

L 8318-9	2	Nordöstlich von Markelfingen	86 ha
Hasenweiler-Schotter (qHWg) [bisher: Schotter des Würm-Komplexes, qWK]	Kiese und Sande f. d. Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag {Früher erzeugte Produkte: Natursande, Rundkiese, Beton-/Mörtelzuschlag, Kies-Sand-Gemische, Splitte und Brechsande, Wacken}		
10 m	(1) Seismik-Schussbohrung BO8219/499, im zentralen Bereich des Vorkommens, Lage: R: ³⁴ 99 410, H: ⁵² 90 620, Ansatzhöhe: 445 m NN		
52 m	(2) Spülbohrung BO8219/532, im Westen des Vorkommens, Lage: R: ³⁴ 98 931, H: ⁵² 90 600, Ansatzhöhe: 442,8 m NN		
7 m	(3) Rammkernbohrung BO8219/739, im Norden des Vorkommens, Lage: R: ³⁴ 99 492, H: ⁵² 91 025, Ansatzhöhe: 431 m NN		
56,5 m	(4) Ehem. NW-Abbauwand in der aufgelassenen Kiesgrube Radolfzell am Bodensee-Markelfingen (RG 8219-2), etwas außerhalb des Vorkommens, Lage: R: ³⁴ 99 693, H: ⁵² 90 383, Ansatzhöhe: 445 m NN (Aufnahme: GLA 1991)		
5,4 m			
32,2 m			
14 m			
43 m			
Gesteinsbeschreibung: Die sog. Markelfinger Kiese sind horizontal geschichtet mit Schrägschichtungspaketen und sporadisch eingeschalteten Sandlinsen (SCHREINER 1989b). Die Sandkörper, oft kiesige Grobsande, sind bis zu 2 m mächtig. Die Schrägschichtungskörper sind besonders im tieferen Abschnitt anzutreffen und bestehen aus besser sortierten Kiesen (GLA 1990a). Die Kiese der obersten Lagen im Bereich „Hirschbrunnen“ und „Hohreute“ fallen schwach nach Westen ein und weisen einen erhöhten Matrixgehalt auf (GLA 1990a). Der rinnenförmig in die Molasse eingetieft Kieskörper (SCHREINER 1989b) wird durch einzelne Block- und Stillwassersedimentlagen gegliedert. Die schwach schluffigen, sandigen, fein- bis mittelkiesigen Grobkiese weisen ein überwiegend alpines Geröllspektrum ohne Gerölle mit Verwitterungsanzeichen auf, lediglich die Molasse-sandsteine sind angewittert. Die Sandfraktion (Anteil ca. 30 %) besteht zu etwa 2/3 aus Mittelsand. Fein- und Grobsand sind zu etwa gleichen Teilen vertreten. Die Markelfinger Kiese sind fest gelagert und besonders im unmittelbaren Liegenden von Geschiebemergeln und in der Nähe der sog. Schluffmauer in Lagen oder unregelmäßigen Körpern zu Nagelfluh verfestigt (GLA 1990a). Die Gerölle sind bis zu 25 cm groß.			
Analysen: Analyse des GLA (1991) der repräsentativen <u>Kies-Einzelprobe</u> (ohne Probennummer) aus der ehemaligen Kiesgrube Radolfzell am Bodensee-Markelfingen RG 8219-2: (1) <u>Korngrößenverteilung</u> : Ton und Schluff (< 0,063 mm): 1,7 %; Sand 0,063–2 mm: 29,1 %; Feinsand (0,063–0,2 mm): 4,9 %; Mittelsand (0,2–0,63 mm): 17,9 %; Grobsand (0,63–2 mm): 6,3 %; Fein- bis Mittelkies (2–16 mm): 24,4 %; Grobkies (16–63 mm): 44,8 %. (2) <u>Geröllspektrum</u> an der Fraktion 8–11,2 mm: 5,8 % Quarz; 16,7 % Gneis; 14,5 % Sandstein; 35,8 % Kalksandstein; 27,2 % Kalkstein. Verwitterte Komponenten wurden bis auf vereinzelte mürbe Molassesandsteine keine festgestellt. (3) <u>Karbonatgehalt der Sandfraktion</u> (0–2 mm): 30,3 %.			
Vereinfachte Profile: (1) Seismik-Schussbohrung BO8219/499, Lage s. o. 0,0 – 1,0 m Lehm (Moränensediment) [Abraum] 1,0 – 10,0 m Moränensedimente der Tettang-Subformation [Abraum] 10,0 – 62,0 m Kiese und Sande (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] – darunter grauer toniger Mergelstein (Hasenweiler-Beckensedimente) –			
(2) Spülbohrung BO8219/532, Lage s. o. 0,0 – 7,0 m Schluff, stark feinsandig, wechselnd stark kiesig, braungrau (Moränensedimente der Tettang-Subformation) [Abraum] 7,0 – 24,5 m Fein- bis Grobkies, stark sandig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] 24,5 – 41,5 m Fein- bis Grobkies, stark sandig, schluffig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] 41,5 – 44,0 m Fein- bis Grobkies, stark sandig, schwach schluffig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] 44,0 – 53,0 m Fein- bis Grobkies, stark sandig, schluffig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] 53,0 – 63,5 m Fein- bis Mittelkies, sandig, stark schluffig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] – darunter Schluff, tonig, sandig (Hasenweiler-Beckensediment) –			
(3) Rammkernbohrung BO8219/739, Lage s. o. 0,0 – 0,15 m Mutterboden, humos [Abraum] 0,15 – 2,2 m Lehm, stark feinsandig, stark kiesig, beige (Kiesverwitterungslehm) [Abraum] 2,2 – 3,0 m Grobkies, sandig, schluffig, z. T. steinig, graubeige (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] 3,0 – 6,0 m Fein- bis Mittelkies, stark sandig, schwach schluffig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] 6,0 – 8,0 m Kies, sandig, stark grobkiesig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] 8,0 – 12,0 m Fein-bis Mittelkies, stark sandig, schwach schluffig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] 12,0 – 13,7 m Feinsand, stark mittelsandig, beigegrau, bei 12,7–13,0 m zu Sandstein verfestigt, an der Basis schluffig (Hasenweiler-Beckensediment) [Abraum] 13,7 – 14,5 m Kies, sandig, schwach schluffig, stark grobkiesig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] 14,5 – 15,0 m Feinsand, schluffig, z. T. steinig, beigegrau (Hasenweiler-Beckensediment) [Abraum] 15,0 – 17,0 m Fein-bis Mittelkies, stark grobkiesig, stark sandig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht] 17,0 – 20,0 m „Groblage“ aus Steinen, stark feinkiesig, nagelfluhartig verbacken, grau			

