



**Gemeinde
Steinach
im Kinzigtal**

Baugebiet „Mittelgrün“

Grundwassermodelluntersuchung im Bereich des Neubaugebiet „Mittelgrün“

Erläuterungsbericht

Hügelsheim, den 4. April 2008

Projektbearbeitung:

Dipl.-Ing. H. Gärtner
Dipl.-Ing. U. Ronecker

WALD + CORBE Beratende Ingenieure

**- INHALTSVERZEICHNIS -**

1	Ausgangssituation und Aufgabenstellung	1
2	Datengrundlagen	2
2.1	Geologische Daten	2
2.2	Grundwasserdaten	2
2.3	Digitales Geländemodell	2
2.4	Erfassung der Fließgewässer im Modellgebiet	2
2.5	Pegeldaten der Fließgewässer im Modellgebiet	3
2.6	Planungsgrundlagen	3
3	Aufbau eines gekoppelten Grundwasser- Oberflächengewässermodells	4
3.1	Allgemeines zur Methodik und zu den eingesetzten Modellen	4
3.2	Modellaufbau Fließgewässersystem	4
3.3	Aufbau Grundwassermodell	5
3.3.1	Modellgebiet und Diskretisierung	5
3.3.2	Aquiferdurchlässigkeit	5
3.3.3	Zu- und Abfluss am Modellrand	6
3.3.4	Grundwasserneubildung	6
4	Modellanpassung	7
4.1	Fließgewässermodell	7
4.1.1	Kinzig	7
4.1.2	Mühlbach, Mühlkanal und Schattenbach	7
4.2	Grundwassermodell	7
4.2.1	Stationäre Modellanpassung	7
4.2.2	Instationäre Modellanpassung	8

5	Hydraulische Untersuchung des Ist-Zustandes	9
5.1	Fließgewässer	9
5.1.1	Schattenbach und Mühlbach	9
5.1.2	Kinzig	10
5.2	Grundwasserstände	13
6	Untersuchung des Plan-Zustandes (Prognose)	15
6.1	Beschreibung des Plan-Zustandes	15
6.2	Beeinflussung der Grundwasserstände bei MW	16
6.3	Beeinflussung der Grundwasserstände bei Hochwasser im Mühlbach	16
6.4	Beeinflussung der Grundwasserstände bei Kinzighochwasser	17
7	Empfehlungen	18
7.1	Regulierung der Grundwasserstände	18
7.2	Schüttmaterial	18
7.3	Versickerung von Regenwasser im Baugebiet	18
8	Zusammenfassung	19

1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Die Gemeinde Steinach plant im Bereich „Mittelgrün“ ein neues Baugebiet zu erschließen. Das Plangebiet liegt am südlichen Ortsrand zwischen Kinzigdamm und dem bestehenden Mischgebiet entlang der Kreisstrasse und umfasst eine Fläche von ca. 2,4 ha. Die derzeitigen Geländehöhen in dem Baugebiet liegen zwischen 201,5 m+NN und 202,5 m+NN.

Das Gebiet weist geringe Grundwasserflurabstände auf, so dass bei Kinzighochwasser durch erhöhten Druckwasseranfall in diesem Bereich Grundwasser über Gelände austreten und zu flächigen Überflutungen führen kann. Überflutungen können aber auch durch Rückstau im Schattenbach auftreten, wenn der Welschensteinacher Talbach Hochwasser führt.

Aus diesem Grund ist vorgesehen, das Baugebiet großflächig im Bereich der privaten Grundstücke und Straßen aufzuschütten. Zur Ableitung von Regenwasser soll ein offenes Grabensystem geschaffen werden.

Um die Auswirkungen des geplanten Baugebietes auf die Grundwasserverhältnisse aufzeigen, erforderliche Anpassungsmaßnahmen vorschlagen und Bemessungsgrößen für die weiteren technischen Planungen angeben zu können, sollte eine Grundwassermodelluntersuchung durchgeführt werden. Hierzu sollte ein für die Fragestellungen geeignetes Grundwassermodell erstellt werden, mit dem unterschiedliche hydrologische Randbedingungen untersucht werden können. Neben der Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Kinzig sollten dabei auch die Beeinflussungen durch Hochwasser im Welschensteinacher Talbach berücksichtigt werden.

Die Bemessung des Regenwasserableitungssystems war nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

In Anlage 1 ist die Lage des geplanten Baugebietes eingetragen und das festgelegte Untersuchungsgebiet dargestellt.

