bund e.V. (DBB) (Hrsg.). (1997). *Beach '97 Basketball*. Hagen.
- Deutscher Basketball Bund e.V. (DBB) (Hrsg.). (1998). *Infolyer Beach-Basketball 98*. Hagen.
- Deutscher Beach-Socccerverband (DBSV). (2003). *Spielstätten. Indoor Beach-Soccer*. Zugriff am 08. Juli 2003 unter <http://www.beachsoccer-germany.de>.
- Deutscher Beach-Socccerverband (DBSV). (2003). *Spielstätten. Outdoor Beach-Soccer*. Zugriff am 08. Juli 2003 unter <http://www.beachsoccer-germany.de>.
- Deutscher Fußball Bund (DFB) (Hrsg.). (1998). *Beach Soccer. (Faszination Fußball)*. Frankfurt.
- Deutsche Industrienorm (DIN EN 1177: 1997-11) (1998). Stoßdämpfende Spielplatzböden – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren. In DIN (Hrsg.), *DIN-Taschenbuch 105. Kinderspielgeräte. Normen, Gerätesicherheitsgesetz* (4. Aufl.), (S. 187-200). Berlin: Beuth.
- Deutsche Industrienorm (DIN E 18035-7: 2000-08) (2000). *Sportplätze. Teil 7: Kunststoffrasenflächen*. (S. 16). Berlin: Beuth.
- Deutsche Industrienorm (DIN 18034: 1999-12) (2002a). Spielplätze und Freiräume zum Spielen - Anforderungen und Hinweise für die Planung und den Betrieb. In DIN (Hrsg.), *DIN-Taschenbuch 134. Sporthallen, Sportplätze, Spielplätze. Normen* (6. Aufl.), (S. 105-109). Berlin: Beuth.
- Deutsche Industrienorm (DIN V 18035-7: 2002-07) (2002b). Sportplätze. Teil 7: Kunststoffrasenflächen. In DIN (Hrsg.), *DIN-Taschenbuch 134. Sporthallen, Sportplätze, Spielplätze. Normen* (6. Aufl.), (S. 213-248). Berlin: Beuth.
- Deutsche Industrienorm (DIN 4022-1: 1987-09) (2002c). Baugrund und Grundwasser. Benennen und Beschreiben von Boden und Fels. Teil 1: Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels. In DIN (Hrsg.), *DIN-Taschenbuch 113. Erkundung und Untersuchung des Baugrunds. Normen* (8. Aufl.), (S. 173-191). Berlin: Beuth.
- Deutsche Industrienorm (DIN 18123: 1996-11) (2002d). Baugrund. Untersuchung von Bodenproben. Bestimmung der Korngrößenverteilung. In DIN (Hrsg.), *DIN-Taschenbuch 113. Erkundung und Untersuchung des Baugrunds. Normen* (8. Aufl.), (S. 396-407). Berlin: Beuth.
- Deutscher Städtetag (Hrsg.). (1999). *Planung und Bau von Beach-Sportanlagen*. Vorabzug. Köln, Berlin.

- Deutscher Volleyball -Verband (DVV) (Hrsg.). (1994). *Beachvolleyball – Breiten- und Freizeitsportreferat* - . Frankfurt.
- Deutscher Volleyball -Verband (DVV) (Hrsg.). (2001). *Offizielle Beach-Volleyball Spielregeln* (3. Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Dott, W. & Müller, T. (2003). *F & E Projekt `Sportboden Sand – Analyse multifunktionaler Sandanlagen`*. Endbericht. Aachen.
- Federation International de Volleyball (FIVB). (2000). *Sand Specifications for the 2000 FIVB World Tour/Hutcheson Sand and Mixes*. Schreiben vom 18. Januar 2000. Lausanne.
- Hömberg, St. & Papageorgiou, A. (Hrsg.). (1997). *Handbuch für Beach-Volleyball. Technik, Taktik, Training* (2. Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Knoller, R. (1999). *Beach Soccer*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Matthes, S. (1983). *Mineralogie. Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde*. Heidelberg, New York, Tokyo: Springer.
- Murawski, H. (1992). *Geologisches Wörterbuch* (9. Aufl.). Stuttgart: Enke.
- Nivelsteiner Sandwerke und Sandsteinbrüche GmbH. (1999b). *Datenblatt. Sandspezifikation: N20 Grobsand. Überarbeitet: 10.02.1999*. Herzogenrath.
- Nivelsteiner Sandwerke und Sandsteinbrüche GmbH. (1999d). *Datenblatt. Sandspezifikation: N45 Feinsand. Überarbeitet: 30.04.1999*. Herzogenrath.
- Philippka Sportverlag (Hrsg.). (2003). *Sportmanagement 2003. Das Adressbuch des Sports*. Münster: Philippka.
- Quarzwerke GmbH (Hrsg.). (o.J.). *Kein Tag ohne Sand*. Frechen.
- Quarzwerke GmbH (2004). *Datenblätter Quarzsande*. Frechen.
- Regelski, M. (2003). *Eine Untersuchung von Beach-Sportanlagen in Deutschland*. Unveröff. Diplomarbeit, Deutsche Sporthochschule Köln.
- Richter, D. (1992). *Allgemeine Geologie* (4. Aufl.). Berlin, New York: de Gryter.
- Roschinsky, J. (2002). Beachsport – Neue Trends auf optimalem Sportboden. *Betrifft Sport (Lehr- und Lernhilfen für Sportlehrer und Übungsleiter*. 24 (3), 5-17.
- Röttgers, M. (2004). *Publikumsuntersuchung bei der Deutschen Meisterschaft im Beachhandball*. Unveröff. Diplomarbeit, Deutsche Sporthochschule Köln.
- Steidle GmbH & CO. KG. (2002). *Datenblatt: Material 076/073/234*. Stand 9/2002. Sigmaringen.
- Steuer, K. & Stier, O. (1999). Der Sportboden „Sand“ im Beachsport. *sportstättenbau und bäderanlagen*. 33 (2), 115-116.
- Strobel Quarzsand GmbH. (2002a). *Produktionsblatt BSV 19. Beachvolleyballsand*. Stand: 01/02. Freihung.
- Strobel Quarzsand GmbH. (2002b). *Produktionsblatt BSV 20. Beachvolleyballsand*. Stand: 01/02. Freihung.
- Technische Universität Berlin (TU Berlin). (2002). *Physikalische Eigenschaften des Bodens*. Skript der FG Grundbau und Bodenmechanik 1. Stand 10.10.2002.

Technische Universität München (TUM) Zentrum Geotechnik. (2003). *Klassifikation der Böden*. Skript der Übung Grundbau und Bodenmechanik.

Universität Bonn. (2003). *Sedimente*. Skript.

Weber, B. (2004). *Der Monte Kaolino bei Hirschau*. Zugriff am 19. Februar 2004 unter <http://www.vfmg-weiden.de/kaolino.htm>.

Wirtschaftsvereinigung Bergbau (Hrsg.). (1994). *Das Bergbau Handbuch* (5. Aufl.). Essen: Glückauf.

Zielgruppe Analyse Konzeption (ZAK) GmbH (Hrsg.). (2004). *Trendsportsystematik*. Loseblattsammlung. Köln: ZAK.