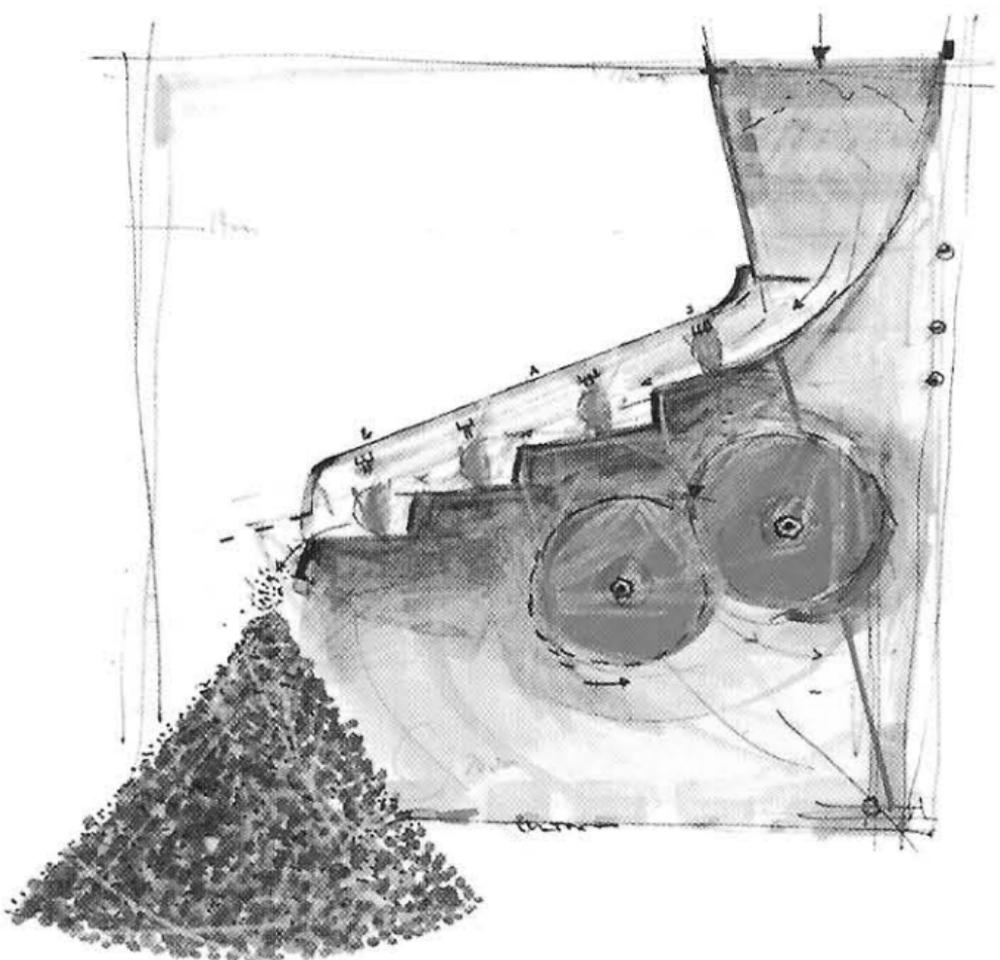


# REATTHERM®

THERMISCHE ERD- & SANDSTERILISATION



## GUTACHTEN

Hygienisierung und Reinigung von organisch belastetem Sand aus Kinder-spielplätzen mit dem innovativen **REATTHERM**-Verfahren.

**STEINBEIS-Transferzentrum**  
Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik  
Heilbronn

REATTHERM Repnik GmbH  
Unterdorfstraße 20 · 78315 Radolfzell-Markelfingen  
Telefon 0 77 32 / 1 00 02 · Telefax 0 77 32 / 79 21



## GUTACHTEN

Hygienisierung und Reinigung von organisch belastetem Sand aus Kinderspielplätzen mit dem innovativen REAT THERM-Verfahren

Beauftragung durch die Firma

Hermann Repnik  
Schlosserei und Metallbau GmbH  
Unterdorfstr. 20  
78315 Radolfzell-Markelfingen

Heilbronn, August 1996

Steinbeis-Transferzentrum  
Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik  
Prof. Dr.-Ing. E. Pruckner  
Dipl.-Ing. (FH) T. Pulli

*Pulli Pruckner*



## 1 Einleitung

### 1.1 Hygienische Anforderungen an Sandspielplätze

Kinderspielplätze sind in jeder Kommune (Gemeinde, Stadt) eine wichtige soziale Einrichtung. Die hygienische Vorsorge für diese Einrichtungen sollte sowohl von den Erwachsenen, aber auch vor allem von den dafür zuständigen öffentlichen Stellen sichergestellt werden.

Innerhalb dieser Spielplätze sind die Sandspielkästen eine wichtige pädagogische Einrichtung vor allem für Kleinkinder, deren hygienisches Verhalten meistens noch nicht voll entwickelt ist.

Spielsand hat i.d.R. eine Körnung von bis zu 2 mm und weist daher ungünstige Eigenschaften gegenüber einer Mikrobenbesiedelung und -entwicklung auf. Eine solche aus hygienischer Sicht günstige Bakteriendichte im Spielsand kann sich jedoch durch die Zufuhr organischer Stoffe ändern, die als Nährstoffquelle mikrobiologisch verwertbar sind. Bei stark frequentierten Sandplätzen erfolgt die Anreicherung des Sandes mit organischen Stoffen oft nahezu kontinuierlich. Die Reste von flüssigen und festen Lebensmitteln, Papier, Zigarettenskippen und insbesondere Fäkalien durch Hunde und Katzen und andere Tiere verändern die Zusammensetzung des Spielsandes und haben damit eine **Mikrobenbesiedelung** zur Folge. Durch die fäkalen Verunreinigungen gelangen humanpathogene Keime in den Sand und können sich dort vermehren. Des weiteren ist zu beachten, daß die Verunreinigung von Spielsand durch Hunde- und Katzenkot das Vorkommen von Wurmeiern zur Folge hat.

Der Sand aus Kinderspielplätzen muß den **hygienischen Anforderungen** gerecht werden. Im Bereich der **Hygiene** wird hierbei zwischen Krankheitserregern für Mensch/Tier (**Human- und Veterinärhygiene bzw. Seuchenhygiene**) und für Pflanzen (**Phytohygiene**) unterschieden.

Im Bereich der **Seuchenhygiene** sind zahlreiche Krankheitserreger folgenden Gruppen zugeordnet:

- Bakterien (z.B. Salmonellen, E. coli)
- Viren (z.B. Hepatitis-A-Virus, Enteroviren)
- Parasiten (z.B. Spulwurmeier)
- Pilze (z.B. Schimmelpilze).

In Baden-Württemberg gibt es derzeit noch keine rechtlichen Vorgaben für Kinderspielplätze hinsichtlich seuchenhygienischer Anforderungen in Form von Grenzwerten /1, 2/. Nach Aussage des Hygieneinstitutes des Ruhrgebietes in Gelsenkirchen /3/, wird als Empfehlung für die seuchenhygienische Bewertung von Sand auf Kinderspielplätzen eine Veröffentlichung im Bundesgesundheitsblatt aus dem Jahre 1980 von FILIP /4/ herangezogen.