2 Datengrundlagen

Der Untersuchung liegen folgende Daten zugrunde:

2.1 Geologische Daten

Als wesentliche Arbeitsgrundlage für die Erstellung des numerischen Grundwassermodells standen für die Untersuchung 15 Bohrprofile zur Verfügung, die vom Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, bereitgestellt wurden. In **Anlage 2.1** ist das Modellgebiet und die Lage der Bohraufschlüsse im Lageplan dargestellt. Anhand dieser Aufschlussdaten konnte der Grundwasserleiter im Modell erfasst werden.

2.2 Grundwasserdaten

Im Modellgebiet gibt es keine amtlichen Grundwassermessstellen. Es konnte jedoch auf 2 Messstellen zurückgegriffen werden, die 2005 von der Gemeinde Steinach eingerichtet wurden.

Für die Grundwassermessstelle „Pumpenhaus“ lagen Grundwasserstandsmessungen für den Zeitraum vom 29.05.2006 bis 1.02.2008 und für die Grundwassermessstelle „Buchholz“ für den Zeitraum vom 11.01.2007 bis 1.08. 2008 vor.

Die Lage der beiden Messstellen ist in **Anlage 1** dargestellt. **Anlage 2.2** zeigt die beobachteten Grundwasserstände.

2.3 Digitales Geländemodell

Laserscanner-Daten in Form von transformierten Rohdaten wurden von der Landesanstalt für Umwelt und Naturschutz Baden- Württemberg zur Verfügung gestellt. Mit diesen Daten wurde ein digitales Geländemodell (DGM) im 20 m Raster für das Untersuchungsgebiet aufgebaut. Das Geländemodell wurde zum Aufbau des Grundwassermodells verwendet.

2.4 Erfassung der Fließgewässer im Modellgebiet

Die Fließgewässer im Modellgebiet konnten anhand vermessener Querprofile erfasst werden. Die Profile der Kinzig wurden vom Regierungspräsidium Freiburg, Referat 53.1, von Fluss-km

32+250 bis Fluss-km 55+800 zur Verfügung gestellt. Für den Welschensteinacher Bach wurden Querprofile aus der HWGK-Vermessung des Landes über das Ingenieurbüro ISTW Planungsgesellschaft mbH, Ludwigsburg, beschafft. Der Mühlkanal und der Schattenbach wurden vom Ingenieurbüro Weissenrieder, Offenburg, im Rahmen dieses Projektes vermessen.

2.5 Pegeldaten der Fließgewässer im Modellgebiet

Vom Landratsamt Ortenaukreis wurden Pegeldata für die Kinzig am Pegel Schwaibach und am Pegel Hausach zur Verfügung gestellt. Hieraus konnten die Abflüsse in der Kinzig im Bereich der Ortslage Steinach für historische Hochwasserereignisse und die statistischen Abflüsse (MW, MHW) abgeleitet werden. An den übrigen Gewässern, die in die Untersuchung einbezogen wurden, gibt es keine Pegel.

Für den Welschensteinacher Bach (Mühlbach) konnten die entsprechenden statistischen Abflusswerte über die Hochwasserregionalisierung des Landes ermittelt werden.

Der Schattenbach entspringt im Untersuchungsgebiet und hat keinen Zufluss von außerhalb.

In den Mühlbach wird nur in hochwasserfreien Zeiten von der Kinzig her Wasser eingeleitet. Im Hochwasserfall wird das vorhandene Ausleitungsbauwerk an der Kinzig geschlossen, so dass kein Kinzigwasser zufließt.

2.6 Planungsgrundlagen

Die Lage des geplanten Neubaugebiets wurde den Planunterlagen (Bebauungsplan Mittelgrün Steinach) des Architekturbüros Nassall entnommen.

13/6
B

3 Aufbau eines gekoppelten Grundwasser-Oberflächengewässermodells

3.1 Allgemeines zur Methodik und zu den eingesetzten Modellen

Die Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet werden maßgeblich durch die Wasserstände in den vorhandenen Fließgewässern Kinzig, Mühlbach, Mühlkanal und Schattenbach beeinflusst. Um diesen Einfluss entsprechend berücksichtigen zu können, wurde für die vorliegende Untersuchung ein gekoppeltes Grundwasser-Oberflächengewässermodell eingesetzt, mit dem sowohl die Abflussvorgänge in den Oberflächengewässern als auch im Grundwasserleiter simuliert werden können.

Die Berechnung der Fließvorgänge in den Oberflächengewässern erfolgte mit dem eindimensionalen hydronumerischen Simulationsmodell HYDRET, mit dem stationäre und instationäre Abflussvorgänge simuliert werden können. Dieses Modell ist mit dem Grundwassermodell MODFLOW gekoppelt. MODFLOW ist ein modulares, weltweit eingesetztes 3D-Finite-Differenzen-Grundwasserströmungsmodell, das vom U.S. Geological Survey (McDonald et al. 1988) entwickelt wurde. Mittlerweile liegt mit PMWIN (Processing Modflow for Windows) eine Weiterentwicklung dieses Modellsystems vor, die von W.-H. Chiang und W. Kinzelbach (1998) entwickelt wurde. Dieses Modellsystem wurde hier verwendet.

