

## **Kurzfassung: Beach-Sand - Sportgerät oder Baumaterial?<sup>1</sup>**

(Dr. Günter Breuer)

### **Gliederung**

- 1 Problemhintergrund
    - 1.1 Einsatzbereich des Materials „Sand“ im Sport außerhalb des Beach-Sports
  - 2 Sand als Sportboden
    - 2.1 Chemische Zusammensetzung
    - 2.2 Korngröße und Kornverteilung
    - 2.3 Kornform
    - 2.4 Kornfarbe
    - 2.5 Spektrum von Quarzsanden
  - 3 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 multifunktionalen 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

---

<sup>1</sup> Kurzfassung des Artikels von Dr. G. Breuer und M. Regelski. Der vollständige Text kann beim Deutschen Volleyball-Verband (DVV) abgerufen werden.

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. 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 in der Polschicht, resp. zwischen dem Kunststoffflor verwendet. Es sollte hierfür schlufffreier, möglichst rundkörniger Mittelsand genommen werden.

Ferner wird Sand im Sport für Sprunggruben, Reitplätze, Pferderennbahnen, Tennisplätze und Golfplätze (Bunker) genutzt. Die Industrie hält hierfür, je nach Einsatzgebiet, unterschiedliche Sande bereit (vgl. Regelski 2003, S. 40f).

## 2 Sand als Sportboden

Sand ist in seiner Zusammensetzung unterschiedlich und somit auch differenziert zu betrachten. Er lässt sich klassifizieren nach chemischer Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften wie z.B. Härte und Korngröße sowie nach optischen Merkmalen, d.h. Gestalt und Farbe.

### 2.1 Chemische Zusammensetzung

Die Quarzsandwerke liefern spezielle Beach-Sande mit einem SiO<sub>2</sub>-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 Staubeentwicklung gewährleistet.

Die chemische Zusammensetzung des in der Broschüre Beach-Sportanalgen (BISp, 2001) angeführten Beach-Sandes orientiert sich an den Vorgaben der DIN 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).

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 %

### 2.2 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. 3) im Grobkornbereich durch Blöcke, Steine und Kies, im Feinkornbereich durch Schluff und Ton (vgl. Steuer & Stier, 1999).

Tab. 3. 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	

Die Korngröße wird mit Hilfe einer Korngrößen-Verteilungskurve (Körnungslinie) dargestellt (vgl. Abb. 1). 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).

