

**F Kombi-Kapillardichtung  
kostengünstige Dichtungsvariante  
für ein TASI konformes Oberflächen-  
abdichtungssystem**

Dr.-Ing. Ulrich Sehrbrock, Braunschweig

## **Kombi-Kapillardichtung kostengünstige Dichtungsvariante für ein TAsi konformes Oberflächenabdichtungssystem**

### **1. Allgemeines**

Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien werden, wenn sie als endgültige Dichtungssysteme angelegt sind, durch Kombination verschiedener Materialien als sogenannten Kombinationsdichtungen aufgebaut. Dazu werden Dichtungselemente, die als Konvektionssperren bezeichnet werden können (z.B. Kunststoffdichtungsbahnen oder Asphaltabdichtungen), mit Dichtungskomponenten aus mineralischen Baustoffen kombiniert. In der TA Abfall und der TA Siedlungsabfall (TAsi), bzw. nach Deponieverordnung (DepV) sind derartige Kombinationsdichtungen als Standard für den Deponiebau definiert. Im Anhang 1 der DepV wird jedoch ausdrücklich darauf verwiesen, dass ein Oberflächenabdichtungssystem auch aus gleichwertigen Systemkomponenten oder einer gleichwertigen Kombination der Systemkomponenten des Regelsystems aufgebaut werden kann.

Die Kombinationsabdichtung in einem Oberflächenabdichtungssystem nach TAsi besteht aus einer 2,5 mm dicken Kunststoffdichtungsbahn aus PEHD und einer 0,5 m dicken, 2-lagigen mineralischen Dichtung, auf welcher die Dichtungsbahn verlegt wird. Die TAsi konforme Kombinationsdichtung funktioniert bei diesem Aufbau nach dem Prinzip, dass die mineralische Komponente dann die Dichtungsfunktion übernimmt, wenn die Dichtungsbahn (Konvektionssperre) versagt. Die beiden Dichtungselemente unterstützen sich also nicht gegenseitig, sondern das eine (mineralische) Element hat nach Versagen des anderen Elementes (Konvektionssperre) die Dichtungsfunktion zu übernehmen. Da die Funktionstüchtigkeit einer Dichtungsbahn als begrenzt anzusehen ist (Versprödung), kommt der mineralischen Komponente der Kombinationsdichtung die Aufgabe zu, die langfristige Dichtungsfunktion zu gewährleisten.

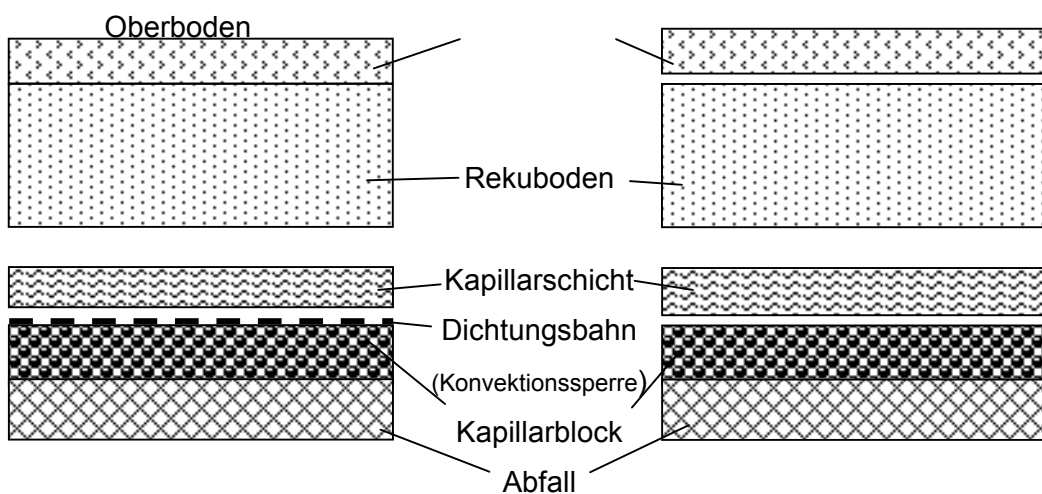
Eine in ihrer Funktionsweise abgesicherte und in der Fachwelt inzwischen anerkannte und etablierte Alternative zu der mineralischen Dichtung aus bindigen Erdstoffen ist die Kapillarsperre. Von der LAGA-Arbeitsgruppe Infiltration von Wasser in den Deponiekörper und Oberflächenabdichtungen und –abdeckungen wurde der Kapillarsperre in der am 23./24.06.99 in Nürnberg verabschiedeten Empfehlung attestiert: *"Die grundsätzliche Eignung der Kapillarsperre in Deponieoberflächenabdichtungen ist nachgewiesen."* Entsprechend lautet die Empfehlung der Arbeitsgruppe bezüglich eines Vorschlages zur Anwendung: *"- als mineralische Komponente der Regelaabdichtung in Deponien der Klasse II und bei Altdeponien (Hausmülldeponien)."*