			(Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
20,0	–	21,0 m	Feinkies, stark sandig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
21,0	–	22,0 m	Grobkies, stark steinig, an der Basis schluffig, nagelfluhartig verbacken, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
22,0	–	23,0 m	Schluff und Kies, sandig, grobkiesig, grau (Diamikt der Tettang-Subformation) [Abraum]
23,0	–	26,0 m	Kies, sandig, schwach schluffig, stark steinig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
26,0	–	29,0 m	Kies, sandig, schwach grobkiesig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
29,0	–	33,0 m	Grobkies, schwach sandig, an der Basis stärker sandig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
33,0	–	34,0 m	Kies, sandig, stark steinig, grau (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
34,0	–	36,0 m	Grobsand, stark fein- bis mittelkiesig, schwach steinig, graubeige (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
36,0	–	37,6 m	Sand, stark feinkiesig, beige (Aufarbeitungshorizont) (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
– darunter Feinsand, schwach tonig, schwach schluffig, glimmerführend, olivbeige (Obere Meeresmolasse?) –			
(4) Ehem. NW-Abbauwand der aufgelassenen Kiesgrube Radolfzell am Bodensee-Markelfingen (RG 8219-2), Lage s. o.			
445,0	–	444,5 m	Humoser Oberboden [Abraum]
444,5	–	439,0 m	sandig-schluffiges Moränensediment, gelblich (Tettang-Subformation) [Abraum]
439,0	–	408,0 m	Grobkies, fein- bis mittelkiesig, sandig, schwach schluffig, hellgrau, mit Groblagen und Sandlinsen (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
408,0	–	400,0 m	Moränensediment der Tettang-Subformation [Abraum]
400,0	–	388,0 m	Fein- bis Grobkies, z. T. steinig, sandig (Hasenweiler-Schotter) [Nutzschicht]
– darunter Schluff, tonig, sandig (Hasenweiler-Beckensediment) –			