Folgende Kriterien kommen nach FILIP in Betracht:

- Gesamtkeimzahl bzw. Koloniezahl aerober saprophytischer (chemo-organotropher) Bakterien
- Keimdichte fakultativ anaerober Indikatorbakterien (E. coli Bakterien)
- Gehalt an diffus verteilten organischen Stoffen (Glühverlust)
- Belastung durch grobe Verunreinigungen (visuell).

Nach FILIP kann der Eintrag von organischen Stoffen fast immer mit einer seuchenhygienischen Belastung des Sandes gleichgesetzt werden. Er gibt daher als Parameter den Grenzwert von max. **5% Glühverlust** der Trockensubstanz (TS) an. Dieser Wert kann nach FILIP einer **Gesamtkeimzahl von  $10^6$  Keime pro 1 g Sand (TS)** entsprechen und darf somit als empfohlener Grenzwert betrachtet werden.

Als Indikator einer fäkalen Sandverunreinigung, die mit dem Vorkommen von pathogenen Keimen verbunden ist, wird die Belastung durch *Escherichia coli* Bakterien herangezogen. Nach FILIP wird empfohlen, daß in weniger als **0,1 g Sand keine E. coli Bakterien vorkommen dürfen**.

Des weiteren müssen jedoch nach den derzeit geltenden Vorschriften zur Verhütung übertragbarer Krankheiten (§ 10 Abs. 1 Bundes-Seuchengesetz) und im Hinblick auf die bauordnungsrechtliche Verpflichtung Verfügungsberechtigter Kinderspielplätze so unterhalten werden, daß sie keine Gefahr für Kinder darstellen.

Die Fa. Repnik Metallbau GmbH, Radolfzell, hat in eigener Regie in den vergangenen Jahren ein **mobile Anlage** entwickelt und gebaut, mit welcher Sand aus Kinderspielplätzen und Pflanzerde mechanisch-thermisch behandelt werden kann. Dieses Verfahren ist unter dem Namen "**REATTHERM**" patentrechtlich geschützt. Patentinhaber sind die Herren **Hermann Repnik** und **Werner Astor** als Privat-



personen. Die Fa. Repnik Metallbau GmbH ist alleinige Lizenznehmerin.

Ziel und Zweck des REATTHERM-Verfahrens ist es, Sand aus Kinderspielplätzen vor Ort zu hygienisieren und zu reinigen und somit den jährlich notwendigen Sandaustausch zu ersetzen.

## 1.2 Aufgabenstellung

Das Steinbeis-Transferzentrum für Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik (STZ-VEU), Heilbronn, wurde im April 1996 von der Fa. Repnik Metallbau GmbH, Radolfzell, beauftragt, das REATTHERM-Verfahren technisch und wissenschaftlich zu begutachten und eine Bewertung hinsichtlich der Wirksamkeit des Verfahrens vorzunehmen.

Vorortversuche auf Sandspielplätzen und entsprechende mikrobiologische Untersuchungen sollen die wissenschaftliche Bewertung unterstützen.

## 2 Aufbau der Versuchsanlage

Die Versuchsanlage (Bild 1,2 und 3) besitzt eine kaskadenförmige Aufnahmevorrichtung, deren Fläche gegenüber der Horizontalen geneigt ist. Über ein Förderband wird kontinuierlich eine definierte Menge an zu behandelndem Gut zugeführt und durch Vibration über mehrere Stufen der geneigten Schräge nach unten befördert. Über eine eigenentwickelte Brennereinrichtung, die oberhalb der Schräge angeordnet ist und die Fläche überdeckt, wird das Gut beflammt und erhitzt.

Über Versorgungskanäle werden die Brennerleisten mit einem brennbaren Gas-Luft-Gemisch versorgt. Die Brennereinrichtung besteht aus mehreren Brennerleisten, die jeweils eine Vielzahl von einzelnen, nebeneinander angeordneten Gasaustrittsöffnungen besitzen, so daß eine gleichmäßige Wärmeentwicklung über die gesamte Breite des Flächenabschnittes gewährleistet ist (Bild 4). Der Brenner erreicht dabei eine Temperatur zwischen 1.200 und 1.400 °C. Schädliche Mikroorganismen, wie z.B. Keime, Bakterien und Wurmeier, werden dadurch ab-

getötet. Die mikrobiologischen Untersuchungen des Phytotechnologischen Labors der Fachhochschule Heilbronn belegen dies.

Das behandelte Gut wird anschließend über ein Feinsieb befördert, um eventuelle Fremdstoffe wie Glassplitter oder Steine zu entfernen.

Daten der mobilen Versuchsanlage (montiert auf einem speziellen Anhänger):

- Abmessungen: 200 cm (L) x 125 cm (B) x 250 cm (H)
- Masse: 600 kg (inkl. Anhänger)
- Energie: Flüssig-, Stadt- oder Erdgasverbrauch: 10 kg/h  
El. Stromanschluß: 380 V, 16 A
- Durchsatz: 2 bis 4 m<sup>3</sup>/h.