Entsprechend dem Aufbau einer konventionellen Kombinationsdichtung wurde auch die Kapillarsperre als mineralische Dichtung bereits in verschiedenen Projekten mit einer Dichtungsbahn kombiniert. Die Konvektionssperre wurde dabei unter oder auch, analog zur Kombinationsdichtung entsprechend dem TASI-Regelsystem, über der Kapillarsperre platziert.

## 2. Konzept Kombi-Kapillardichtung

Die hier im Weiteren vorgestellte *Kombi-Kapillardichtung* wird aus einer Kapillarsperre und einer Kunststoffdichtungsbahn aufgebaut. Merkmal des Systems ist, dass die Dichtungsbahn **zwischen** dem Kapillarblock und der Kapillarschicht angeordnet wird (siehe Bild 1). Auf diese Weise bleibt das Grundprinzip des TASI-Regelsystems, eine Kombinationsdichtung einzurichten, bei der die mineralische Komponente nach Wegfall der Konvektionssperre die Dichtungsfunktion allein übernimmt, im vollem Umfang erhalten (d.h.: TA Si konform).

Bei einer verminderten Anzahl von Schichten fungiert der zuunterst aufzubauende Kapillarblock gleichzeitig als Ausgleichs- und Tragschicht und kann so lange, wie die Konvektionssperre funktionstüchtig ist, ebenfalls als Gasdränschicht genutzt werden. Die über der Konvektionssperre (i.d.R. Dichtungsbahn) platzierte Kapillarschicht funktioniert über die Lebensdauer der Dichtungsbahn als Dränschicht. Von dem Zeitpunkt an, ab welchem die Konvektionssperre ihre Aufgabe nicht mehr erfüllen kann, übernehmen die aus mineralischen Materialien bestehenden Komponenten Kapillarblock und Kapillarschicht die Abdichtungsfunktion als Kapillarsperre (siehe Bild 2).



**Bild 1:** Kombi-Kapillardichtung, Ausgangszustand, mit funktionstüchtiger Konvektionssperre

**Bild 2:** Kombi-Kapillardichtung, Endzustand, nach Ausfall der Konvektionssperre

Bei einer Lebensdauer einer Kunststoffdichtungsbahn von 100 und mehr Jahren, wie dies diesen Produkten heute attestiert wird, überdauert die Dichtungsbahn problemlos die Zeit, in welcher eine Gasproduktion in einer Deponie zu erwarten ist. Die Dichtungsbahn, als gasdichte Membran innerhalb der Kombi-Kapillardichtung, gewährleistet somit ausreichend lange, dass das Gas über eine aktive Gasfassung abgezogen werden kann.

Solange, bis sich nach den ersten Jahren nach Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems eine dem Standort entsprechende Vegetation eingestellt hat, stellt die Dichtungsbahn sicher, dass die in dieser Anfangsphase größeren, die Rekultivierungsschicht durchsickernden Wassermengen abgeleitet werden. Nach Etablierung eines optimalen, stabilen Bewuchses, welcher das Wasserspeichervermögen der Rekultivierungsschicht bestmöglich nutzt und verwertet, reduzieren sich die durchsickernden Wassermengen entsprechend, so dass die langfristig verbleibende Kapillarsperre lediglich zur dauerhaften Beherrschung dieser Sickerwassermengen auszulegen ist.