Nutzbare Mächtigkeit: Die Erkundungsbohrungen ergaben sandige Kiese in einer nutzbaren Gesamtmächtigkeit zwischen 15 m am Rand der Rinne bis maximal 56,5 m. Im Mittel liegt diese bei 38 m. Die Kiesbasis bilden meist die feinkörnigen Hasenweiler-Beckensedimente (= Beckenton, karbonatisch, und feinsandige Schluffe), untergeordnet Geschiebemergel der Tettang-Subformation sowie Feinsande und Sandschiefer der Oberen Meeresmolasse. **Abraum:** Der Abraum besteht im Wesentlichen aus Moränensedimenten (Tettang-Subformation) mit einer häufig lehmigen Verwitterungsschicht, untergeordnet aus Kiesverwitterungslehm, sowie schluffigem Feinsand zwischen 0,2 und 10 m, im Mittel bei 3,5 m Mächtigkeit. Daneben kommen v. a. im oberen Abschnitt der sandigen Kiese oft mehrere Lagen aus feinkörnigen Beckensedimenten und Geschiebemergeln von mehreren dm–mehreren m Mächtigkeit vor. Dadurch erhöht sich die mittlere Gesamtabraumächtigkeit auf 4 m (min. 1 m, max. 10 m). Weiterhin treten im Südsüdwesten als Besonderheit die „Schluffmauer“ sowie weitere sedimentäre Gänge auf, welche die Markelfinger Kiese vertikal gliedern (GLA 1990a).

Grundwasser: Nach GLA (1988) liegt im nördlichen Teil der aufgelassenen Kiesgrube Radolfzell-Markelfingen (RG 8219-2) die Grundwasseroberfläche bei ca. 407 m NN. Im südlichen Abschnitt wird das Kieslager von einer senkrecht stehenden, 0,5–1 m breiten Spalte, der „Schluffmauer“, durchzogen. Südlich davon liegt der Grundwasserspiegel ca. 5 m tiefer bei 402 m NN. Im überwiegenden Teil des Kiesvorkommens befindet sich der Grundwasserspiegel bei etwa 406–408 m NN (GLA 1988). Nördlich der Schluffmauer strömt das Grundwasser mit sehr geringem Gefälle (10 cm auf 1 km) nach Süden bis Südosten (GLA 1988). Demnach ist im Vorkommen der obere, ca. 30 m mächtige Abschnitt der nutzbaren Kiese trocken, während der untere, ca. 20 m mächtige Teil grundwassererfüllt ist.

Mögliche Abbauerschwernisse: Es muss stellenweise mit bis zu 5 m mächtigen nagelfluhartigen Verfestigungen von Kiesen und „Groblagen“ sowie mit Verfestigungen von Feinsand zu Sandstein gerechnet werden. Am Südwestrand kommen die etwa WSW–ESE verlaufende „Schluffmauer“ sowie weitere sedimentäre Gänge vor, welche die Markelfinger Kiese gliedern (GLA 1990a). Außerdem treten Einschaltungen von feinkörnigen Beckensedimenten und kiesigen Schlufflagen (= Diamikten) auf.

Flächenabgrenzung: Nordosten: Mächtige Moränensedimente im Bereich „Alter Bohl“. Norden und Osten: Autobahnähnliche B 33. Südosten: Fortsetzung des Vorkommens auf dem Blattgebiet L 8320 Konstanz. Süden: Mächtige Moränensedimente, untergeordnet auch feinkörnige Beckensedimente, sandige Kiese nur noch lagenweise als Einschaltungen oder an der Basis der mächtigen Deckschichten vorhanden, Nordrand der Bebauung von Markelfingen. Südwesten: Rand der Rinne und Radolfzell. Westen: Waldfriedhof.