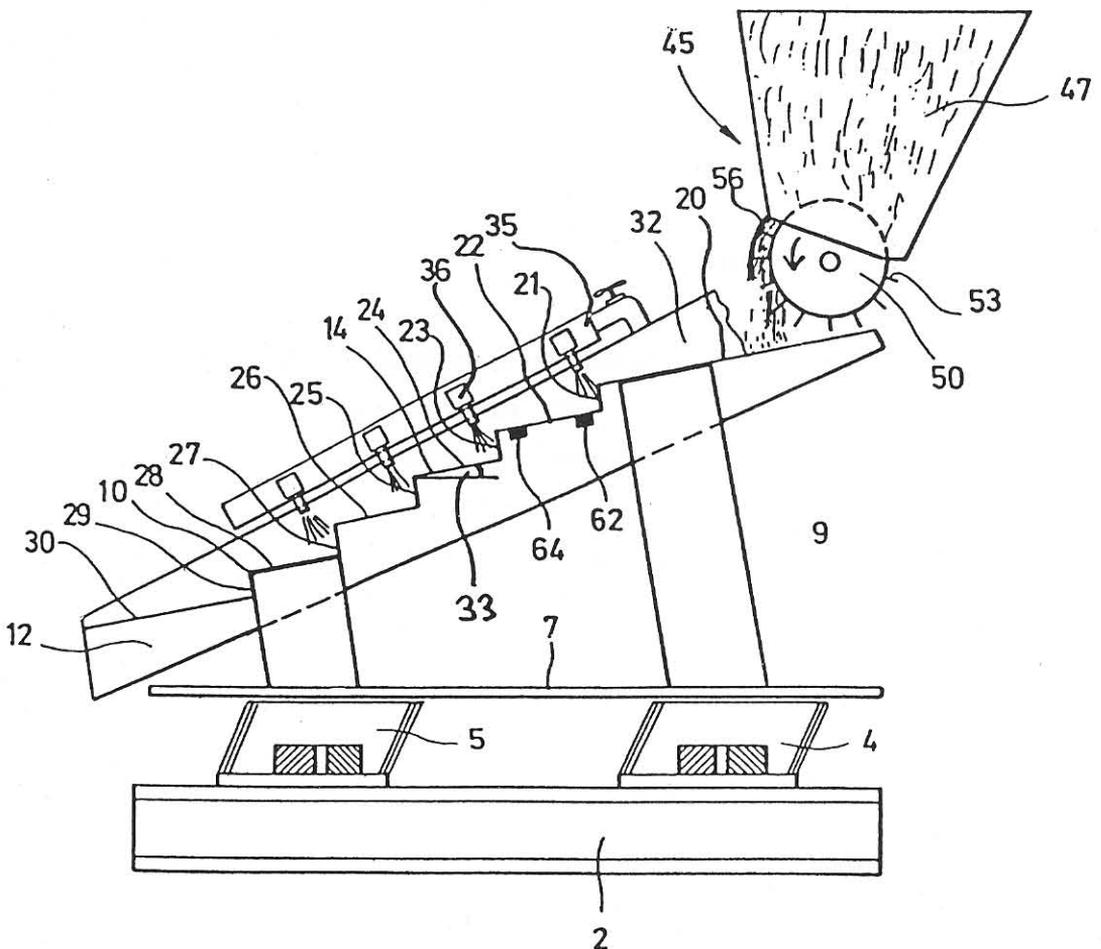


Bild 1: Patentrechtlich geschütztes REATTHERM-Verfahren



**Bild 2:** Fotografische Darstellung  
der REATTHERM-Anlage



**Bild 3:** REATTHERM-  
Anlage in Betrieb



**Bild 4:** Beflammung des Sandes innerhalb der REATTHERM-Anlage

### **3 Versuchsdurchführung und Probennahme**

#### **3.1 Versuchsdurchführung**

Am 16. Juli 1996 wurden von der Fa. Repnik in Anwesenheit eines Projekt-ingenieurs des STZ-VEU Vor-Ort-Versuche zur Begutachtung und Bewertung des REATTHERM-Verfahrens auf fünf ausgewählten Spielplätzen der Stadt Singen durchgeführt. Diese Spielplätze wurden von der Stadt Singen für die Versuche vorgeschlagen, da hier mit mikrobiologischen Verunreinigungen zu rechnen war.

Vor der Behandlung wurde von den ausgewählten Spielplätzen jeweils ca. 0,5 m<sup>3</sup> Sand aus verschiedenen Bereichen der Sandkästen entnommen und gemischt. Um möglichst repräsentative Proben des Istzustandes zu erhalten, wurde der Sand je nach Größe des Spielplatzes an verschiedenen Stellen bis ca. 20 cm Tiefe entnommen (siehe Anhang A1).

Nach Einfahren eines stationären Betriebszustandes der REATTHERM-Anlage

wurden die Sande der ausgewählten Spielplätze bei verschiedenen Anlagen-durchsätzen thermisch-mechanisch behandelt. Durch kontinuierliches Umsetzen der Anlage im Sandkasten eines Spielplatzes ist grundsätzlich sichergestellt, daß der gesamte Sand eines Spielplatzes behandelt werden kann.

Vom thermisch-mechanisch behandelten Sand wurde jeweils eine Probe unmittelbar nach Verlassen der Anlage und eine zweite Probe nach 40 Minuten aus dem noch warmen Sand (vgl. Versuchsprotokolle im Anhang A1) im Sandkasten gezogen. Die jeweiligen Sandproben (150 ml) wurden mit einer sterilen Kelle entnommen und in sterile Gläser gefüllt.

Die durchgeführten Versuche wurden fotografisch dokumentiert (Anhang A1).

### 3.2 Meßprogramm und Probennahme

#### Meßprogramm:

- Temperatur des unbehandelten Sandes an der Oberfläche, in 20 cm, in 30 cm und in 40 cm Tiefe.
- Temperatur des behandelten Sandes an einem definierten Punkt der Anlage (unmittelbar nach Fall auf das Förderband).
- Temperaturverlauf des behandelten Sandes im Probenglas (schnelle Abkühlung, Meßintervall 10 Min. Meßdauer 40 Minuten).
- Temperaturverlauf des behandelten Sandes im Sandkasten des Kinderspielplatzes (langsame Abkühlung, Meßintervall: 10 Min. Meßdauer: 40 Minuten).
- Zeit- und Volumenmessung zur Erfassung des Durchsatzes.

#### Probennahme:

- Entnahme einer unbehandelten Probe (150 ml) aus verschiedenen Bereichen des Sandkastens.
- Einstellung des stationären Betriebszustandes der Anlage.
- Entnahme einer Probe (150 ml) unmittelbar nach Verlassen der Anlage mit schneller Abkühlung des Sandes im Probenglas auf Um-

gebungstemperatur.

- Entnahme einer Probe (150) aus dem noch warmen Spielsand im Sandkasten 40 Minuten nach der Behandlung (langsame Abkühlung des Sandes).

#### 4 Versuchsauswertung

Um Nachreaktionen in den Sandproben zu vermeiden, wurden sie auf 6 °C in einem Kühlschrank heruntergekühlt und in diesem Zustand am 17.08.1996 dem Phytotechnologischen Labor der Fachhochschule Heilbronn (Leiter: Prof. Dr. A.R. Gemrich) übergeben.

Die Sandproben wurden auf folgende Parameter untersucht:

- Gesamtverkeimung
- Escherichia coli Bakterien
- coliforme Keime
- Wurmeier
- sulfitreduzierende Clostridien.

Entscheidend für eine erfolgreiche Hygienisierung des Sandes sind zwei Parameter:

- Temperatur, auf die der Sand erhitzt wird,
- Zeit, die der Sand einer bestimmten Temperatur ausgesetzt ist.

Hierbei kommt das physikalische Phänomen zum Tragen, daß Sand eine relativ niedrige Wärmeleitfähigkeit besitzt und daher langsam abkühlt. Dieser Effekt gibt eine zusätzliche Sicherheit der einwandfreien Hygienisierung des Sandes mittels dem REAT THERM-Verfahren sowie der Einhaltung der von FILIP empfohlenen Grenzwerte. Im Rahmen der vom STZ-VEU begleiteten praktischen Versuche konnte nachgewiesen werden, daß die Temperatur des Sandes in den Sandkästen - unabhängig vom eingestellten Durchsatz der Anlage - auch nach 40 Minuten noch mehr als 50 °C betrug.

#### 4.1 Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen

Aufgrund der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen (Anhang A2) wurde festgestellt, daß die Gesamtkeimzahl des behandelten Sandes erheblich reduziert werden konnte. Im Rahmen der vom STZ-VEU begleiteten Versuche konnte nachgewiesen werden, daß mit dem REATTHERM-Verfahren die Gesamtkeimzahl des behandelten Sandes in den Sandkästen der Spielplätze bei einem Anlagendurchsatz bis 5 m<sup>3</sup>/h auf kleiner 10 % des unbehandelten Sandes reduziert werden konnte. Sogar bei einem Maximaldurchsatz von 5,5 bis 6,0 m<sup>3</sup>/h des REATTHERM-Verfahrens wurde die Gesamtkeimzahl des langsam abkühlenden Sandes in den Sandkästen auf kleiner 15 % gegenüber den unbehandelten Proben reduziert. Im Vergleich mit dem von FILIP empfohlenen Grenzwert der Gesamtkeimzahl von 10<sup>6</sup> Keime pro 1 g Sand kann festgestellt werden, daß dieser Wert bei den o.g. behandelten Sanden im Rahmen der durchgeführten Versuchsreihen weit unterschritten wurde.