### **3. Merkmale der Kombi-Kapillardichtung**

#### **3.1 Dauerhaftigkeit**

Die Kombi-Kapillardichtung besteht, wie die Kombinationsdichtung des TASI-Regelsystems, aus einer Kunststoffdichtungsbahn als Konvektionssperre und einer aus mineralischen Materialien bestehende Komponente. In Bezug auf die grundsätzliche Haltbarkeit der verwendeten Materialien ist daher eine Gleichwertigkeit zum TASI-System gegeben.

Bekannt ist, dass mineralische Dichtungen aus bindigen Materialien langfristig austrocknen können, was eine Erhöhung der Durchlässigkeit bedeutet, bis hin zu Rissbildungen. Da die hydraulischen und mechanischen Eigenschaften der beiden Schichten einer Kapillarsperre dem gegenüber in ihrer Funktion nicht durch Wassergehaltsveränderungen negativ beeinflusst werden, ist die dauerhafte Funktionssicherheit einer Kombi-Kapillardichtung höher einzuschätzen als die einer Regeldichtung.

Wie kann der Übergang aussehen, von dem Ausgangszustand mit intakter Dichtungsbahn hin zum Endzustand, wenn die Dichtungsbahn ihre Funktion nicht mehr wahrnehmen kann? Die Dichtungsbahn wird im Laufe der Jahre verspröden. Diese Versprödung wird wahrscheinlich dazu führen, dass langfristig Risse in der Dichtungsbahn auftreten. Solange, wie diese Risse nicht größer sind als die Poren der Kapillarschicht, wirkt die gerissene Dichtungsbahn zwangsläufig als Teil dieser Kapillarschicht. Wenn sich die Risse weiter öffnen,

wirkt die Dichtungsbahn entweder als Teil des Kapillarblocks oder die Körner der Kapillarschicht fallen hindurch, so dass sich eine Grenzfläche einstellt, die einer Kapillarsperre entspricht.

Am Institut für Grundbau und Bodenmechanik der TU Braunschweig wurde untersucht, ob die Funktion der Kombi-Kapillarsperre in diesem Übergangszeitraum gesichert ist. Dazu wurde die denkbare Extremsituation nachgebildet, bei der eine in der Grenzfläche eingelegte Dichtungsbahn über verschieden lange Strecken (in Gefällerrichtung, bzw. Fließrichtung gesehen) unterbrochen wurde (Aufbau siehe Bild 3.1). Nach der Beaufschlagung mit Wasser war erkennbar, dass die eingelegten Dichtungsbahnstreifen den Wassertransport in der Kapillarschicht nicht stören, siehe Bild 3.2. Ein Durchbruch in den Kapillarblock trat bei keinem der Versuche auf.



**Bild 3.1:** Versuchsaufbau



**Bild 3.2:** Dichtungsbahnstreifen in der Grenzfläche

### 3.2 Setzungsempfindlichkeit

Die Schichten einer Kombi-Kapillardichtung bestehen aus rolligen Materialien (Sand und Kies). Bei Verformungen des Untergrundes können diese Materialien der Änderung des Auflagers durch Verschiebungen innerhalb des Korngerüstes folgen, ohne dass daraus Veränderungen der hydraulischen oder mechanischen Eigenschaften der Schichten resultieren.

Die Platzierung der Kunststoffdichtungsbahn zwischen Kapillarblock und Kapillarschicht sichert eine - für die Funktion der Kapillarsperre wichtige - absolut stetige Grenzfläche. Bei Setzungen des Untergrundes gewährleistet die Dichtungsbahn allein durch ihre Existenz,

dass erzwungene Gefügeverschiebungen innerhalb der rolligen Schichten nicht zu einer Störung der zuverlässig durch die Dichtungsbahn gesicherten Grenzfläche führen können.