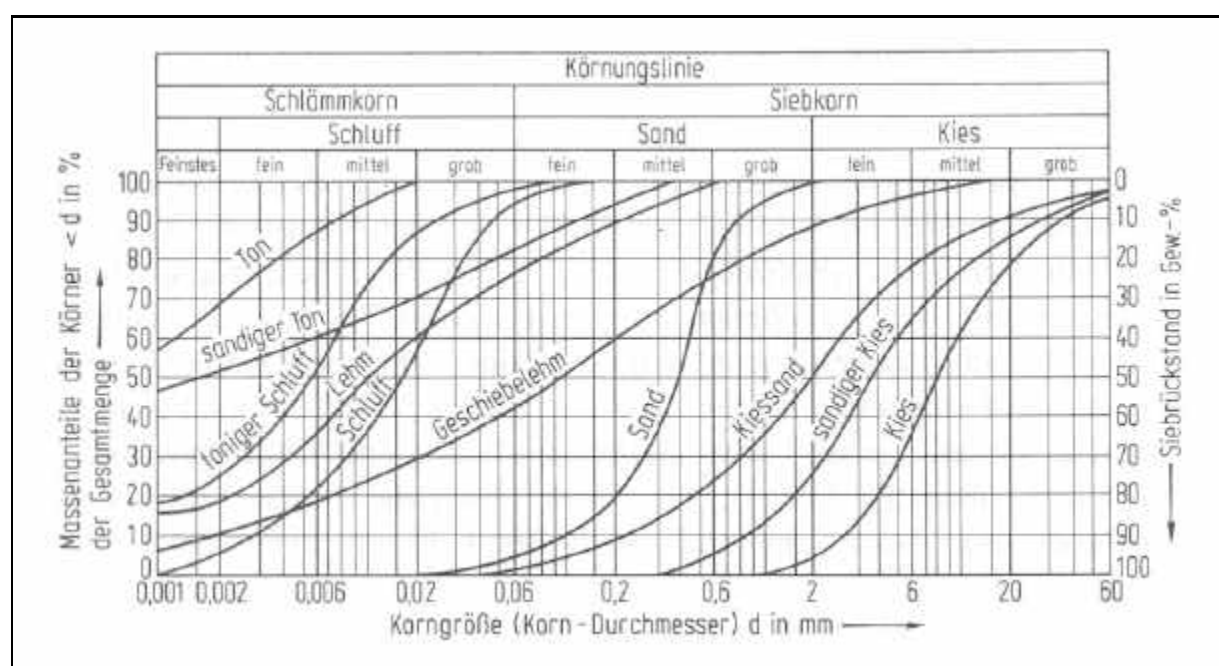


Abb. 1. Körnungslinien der wichtigsten klastischen Sedimente (vgl. Richter, 1992, S. 118).

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. 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. 2 dargestellt sind.

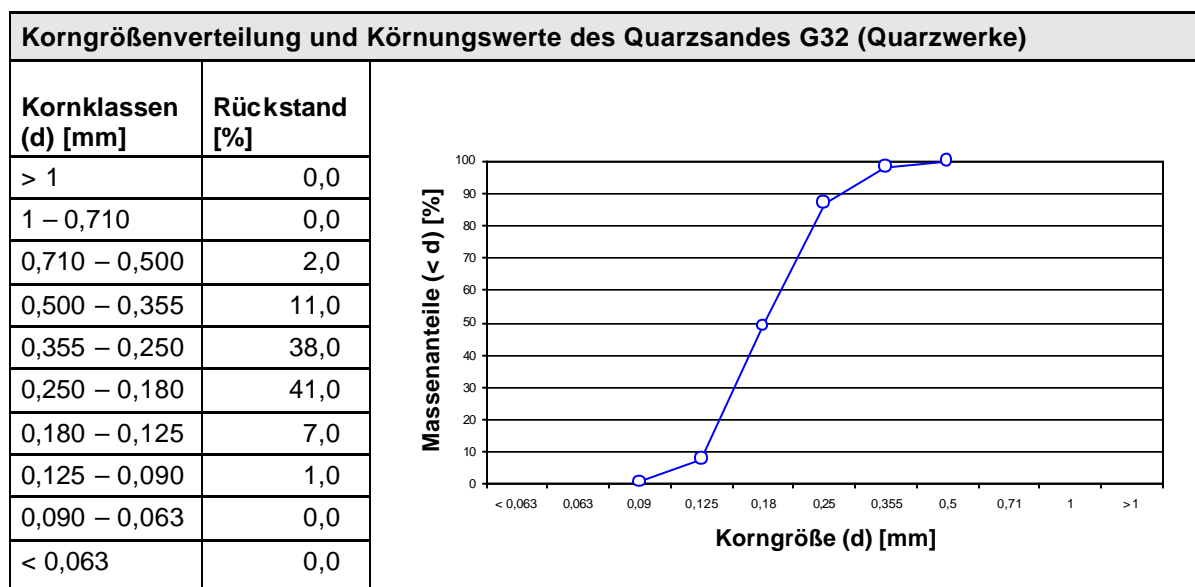


Abb. 2. Ergebnisse der Trockensiebung eines Quarzsandes (vgl. Quarzwerke, o. J.).

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 (vgl. Abb. 3) 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).