Des weiteren ist eine völlige Keimfreiheit des Sandes ohnehin nicht sinnvoll, da eine gewisse Keimzahl umweltadaptierter Bakterien Bestandteil der natürlichen Umgebung ist.

Die Sandproben wurden des weiteren auch auf *Escherichia coli* Bakterien und coliforme Keime als Indikator für fäkale Verunreinigungen untersucht. Hierbei wurden bei allen unbehandelten Proben - mit Ausnahme der Meßreihe Nr. 5 - *E. coli* Bakterien und coliforme Keime festgestellt.

Die durchgeführten mikrobiologischen Untersuchungen des behandelten und unbehandelten Sandes im Phytotechnologischen Labor der Fachhochschule Heilbronn ergaben, daß lediglich in einem Fall (Meßreihe 3) in 1 g Sand noch coliforme Keime nachweisbar waren. Legt man den Umstand zugrunde, daß bei derselben Probe in 0,1 g Sand keine coliformen Keime mehr nachweisbar waren und im Vergleich in der unbehandelten Probe sogar in 0,01 g Sand noch coliforme Keime nachweisbar waren, so kann festgestellt werden, daß die coliformen Bakterien - trotz der sehr hohen Belastung des unbehandelten Sandes und des hohen Durchsatzes während dieser Meßreihe (5,1 m<sup>3</sup>/h) - in erheblichem Umfang reduziert werden konnten. Im Vergleich mit dem empfohlenen Grenzwert der

Nachweisbarkeit für E. coli Bakterien von FILIP, der besagt, daß in weniger als 0,1 g Sand keine E. coli Bakterien vorkommen dürfen, wird vom STZ-VEU festgestellt, daß dieser Wert bei allen untersuchten behandelten Sandproben der durchgeführten Versuche eingehalten wurde.

Die als Indikator für länger zurückliegende fäkale Verunreinigungen verwendeten sulfitreduzierenden Anaerobier sind einem von Kontaminationen unabhängigen saisondynamischen Häufigkeitswechsel unterworfen.

Des weiteren ist zu beachten, daß aktive Clostridien im Gegensatz zu deren Sporen durch die Hitzeeinwirkung abgetötet werden. Daher ist auch erklärbar, daß nach der Behandlung noch Clostridien gefunden wurden. Diese Werte sind jedoch nicht aussagekräftig, da ihr Wert als Indikator in dem vorliegenden Anwendungsfall nur von eingeschränkter Aussagekraft ist, da lediglich die Erkenntnis gewonnen werden kann, daß in der Vergangenheit eine fäkale Verunreinigung vorlag.

Wurmeier konnten in allen Beprobungen des behandelten und aus den Spielplätzen entnommenen, langsam abkühlenden Sanden nicht nachgewiesen werden.

Durch die mechanische Reinigung des Sandes nach der thermischen Behandlung mit einem Feinsieb wurden auch Fremdstoffe wie Glassplitter oder Steine entfernt.

## 5 Umweltrelevanz

Mit dem von der Fa. Repnik Metallbau, Radolfzell, entwickelten und unter dem Namen "REATTHERM" patentrechtlich geschützten Verfahren zur thermischen Behandlung von organisch belasteten, schüttfähigen und rieselfähigen Stoffen - insbesondere Sanden - ist es möglich, diese Stoffe zu reinigen und zu hygienisieren, um sie einer Wiederverwendung zuzuführen. Somit werden mit diesem Verfahren sowohl Ressourcen bei der Sandgewinnung geschont als auch den Vorschriften des Kreislaufwirtschaftsgesetzes in hohem Maße genüge getan. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens liegt im Bereich der Logistik, da die zu

behandelnden Stoffe vor Ort gereinigt und hygienisiert werden können und somit umweltschädigende LKW-Transporte mit den umweltrelevanten Belastungen (Lärm, Ruß, bodennahes Ozon, Stickoxide, Kohlenmonoxid) entfallen und der verwendete Energieträger (Propangas) im spezifischen Vergleich zu Diesel deutlich weniger umweltrelevante Emissionen zur Folge hat.

Die Energiebilanz des REATTHERM-Verfahrens im Vergleich zu den LKW-Transporten ergibt folgenden Sachverhalt:

**Spezifischer Energieverbrauch des patentierten REATTHERM-Verfahrens  $q_R$ :**

D: Durchsatz des REATTHERM-Verfahrens,  $D = 4 \text{ m}^3_{\text{Sand}}/\text{h}$

$q_R$ : spezifischer Energieverbrauch des REATTHERM-Verfahren

$q_p$ : spezifischer Energieverbrauch Propangas

$q_D$ : spezifischer Energieverbrauch Diesel

$m_p$ : Verbrauch an Propangas,  $m_p = 10 \text{ kg/h}$

$m_D$ : Verbrauch an Dieselkraftstoff,  $m_D = 0,85 \text{ kg/h}$

$h_p$ : Heizwert Propangas,  $h_p = 46.500 \text{ kJ/kg}$

$h_D$ : Heizwert Dieselkraftstoff,  $h_D = 42.000 \text{ kJ/kg}$

$$q_R = (q_p + q_D) / D \quad (1)$$

mit  $q_p = m_p \times h_p \quad (2)$  und  $q_D = m_D \times h_D \quad (3)$

(3) und (2) in (1) eingesetzt:

$$q_R = [(m_p \times h_p) + (m_D \times h_D)] / D$$

$$q_R = [(10 \text{ kg/h} \times 46.500 \text{ kJ/kg}) + (0,85 \text{ kg/h} \times 42.000 \text{ kJ/kg})] / 4 \text{ m}^3_{\text{Sand}}/\text{h}$$

$$q_R = 125.000 \text{ kJ/m}^3_{\text{Sand}}$$

**Energieverbrauch beim Transport per LKW:**

$Q_{LKW}$ : spezifischer Energieverbrauch pro Volumeneinheit transportierter Sand

$q_{LKW}$ : spezifischer Energieverbrauch beim Transport per LKW /5/,

$$q_{LKW} = 850 \text{ kJ} / (\text{km} \times t_{\text{Sand}})$$

$\rho_s$ : Dichte Sand,  $\rho_s = 2 \text{ t} / \text{m}^3$

$$Q_{LKW} = q_{LKW} \times \rho_s$$

$$Q_{LKW} = 1.700 \text{ kJ} / (\text{km} \times \text{m}^3_{\text{Sand}})$$

**Ergebnis: Das REATTHERM-Verfahren ist nach derzeitigem Stand energetisch günstiger, wenn der Sand über eine Entfernung von insgesamt > 74 km (d.h. Summe Anfahrt des Frischsandes und Abfahrt des Altsandes) transportiert wird. Diese Energiebilanz darf jedoch lediglich als derzeitige Ausgangssituation betrachtet werden, da nach Ansicht des STZ-VEU die Energiebilanz im Rahmen der Weiterentwicklung der Anlagenkonzeption noch erheblich verbessert werden kann (z.B. durch Verwendung der Abwärme zur Vorwärmung des Sandes, Optimierung der Beflammung des Einsatzstoffes, d.h. verminderter Gasverbrauch). Daher dürfen die vorliegenden Daten nur auf den derzeitigen Entwicklungsstand bezogen werden.**

## **6 Zusammenfassung und Bewertung des REATTHERM-Verfahrens**

Mit dem von der Fa. Repnik Metallbau GmbH, Radolfzell, entwickelten REAT-THERM-Verfahren wurden am 16.07.1996 praktische Vor-Ort-Versuche auf fünf ausgewählten Spielplätzen der Stadt Singen durchgeführt. Diese Spielplätze wurden von der Stadt Singen für die Versuche vorgeschlagen, da hier mit mikrobiologischen Verunreinigungen zu rechnen war.