Erläuterungen zur Bewertung: (1) Die Bewertung beruht auf folgenden Daten und Unterlagen: (a) Gutachten des LGRB (2001) zur „Rohstoffgeologischen Beurteilung von geplanten Vorrang- und Sicherungsbereichen für den Rohstoffabbau in der Region Hochrhein-Bodensee“, (b) Geländebegehung im Jahr 2014, (c) Auswertung mehrerer Erkundungsbohrungen der Industrie und der Wasserwirtschaft (BO8219/104–105, BO8219/327, BO8219/496–501, BO8219/511, BO8219/515–517, BO8219/525, BO8219/530–533, BO8219/535–536, BO8219/736–739, BO8219/1157–1162, BO8219/1169, BO8220/97, BO8220/174 und BO8220/356, (d) Stellungnahmen des GLA (1988) und des GLA (1990), und e) der Auswertung der Geologischen Karte (GK 25) von Baden-Württemberg, Bl. 8219 Singen (SCHREINER 1989a, 1989b). (2) Bezogen auf die Größe des Vorkommens liegen zu wenige Erkundungsbohrungen vor, welche die Kiesbasis erreicht haben. Da vielfach nur Spülbohrungen und vom Bereich K 6107–Waldfriedhof nur wenige Bohrungen vorliegen, sind zur Klärung der nutzbaren Mächtigkeiten und der Zusammensetzung der nutzbaren Abfolge sowie zur Ermittlung des aktuellen Grundwasserstands mehrere Rammkernbohrungen erforderlich.

Sonstiges: (1) Die oberflächlich drumlinisierten Markelfinger Kiese bilden einen langgestreckten Rücken zwi-

schen dem glazial übertieften Markelfinger Winkel und dem Mindelsee-Becken nördlich davon (ELLWANGER 1990; HABBE 1996). Von SCHREINER (1989b) werden die Markelfinger Kiese als „würmzeitliche Vorstoßschotter“, von ELLWANGER (1990) als Kamesterrassenablagerungen gedeutet. Nach einem Modell von HABBE (1996) verlief die Entstehung der Markelfinger Kiese dreiphasig. Danach wurden zunächst bei einem Gletschervorstoß die Markelfinger Kiese als Kamesterrasse zwischen Gletscher und damaligen Beckenrand abgelagert. Bei einem höheren Gletscherstand, verbunden mit Seitenerosion, vermutlich Bildung einer weiteren Kamesterrasse auf höherem Niveau. Bei einem nachfolgend nochmals erfolgten Gletschervorstoß mit wachsendem subglazialen Druck rasche Eintiefung des Mindelsee-Beckens, dabei wurde die Markelfinger Kamesterrasse durch überlagerndes, stagnierendes Eis vor der Erosion geschützt (HABBE 1996). (2) Die ehemalige Kiesgrube Radolfzell am Bodensee-Markelfingen (RG 8219-2) ist bereits in einer Mächtigkeit von etwa 10–20 m weitgehend verfüllt worden, so dass der darunter befindliche Kies nicht mehr gewonnen werden kann. 1998 wurde die Kiesgrube stillgelegt.

Zusammenfassung: Die Markelfinger Kiese werden aus schwach schluffigen, sandigen, fein- bis mittelkiesigen Grobkiesen mit einem überwiegend alpinen Geröllspektrum aufgebaut. Die mittlere nutzbare Mächtigkeit liegt bei 38 m, am Rand der Rinne ist diese auf etwa 15 m reduziert, die maximale nutzbare Mächtigkeit beträgt 56,5 m. Während der obere Abschnitt der nutzbaren Kiese in einer Mächtigkeit von ca. 30 m nicht grundwassererfüllt ist, befindet sich der untere Abschnitt mit einer Mächtigkeit von etwa 20 m im Grundwasser. In der ehemaligen Kiesgrube Radolfzell am Bodensee-Markelfingen (RG 8219-2) wurden die Markelfinger Kiese in einer Mächtigkeit von 12–30 m trocken abgebaut, heute ist die aufgelassene Kiesgrube aber weitgehend in einer Mächtigkeit von 10–20 m verfüllt, so dass der untere Teil des Kieslagers dort nicht mehr genutzt werden kann. Der Abraum besteht im Wesentlichen aus Moränensedimenten der Deckschichten und Einschaltungen von feinkörnigen Beckensedimenten. Die mittlere Gesamtabraummächtigkeit liegt bei 4 m und variiert zwischen 1 m und 10 m. Das Vorkommen besitzt damit ein Abraum-/Nutzschicht-Verhältnis von etwa 1 : 10. Das Kiesvorkommen kann in seiner vollen nutzbaren Mächtigkeit nur durch einen kombinierten Trocken- und Nassabbau genutzt werden. Das Lagerstättenpotenzial des Vorkommens wird aufgrund seiner mittleren Flächengröße und einer durchschnittlichen Mächtigkeit von voraussichtlich etwa 38 m als mittel bis hoch eingestuft