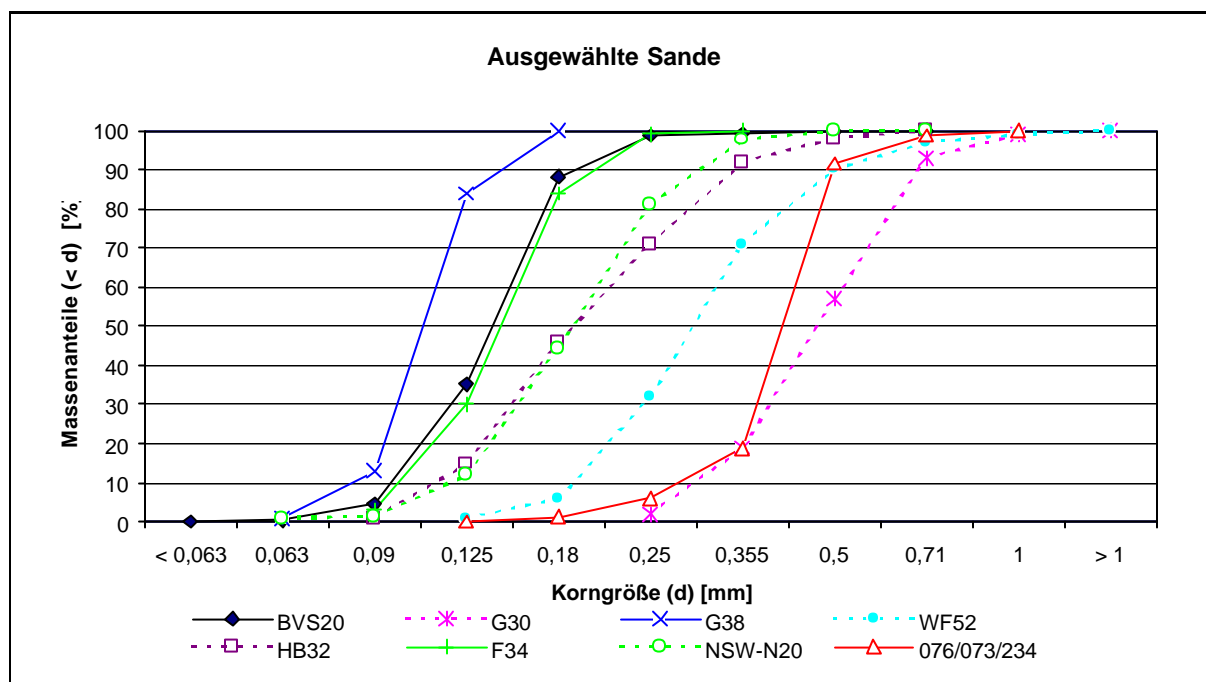


Abb. 3. Vereinfachte Darstellung von Körnungslinien/Sieblinien (vgl. Nivelsteiner Sandwerke, 1999a; Quarzwerke, 2004; Steidle, 2002; Strobel, 2002).

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. 4).