Durch die Versuche konnte nachgewiesen werden, daß die mikrobiologischen Verunreinigungen der Sande aus den Kinderspielplätzen nach Behandlung mit dem REATTHERM-Verfahren erheblich reduziert und die empfohlenen Grenzwerte von



FILIP eingehalten werden konnten. Nach derzeitigem Kenntnisstand können daher die mit dem REATTHERM-Verfahren behandelten Sande aus Kinderspielplätzen als seuchenhygienisch unbedenklich betrachtet werden, sofern der Durchsatz der Anlage so eingestellt wird, daß der Sand die Anlage mit einer Temperatur von  $\geq 70$  °C (unmittelbar nach dem Fall auf das Förderband) verläßt. Die Fa. Repnik Metallbau GmbH beabsichtigt, an allen Maschinen ein von außen nicht beeinflussbares Temperatur-Meßsystem zu installieren, das in vorgegebenen Intervallen die Durchsatz-Temperatur mißt und protokolliert.

Des weiteren dient Sand auf Kinderspielplätzen teilweise auch als Schutz bei Stürzen (Fallschutzsand). Hierbei ist jedoch zu beachten, daß sich Sand auf Kinderspielplätzen, insbesondere unter Kinderspielgeräten, im Laufe der Zeit verfestigt. Nach der Behandlung und dem Wiedereinbau des Sandes ist dieser aufgelockert, so daß ein optimaler Fallschutz wie bei Frischsand gegeben ist.

Das REATTHERM-Verfahren ist somit eine sinnvolle Methode, um Sand aus Kinderspielplätzen mechanisch zu reinigen und thermisch zu hygienisieren und somit den jährlich notwendigen Sandaustausch zu erübrigen.

## 7 Literaturverzeichnis

- /1/ Persönliche Mitteilung: Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Stuttgart (Tel. 07 11, 18 49 - 0)
- /2/ Persönliche Mitteilung: Gesundheitsamt der Stadt Heilbronn (Tel. 0 71 31 / 56 - 1)
- /3/ Persönliche Mitteilung: Hygieneinstitut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen, (Tel. 02 09 / 92 42 - 33 0)
- /4/ Filip, Z.: Zur Frage der mikrobiologischen Untersuchungen von Spielsand, Bundesgesundheitsblatt 23, Nr. 18, Seite 265 bis 269 vom 05. September 1980
- /5/ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Ökobilanz von Packstoffen, Stand 1990, Bern Februar 1991



Anhang A1: Versuchsprotokolle mit fotografischer Dokumentation

**Versuchsprotokoll 1**

Datum: 16.07.1996

Ort: Singen, Freizeitzentrum Süd

Witterung: sonnig  bewölkt  regnerisch

Lufttemperatur: 19 °C

Zustand des Sandes: trocken  feucht  naß

Meßreihe Nr.: 1

**Unbehandelter Sand:**

Temperatur an der Oberfläche: 22,6 °C  
in 20 cm Tiefe: 23,7 °C  
in 40 cm Tiefe: 24,0 °C

Probe Nr.: 1/1

**Behandelter Sand:**

Temperatur des Sandes unmittelbar nach Verlassen der Anlage: 70 °C  
Durchsatz der Anlage: 4,5 m<sup>3</sup>/h

Sandprobe nach der Behandlung (schnelle Abkühlung):

Probe Nr.: 1/2

Zeit / Min.	4	10	20	30	40
Temp./°C	40,0	34,6	28,5	26,6	25,5

Sandprobe bei der Zwischenlagerung (langsame Abkühlung):

Probe Nr.: 1/3

Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	60,0	54,6	53,2	52,5	52,0

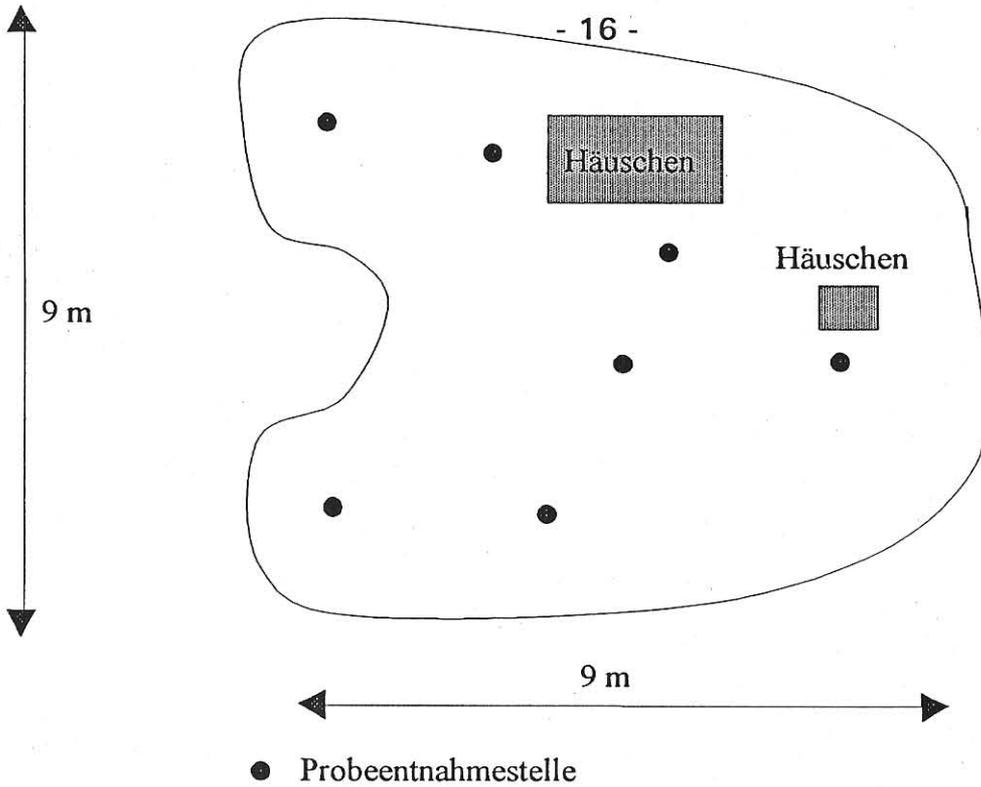


Bild A1-1: Skizze des Sandkastens auf dem Kinderspielplatz "Freizeitzentrum Süd" (nicht maßstabsgetreu)



Bild A1-2: Spielplatz "Freizeitzentrum Süd"