Die Kombi-Kapillardichtung ist somit eine in hohem Maße setzungsunempfindliche Kombinationsdichtung. Bei Verwendung dieser Dichtungsvariante kann daher gegebenenfalls auf den Einbau eines temporären Oberflächenabdichtungssystems verzichtet und gleich - mit der Kombi-Kapillardichtung als Bestandteil - ein endgültiges Abdichtungssystem aufgebracht werden.

### 3.3 Standsicherheit

Die Kombi-Kapillardichtung besteht mit Kapillarblock, Dichtungsbahn und Kapillarschicht aus drei Schichten. Da unterhalb der Dichtungsbahn Grobsand/Feinkies (Kapillarblock) und oberhalb der Dichtungsbahn Sand (Kapillarschicht) eingebaut wird, ist - da von beiden Körnungen aufgrund der zu einzusetzenden Korngrößen und der geringen Belastung durch die Rekultivierungsschicht keine Gefahr einer Beschädigung der Dichtungsbahn ausgeht - im Unterschied zur TASI-Regeldichtung keine Schutzlage erforderlich. Unter Berücksichtigung des Untergrundes (Deponiekörper) und des Rekultivierungsbodens sind daher zur Untersuchung der Gleitsicherheit in den potentiellen Fugen lediglich 4 Grenzflächen zu betrachten:

- |    |                 |   |                       |
|----|-----------------|---|-----------------------|
| 1. | Deponiekörper   | ↔ | Kapillarblock         |
| 2. | Kapillarblock   | ↔ | Dichtungsbahn         |
| 3. | Dichtungsbahn   | ↔ | Kapillarschicht       |
| 4. | Kapillarschicht | ↔ | Rekultivierungsboden. |

Demgegenüber weist ein TASI-Regelsystem mindestens 6 Trennfugen auf:

- |    |                             |   |                             |
|----|-----------------------------|---|-----------------------------|
| 1. | Deponiekörper               | ↔ | Trag- und Ausgleichsschicht |
| 2. | Trag- und Ausgleichsschicht | ↔ | mineralische Dichtung       |
| 3. | mineralische Dichtung       | ↔ | Dichtungsbahn               |
| 4. | Dichtungsbahn               | ↔ | Schutzschicht               |
| 5. | Schutzschicht               | ↔ | Dränschicht                 |
| 6. | Dränschicht                 | ↔ | Rekultivierungsboden.       |

Oft ist noch zwischen Trag- und Ausgleichsschicht und mineralischer Dichtung sowie zwischen Dränschicht und Rekultivierungsboden ein Trennvlies sinnvoll, wodurch sich die Zahl der Trennfugen auf 8 erhöhen kann.

Die bekanntermaßen problematischen Fugen sind die an der Unter- und der Oberseite der Dichtungsbahn. Bei Einsatz einer beidseitig profilierten Dichtungsbahn (z.B. sandrau) sind Böschungsneigungen bis 1 : 3 problemlos möglich. Je nach Art der eingesetzten Materialien und Dichtungsbahnprodukte ist die Kombi-Kapillardichtung auch bei Neigungen bis 1 : 2,7 standsicher einsetzbar und ist somit in dieser Hinsicht dem TASI-Regelsystem ebenbürtig bzw. überlegen.

### **3.4 Baubetriebliche Belange**

Ein Dichtungssystem mit Kombi-Kapillardichtung besteht grundsätzlich aus einer geringeren Anzahl von Schichten als das TASI-Regelsystem, was den Aufbau naturgemäß vereinfacht. Sowohl der Materialeinsatz, als auch der logistische und maschinentechnische Aufwand lassen sich gegenüber dem beim Aufbau eines TASI-Regelsystems notwendigen erheblich reduzieren.

Da die Kombi-Kapillardichtung aus schüttfähigen, nichtbindigen Materialien aufgebaut wird, ist eine Verdichtung in dem Maße, wie dies für den Aufbau einer Dichtung aus bindigem Material erforderlich ist, nicht notwendig. Die durch den Verteilungsbetrieb beim Ausschleppen der rolligen Materialien eingetragene Energie reicht bei den relativ enggestuften Sanden und Kiesen aus, um eine etwa mitteldichte Lagerung zu gewährleisten. Entsprechend können auch an das Planum (die Deponieoberfläche) wesentlich geringere Anforderungen gestellt werden, als wenn darauf eine mineralische Dichtung aufgebaut werden sollte.