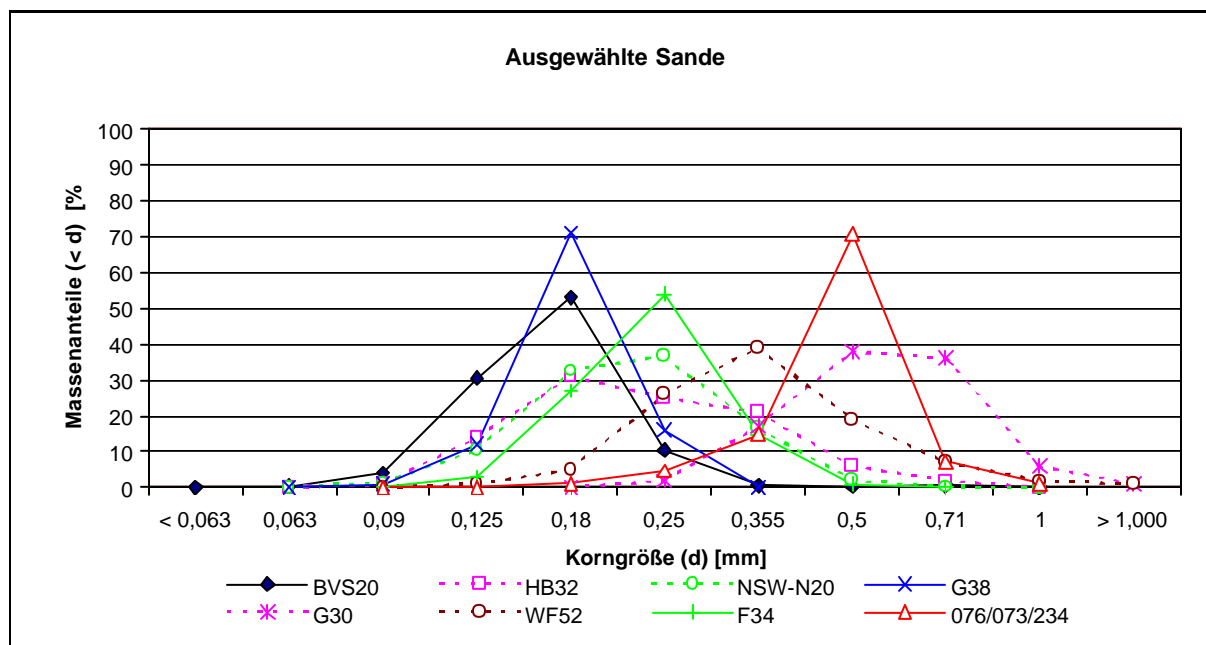


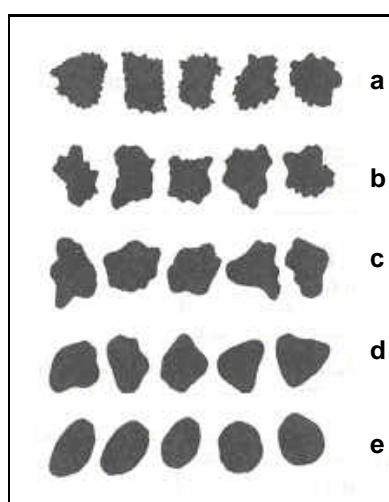
Abb 4. Kornverteilungskurve ausgewählter homogener und inhomogener Quarzsande.

### 2.3 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 und der Transportbeanspruchung abhängig. 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 zum Bau von großen Sandskulpturen verwendet.

Nach Russel und Taylor kann man die äußere Gestalt von größeren Körnern nach Augenmaß in fünf Klassen unterteilen (vgl. Richter, 1992, S. 120). Kleinere Körner (d.h. Sand und zum Teil auch Schlamm) können zum Teil nur anhand einer Aufnahme durch ein Rasterelektronenmikroskop (vgl. Abb. 6 und 7) klassifiziert werden.



#### Legende

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

Abb. 5. Kornrundungsgrad (vgl. Richter, 1992, S. 120).

Für den Sportboden „Sand“ werden daher gerundete bis kugelförmige Körner empfohlen (vgl. Breuer, 1998, S. 28; 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. 6. Rundes Korn (vgl. AKW, 2003).



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

## 2.4 Kornfarbe

Die Farbe eines Kornes zeigt an, aus welchem Gestein es hervorgegangen ist. Ein wichtiges Kriterium bei der Farbwahl für einen Beach-Sand ist der Aspekt des Reflexionsgrades, da sich aus der Bilanz von Ein- und Rückstrahlung die Oberflächentemperatur eines Sandes ergibt. Bei hellen Böden ist die Rückstrahlung sehr hoch, dunkle Sande haben dagegen eine hohe Wärmespeicherung.

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

## 2.5 Spektrum von Quarzsanden

Wie aufgezeigt wurde, stellt die Kornverteilung ein wichtiges Kriterium für die Wahl eines geeigneten Beach-Sandes dar. In der nachfolgenden Abbildung sind verschiedene handelsübliche Quarzsande abgebildet, um das Spektrum von Quarzsanden aufzuzeigen.