## Versuchsprotokoll 2

Datum: 16.07.1996

Ort: Singen, Ekkehard-Realschule

Witterung: sonnig  bewölkt  regnerisch

Lufttemperatur: 20,5 °C

Zustand des Sandes: trocken  feucht  naß

Meßreihe Nr.: 2

### Unbehandelter Sand:

Temperatur an der Oberfläche: 24,7 °C

in 20 cm Tiefe: 24,0 °C

in 30 cm Tiefe: 24,2 °C

Probe Nr.: 2/1

### Behandelter Sand:

Temperatur des Sandes unmittelbar nach Verlassen der Anlage: 76 °C

Durchsatz der Anlage: 3,6 m<sup>3</sup>/h

Sandprobe nach der Behandlung (schnelle Abkühlung):

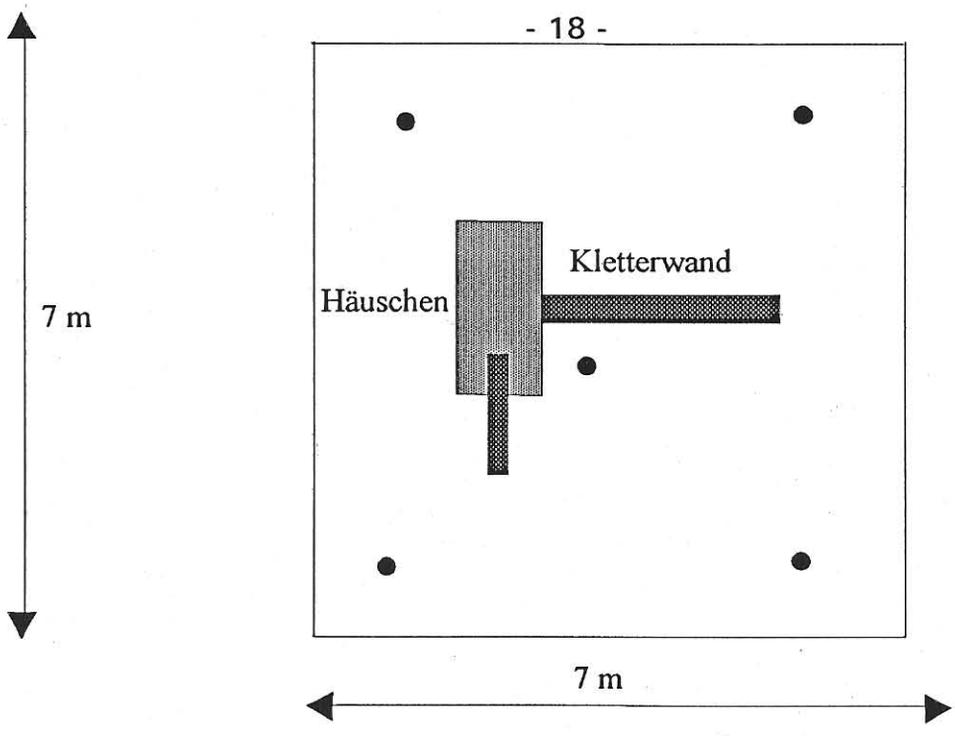
Probe Nr.: 2/2

Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	44,4	37,2	30,6	28,1	27,0

Sandprobe bei der Zwischenlagerung (langsame Abkühlung):

Probe Nr.: 2/3

Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	67,8	66,0	65,5	64,8	64,0



- Probeentnahmestelle

Bild A1-3: Skizze des Sandkastens auf dem Kinderspielplatz "Ekkehard-Realschule" (nicht maßstabsgetreu)

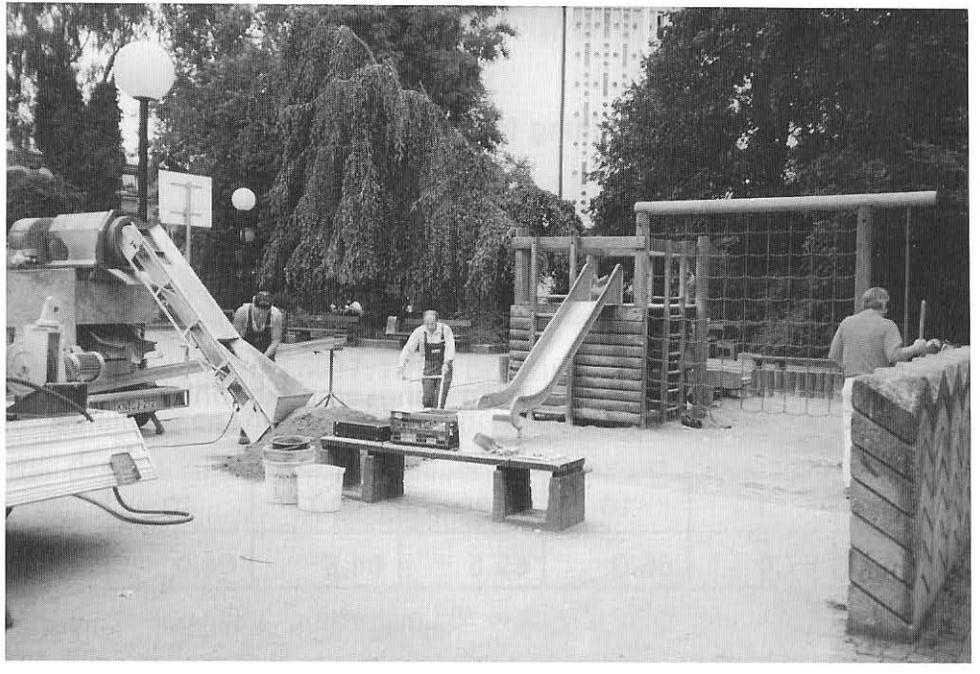


Bild A1-4: Kinderspielplatz "Ekkehard-Realschule"



### Versuchsprotokoll 3

Datum: 16.07.1996

Ort: Singen, Zellerhau

Witterung: sonnig  bewölkt  regnerisch

Lufttemperatur: 20,5 °C

Zustand des Sandes: trocken  feucht  naß

Meßreihe Nr.: 3

#### Unbehandelter Sand:

Temperatur an der Oberfläche: 22,4 °C

in 20 cm Tiefe: 21,4 °C

in 30 cm Tiefe: 21,3 °C

Probe Nr.: 3/1

#### Behandelter Sand:

Temperatur des Sandes unmittelbar nach Verlassen der Anlage: 64 °C

Durchsatz der Anlage: 5,1 m<sup>3</sup>/h

Sandprobe nach der Behandlung (schnelle Abkühlung):