Der Einbau von Kapillarblock und -schicht ist weitgehend witterungsunabhängig möglich. Die beim Einbau mineralischer Dichtungen aus bindigen Erdstoffen häufig durch Niederschläge oder Austrocknung auftretenden Erschwernisse können beim Einbau der nichtbindigen Materialien nicht auftreten. Arbeitsabläufe und die grundsätzlich ohnehin kürzeren Bauzeiten lassen sich somit deutlich besser kalkulieren.

Beim Bau einer konventionellen Kapillarsperre ist die Herstellung einer exakten Grenzfläche zwischen Kapillarblock und -schicht vergleichsweise aufwendig. Um den Übergang sauber herstellen zu können, wird zur Vereinfachung des öfteren ein Trennvlies eingebaut. Dadurch, dass beim Bau der Kombi-Kapillardichtung planmäßig eine Dichtungsbahn in dieser kritischen Grenzfläche verlegt wird, vereinfacht sich der Bau des Gesamtsystems deutlich. Durch die Dichtungsbahn vereinfacht sich nicht nur die Herstellung einer optimalen Grenzfläche, sondern es ist gleichzeitig auch sichergestellt, dass diese Fuge beim weiteren Bauablauf nicht wieder zerstört werden kann.

### 3.5 Bemessung

Eine Kombi-Kapillardichtung ist wie eine Kapillarsperre zu bemessen. Wesentliche Größe ist die Dränkapazität. Dieser Parameter ist ein Maß dafür, wieviel Wasser in der Kapillarschicht bei einer gegebenen Neigung gehalten und transportiert werden kann. Nach der Dränkapazität können Schichtdicke und Entfernung zwischen möglicherweise erforderlichen Querdränagen optimiert werden.

Die Mindestneigung für den sinnvollen Einsatz einer Kapillarsperre liegt, lt. LAGA-Arbeitsgruppe etwa bei 1 : 7 (entspr.  $\approx 8^\circ$ ). Um eventuell erforderliche Querdränagen zu minimieren, wird vom Verfasser für den Einsatz einer Kombi-Kapillardichtung eine Mindestneigung von etwa  $10^\circ$ , bzw. ab ca. 1 : 6, empfohlen. Mit zunehmender Neigung verbessert sich das Wasserleitvermögen der Kapillarschicht entsprechend.

Zur Ermittlung der Dränkapazität werden Kipprinnen eingesetzt, in denen die Verhältnisse im Maßstab 1 : 1 untersucht werden können. Die Kosten für einen solchen Kipprinnenversuch entsprechen etwa denen einer Eignungsprüfung für bindiges mineralisches Dichtungsmaterial. Bild 4 zeigt beispielhaft eine solche Kipprinne.



**Bild 4:** Kipprinne, die bei der CDM Jessberger GmbH zur Verfügung steht



### **3.6 Materialien**

Die Kapillarschicht einer Kombi-Kapillardichtung ist aus Sand (in der Regel Mittelsand) auszubilden. Je gröber der Sand, desto günstiger fällt der Durchlässigkeitsbeiwert aus. Da sich das kapillare Haltevermögen jedoch gegenläufig entwickelt, sind Material und der Abstand eventueller Querdränagen auf die jeweilige Situation abzustimmen (siehe Bemessung). Die Schichtdicke lässt sich etwa auf 30 - 40 cm abschätzen.

Der Kapillarblock einer Kombi-Kapillardichtung ist aus Kies (in der Regel Fein- bis Mittelkies) auszubilden. Die Körnung ist auf die der Kapillarschicht abzustimmen. Die Schichtdicke ist unter Berücksichtigung der Durchlässigkeit auf eventuelle Aufgaben als Ausgleichs- und Gasdränschicht auszulegen. Diese Aufgaben bestimmen im wesentlichen die Schichtdicke des Kapillarblocks. Je nach Beschaffenheit und Möglichkeiten bei der Herrichtung der Abfalloberfläche ist von einer erforderlichen Schichtdicke von etwa 15 – 30 cm auszugehen.