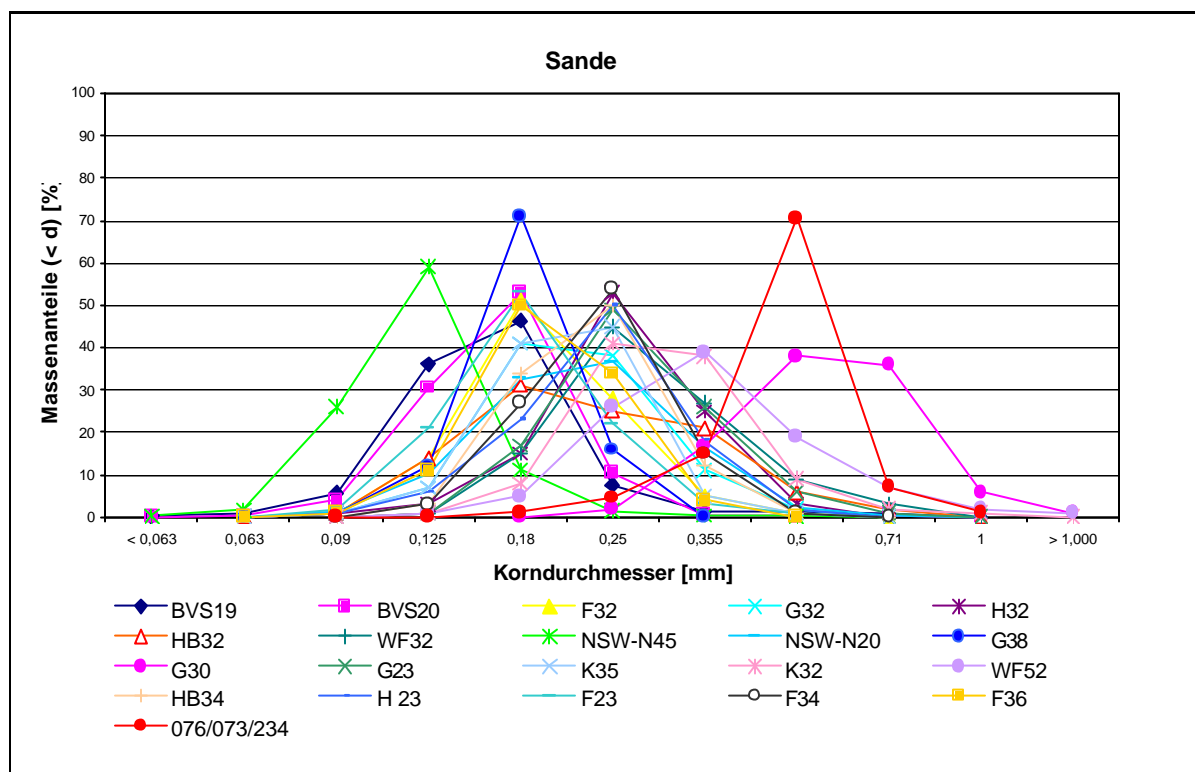



Abb. 9. Spektrum verschiedener Kornverteilungskurven von Quarzsanden (vgl. Nivelsteiner Sandwerke, 1999a und 1999b; Quarzwerke, 2004; Quarzwerke, o.J.; Steidle, 2002; Strobel, 2002).

### 3 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 nutzbare 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. 4 und 5). 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.4. 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	345	468	400	532	1350
Fläche (m <sup>2</sup> )	138	187	160	213	540
Rauminhalt (m <sup>3</sup> ) [Höhe = 0,40 cm]	207	281	240	320	810
Sandmenge in Tonnen (t)	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. 5. 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> /Anno	5.300	3.400	700	1.750	2.250*
bei 1 m <sup>2</sup> /Anno	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> )	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. (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.
- 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 gekernteten 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.
- Dott, W. & Müller, T. (2003). *F & E Projekt `Sportboden Sand – Analyse multifunktionaler Sandanlagen`*. Endbericht. Aachen.
- Nivelsteiner Sandwerke und Sandsteinbrüche GmbH. (1999a). *Datenblatt. Sandspezifikation: N20 Grobsand. Überarbeitet: 10.02.1999*. Herzogenrath.
- Nivelsteiner Sandwerke und Sandsteinbrüche GmbH. (1999b). *Datenblatt. Sandspezifikation: N45 Feinsand. Überarbeitet: 30.04.1999*. Herzogenrath.
- Quarzwerte GmbH (Hrsg.). (o.J.). *Kein Tag ohne Sand*. Frechen.
- Quarzwerte 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., verb. und erw. Auflage). Berlin, New York: de Gryter.
- 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. (2002). *Produktionsblatt BSV 20. Beachvolleyballsand*. Stand: 01/02. Freihung.

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

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