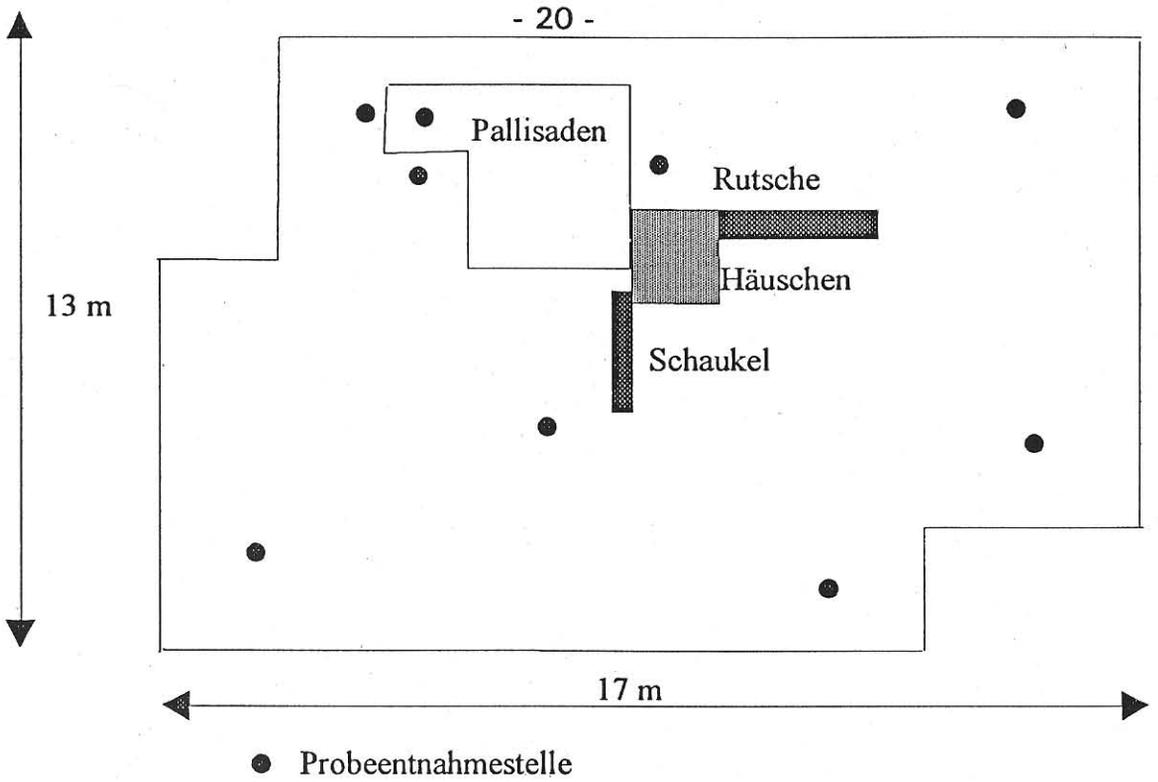
Probe Nr.: 3/2

Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	41,1	35,8	31,2	28,4	27,1

Sandprobe bei der Zwischenlagerung (langsame Abkühlung):

Probe Nr.: 3/3

Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	60,0	58,0	58,0	58,0	57,8



**Bild A1-5:** Skizze des Sandkastens auf dem Kinderspielplatz "Zellerhau" (nicht maßstabsgetreu)



**Bild A1-6:** Kinderspielplatz "Zellerhau"



## Versuchsprotokoll 4

Datum: 16.07.1996

Ort: Singen, Gebhardkirche

Witterung: sonnig  bewölkt  regnerisch

Lufttemperatur: 21,0

Zustand des Sandes: trocken  feucht  naß

Meßreihe Nr.: 4

### Unbehandelter Sand:

Temperatur an der Oberfläche: 21,9 °C

in 20 cm Tiefe: 19,8 °C

in 40 cm Tiefe: 19,5 °C

Probe Nr.: 4/1

### Behandelter Sand:

Temperatur des Sandes unmittelbar nach Verlassen der Anlage: 79 °C

Durchsatz der Anlage: 2,4 m<sup>3</sup>/h

### Sandprobe nach der Behandlung (schnelle Abkühlung):

Probe Nr.: 4/2

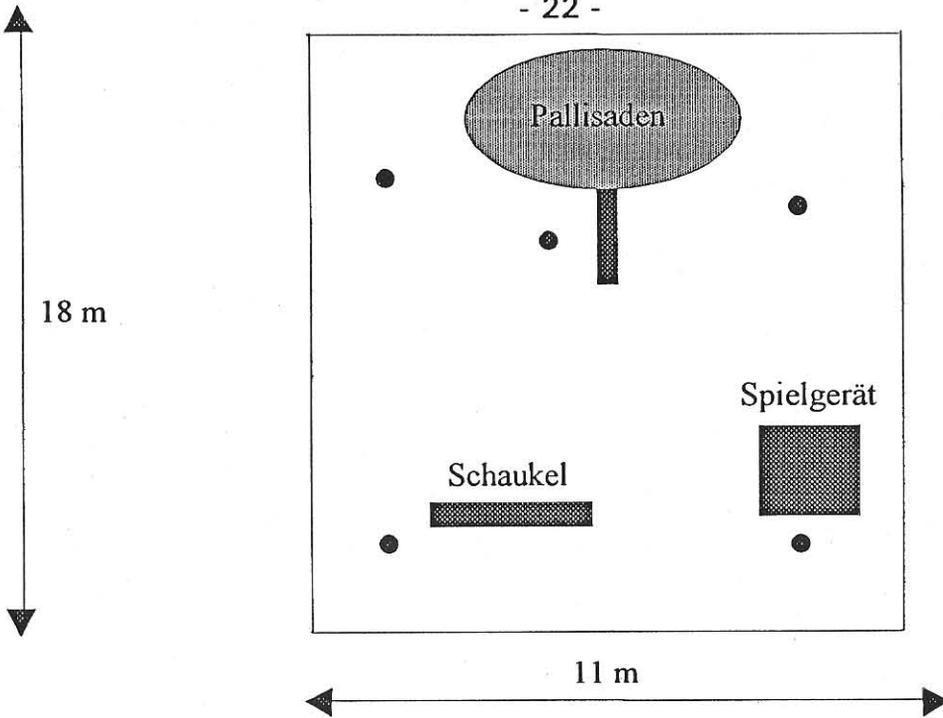
Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	50,2	42,9	36,9	32,3	29,2

### Sandprobe bei der Zwischenlagerung (langsame Abkühlung):

Probe Nr.: 4/3

Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	72,0	70,7	70,0	68,8	67,5

- 22 -



- Probeentnahmestelle

Bild A1-7: Skizze des Sandkastens auf dem Kinderspielplatz "Gebhardkirche" (nicht maßstabsgetreu)



Bild A1-8: Kinderspielplatz "Gebhardkirche"



## Versuchsprotokoll

Datum: 16.07.1996

Ort: Singen, Bruderhofsiedlung

Witterung: sonnig  bewölkt  regnerisch

Lufttemperatur: 25,5 °C

Zustand des Sandes: trocken  feucht  naß

Meßreihe Nr.: 5

### Unbehandelter Sand:

Temperatur an der Oberfläche: 26,0 °C

in 20 cm Tiefe: 22,0 °C

in 40 cm Tiefe: --- (Sandkasten nur 25 cm tief)

Probe Nr.: 5/1

### Behandelter Sand:

Temperatur des Sandes unmittelbar nach Verlassen der Anlage: 62 °C

Durchsatz der Anlage: 4,0 m<sup>3</sup>/h

Sandprobe nach der Behandlung (schnelle Abkühlung):

Probe Nr.: 5/2

Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	47,5	42,4	39,2	36,7	35,2

Sandprobe bei der Zwischenlagerung (langsame Abkühlung):

Probe Nr.: 5/3

Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	61,0	60,2	58,4	56,4	54,1



## Versuchsprotokoll

### Behandelter Sand:

Temperatur des Sandes unmittelbar nach Verlassen der Anlage: 50 °C

Durchsatz der Anlage: 5,5 bis 6,0 m<sup>3</sup>/h

Sandprobe nach der Behandlung (schnelle Abkühlung):