Als Konvektionssperre kann, entsprechend dem TASI-Regelsystem, standardmäßig eine 2,5 mm dicke, BAM-zugelassene Dichtungsbahn aus PEHD (glatt oder profiliert) verwendet werden.

Die Dichtung einer Kombi-Kapillardichtung nach Versagen der Kunststoffdichtungsbahn ist bei detaillierter Betrachtung die Grenzfläche zwischen den mineralischen Schichten Kapillarschicht und Kapillarblock. Der Kapillarblock liegt daher sowohl in der Phase mit funktionsfähiger Dichtungsbahn als auch danach unter der eigentlichen Dichtung. Grundsätzlich könnten daher auch belastete Materialien (bis Z2) eingesetzt werden. In jedem Fall sind Recyclingmaterialien, wie Schmelzkammergranulat, Glasbruch o.ä., möglich und wirtschaftlich sinnvoll.

Der Einsatz einer dünneren Dichtungsbahn als 2,5 mm ist im Einklang mit der DepV, § 14 (5), möglicherweise bei solchen Deponien genehmigungsfähig, bei denen die Ablagerungsphase vor 2005 beendet wird.

### **3.7 Wirtschaftlichkeit**

Ein Vergleich der Kosten für ein Oberflächenabdichtungssystem nach TASI und eines mit einer Kombi-Kapillardichtung fällt dadurch immer positiv für die Variante mit Kombi-Kapillardichtung aus, weil bei dieser Ausführung eine Anzahl von Schichten schlicht entfallen kann.

Neben dem Wegfall weniger kostspieliger Schichten, wie Trennvliese und Schutzlage, macht der mögliche Verzicht auf die aus bindigen Materialien hergestellte mineralische Dichtung den wesentlichen Einspareffekt aus. Die konkret einsparbare Summe hängt naturgemäß erheblich von der Verfügbarkeit der benötigten Materialien ab.

Einen beispielhaften Kostenvergleich zwischen einem Oberflächenabdichtungssystem nach TAsi und einem mit einer Kombi-Kapillardichtung ist in Tabelle 1 zusammengestellt:

<b>Schichten</b>	<b>TAsi €/ m<sup>2</sup></b>	<b>Kombi-Kapillardichtung €/ m<sup>2</sup></b>
Rekultivierungsboden (einschl. Oberboden)	10,--	10,--
Trennvlies	1,25	- entfällt -
Dränschicht (Kapillarschicht)	10,--	8,50
Schutzlage	6,50	- entfällt -
Dichtungsbahn	10,50	10,50
mineralische Dichtung	17,50	- entfällt -
Trennvlies	1,25	- entfällt -
Trag-, Drän- und Aus- gleichsschicht (Kapillarblock)	10,--	12,--
<b>Summe</b>	<b>67,50</b>	<b>41,--</b>

**Tabelle 1:** Kostengegenüberstellung

Neben den wirtschaftlichen Vorteilen bei den Baukosten ergeben sich für die Kombi-Kapillardichtung auch Kosteneinsparungen aufgrund der versuchstechnisch weniger aufwendigen Qualitätsüberwachung. Die Bestimmung von Wassergehalt, Dichte und Durchlässigkeitsbeiwert erübrigen sich. Eine Überprüfung der Körnungslinien von Kapillarschicht und -block ist grundsätzlich ausreichend. Da die Wirksamkeit der verwendeten mineralischen Materialien, die zuvor im Kipprinnenversuch auf ihre Eignung großmaßstäblich (Maßstab 1 : 1) hin untersucht wurden, nicht durch Einflüsse beim Einbau auf der Baustelle verändert wird - anders als beim Einbau bindiger, wassergehaltssensibler Böden - könnte auf ein Versuchsfeld in der üblichen Form aus fachlicher Sicht verzichtet werden. Ein anfänglich von Fremdprüfung und Eigenüberwachung intensiver begleiteter Einbau könnte den Aufbau eines Versuchsfeldes, das zurückzubauen ist, ohne Minderung des Qualitätsstandards entbehrlich machen.