Probe Nr.: 5/4

Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	40,0	38,5	36,3	34,7	34,0

Sandprobe bei der Zwischenlagerung (langsame Abkühlung):

Probe Nr.: 5/5

Zeit / Min.	1	10	20	30	40
Temp./°C	54,0	53,0	54,0	53,0	54,0

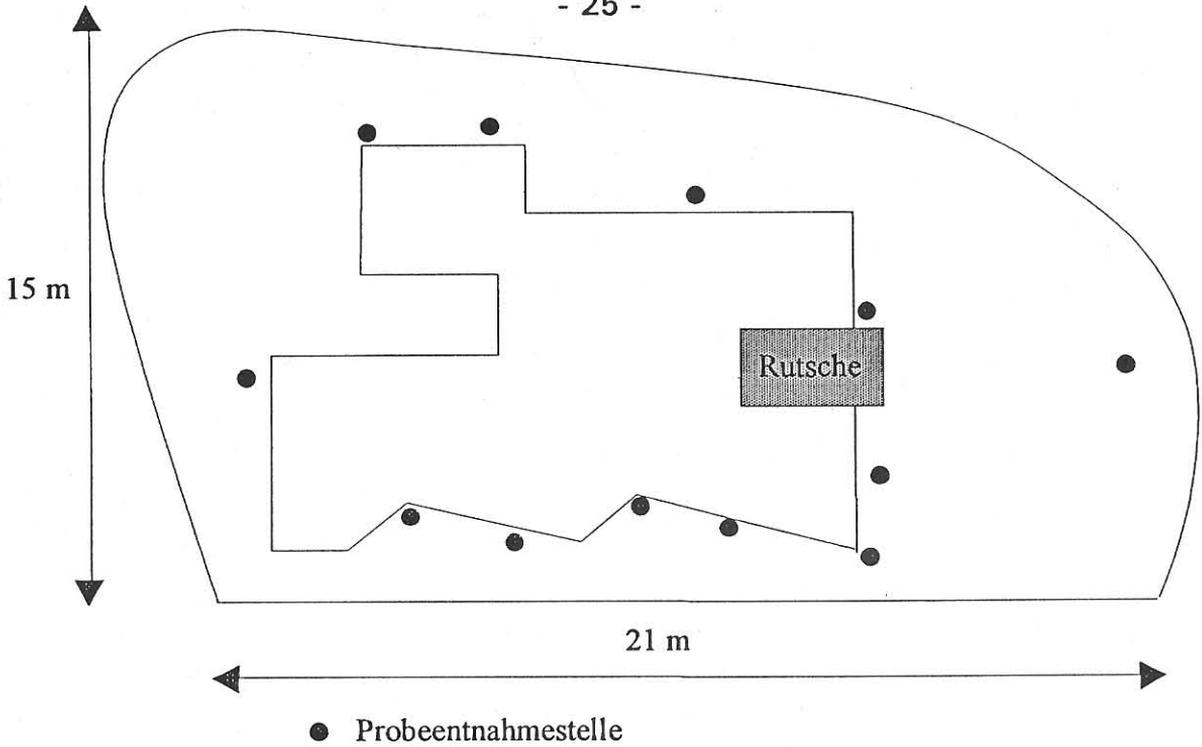


Bild A1-9: Sandkasten auf dem Kinderspielplatz "Bruderhofsiedlung" (nicht maßstabgetreu)



Bild A1-10: Kinderspielplatz "Bruderhofsiedlung"



- 26 -

## **Anhang A2: Bericht der mikrobiologischen Untersuchungen**

## Mikrobiologische Untersuchung: 17.07. 1996

Proben: 17 Sandproben von Herrn Pulli, Steinbeis TZ VUT

Probennummern:

1/1 1/2 1/3

2/1 2/2 2/3

3/1 3/2 3/3

4/1 4/2 4/3

5/1 5/2 5/3 5/4 5/5

Zustand der Proben: feuchter Sand in Glasflaschen, nicht luftdicht verschlossen.

Temperatur: 2-6°C

Analyse: am 18.07.

- Gesamtkeimzahl
- E.coli als Indikator für fäkale Verunreinigung menschlicher Herkunft
- Coliforme Keime als Indikator für fäkale Verunreinigung menschlicher Herkunft
- Anaerobe, sulfitreduzierende Sporenbildner als Indikatoren für länger zurückliegende fäkale Verunreinigung menschlicher und tierischer Herkunft
- Wurmeier

### Analysenmethoden:

Je 10 g Sandprobe wurde in 90 ml sterilem Leitungswasser aufgeschlämmt und die wässrige Phase nach geeigneter Verdünnung für die folgenden Untersuchungen verwendet.

- Gesamtkeimzahl: Ausplattieren von 3 dekadischen Verdünnungsstufen je Probe auf Nähragar, Kultur bei 37°C, 3 Tage. Der angegebene Wert (KbE) ist der Mittelwert von drei Verdünnungsstufen.
- E.coli und Coliforme Keime: Titerverfahren in DEV-Lactosebouillon, 36°C, 24 Stunden, Ausstrich auf DEV-ENDO-Agar, 36°C, 24 Stunden, Identifizierung und Differenzierung von E.Coli und Coliformen mittels typischer Stoffwechselmerkmale.
- Anaerobe, sulfitreduzierende Sporenbildner: Pasteurisieren geeigneter Verdünnungsstufen bei 80°C, 10 min. Kultur in Eisen-Sulfit-Agar unter anaeroben Bedingungen, 37°C, 3 Tage.
- Wurmeier: Probenvorbereitung: Anreicherungsverfahren mit 33%iger Zinksulfat-Lösung nach WILDHABER. Mikroskopische Auswertung.

Untersuchungsbericht der mikrobiologischen Sandanalyse vom 17.07.96

Probe	Gesamtkeimzahl KbE / g Sand	E.coli nachweisbar in x g Sand			Coliforme nachweisbar in x g Sand			Sulfitred. Anaerobier KbE pro 0,1 g Sand	Wurmeier u.a. nachweisbar in 10 g
		1g	0,1g	0,01g	1g	0,1g	0,01g		
1/1	3 730 000	+	-	-	+	+	-	0	+
1/2	470 000	+	-	-	+	-	-	0	-
1/3	70 000	-	-	-	-	-	-	0	-
2/1	6 000 000	+	-	-	+	+	-	200	-
2/2	325 000	-	-	-	+	-	-	<1000	-
2/3	275 000	-	-	-	-	-	-	100	-
3/1	1 400 000	+	-	-	+	+	+	100	-
3/2	160 000	-	-	-	+	-	-	200	-
3/3	125 000	-	-	-	+	-	-	0	-
4/1	986 700	+	+	-	+	+	-	0	+
4/2	65 000	-	-	-	-	-	-	0	-
4/3	10 000	-	-	-	-	-	-	100	-
5/1	3 600 000	-	-	-	-	-	-	0	+
5/2	500 000	-	-	-	-	-	-	200	-
5/3	345 000	-	-	-	-	-	-	600	-
5/4	1 930 000	+	-	-	+	+	-	0	+
5/5	530 000	-	-	-	-	-	-	400	-

+ = nachweisbar - = nicht nachweisbar