Das Fließgewässermodell berechnet die Wasserstände in den Oberflächengewässern unter Berücksichtigung der Austauschraten mit dem Grundwasser und übergibt Wasserstände und Konduktanzen der Oberflächengewässer als innere Randbedingungen an das Grundwassermodell. Mit dem Grundwassermodell werden die Grundwasserstände und die Austauschraten entlang der Oberflächengewässer berechnet, die dann wieder im Fließgewässermodell bei der Berechnung der Abflusszustände berücksichtigt werden. Diese Rechenschritte werden in jedem Simulationszeitschritt für alle Berechnungsknoten durchgeführt, an denen Grundwassermodell und Fließgewässermodell gekoppelt sind.

3.2 Modellaufbau Fließgewässersystem

Der Modellaufbau des Fließgewässersystems erfolgte anhand der vorliegenden vermessenen Querprofile von Kinzig, Schattenbach, Mühlbach und Mühlkanal. Dabei wurden auch sämtliche Bauwerke an den Gewässern berücksichtigt.

Tab. 3.1 zeigt die erfassten Gewässerlängen.

Tab. 3.1 Zusammenstellung der berücksichtigten Fließgewässerabschnitte

Gewässer	von	bis	Länge
Kinzig	km 44+800	km 39+250	5.550 m
Mühlbach	km 1+676	km 0+000	1.676 m
Schattenbach	km 0+441	km 0+000	441 m
Mühlkanal	km 0+864	km 0+000	864 m

3.3 Aufbau Grundwassermodell

3.3.1 Modellgebiet und Diskretisierung

Für das in der **Anlage 1** dargestellte Modellgebiet wurde ein einschichtiges Grundwassermodell aufgebaut. Die flächenhafte Ausdehnung des Grundwassermodells erstreckt sich über ca. 1200 m x 2500 m. Horizontal wurde das Grundwassermodell einheitlich im 20 m x 20 m – Raster diskretisiert.

Die mit Hilfe der vorhandenen Bohrprofile interpolierte Aquiferunterkante ist in der **Anlage 3** als Isohypsenplan abgebildet. Die ermittelte Mächtigkeit des Aquifers schwankt zwischen 10 m bis 12 m und reicht bis unterhalb der Deckschicht, die sich über die Geländeoberkante erstreckt. Im Bereich des geplanten Neubaugebiets „Mittelgrün“ liegt die Mächtigkeit zwischen 11,5 m und 12 m. Die Deckschichtdicke wurde im Mittel mit 0,5 m angesetzt.

3.3.2 Aquiferdurchlässigkeit

Im Rahmen der durchgeführten Modellanpassung (siehe Kap.4) wurde eine Parameterstudie durchgeführt, um die Sensitivität des Grundwassermodells auf verschiedene Beiwerte zu untersuchen. Dabei zeigte sich, dass die beste Anpassung mit Durchlässigkeitsbeiwerten (k_f -Werte) von $7 \cdot 10^{-4}$ m/s erreicht wurde. Diese Durchlässigkeit wurde im gesamten Modellgebiet angenommen. Eine räumliche Differenzierung dieser Werte konnte aufgrund der wenigen Grundwassermessstellen nicht ermittelt werden.

3.3.3 Zu- und Abfluss am Modellrand

Im Grundwassermodell MODFLOW sind prinzipiell vier Arten von Randbedingungen möglich:

0. Art: undurchlässiger Rand („no flow“)
1. Art: Potenzialrandbedingung (Dirichlet)
2. Art: Flussrandbedingung (Neumann)
3. Art: Flussrandbedingung mit Widerstand (Cauchy)

Im vorliegenden Grundwassermodell wurden die Randzellen des Modells im Norden als Festpotenzialzellen (Randbedingung 1. Art) definiert. Die Grundwasserstandshöhen dafür lieferten Wasserstände in der Kinzig in der Nähe des Festpotenzialrands.

Die Kinzig als Grundwasservorfluter bildet den östlichen Modellrand. Der Austausch zwischen den Oberflächengewässern, Kinzig, Mühlbach, Mühlkanal und Schattenbach und dem Grundwasser wird durch den Wasserstand im Gewässer, den Grundwasserstand, die Infiltrationsfläche und dem Leakage-Faktor berechnet.

Im Nordwesten wurde ein Randzufluss (Randbedingung 2. Art) angesetzt. Für die Größe des Randzuflusses wurden bei der Modellanpassung Werte zwischen 0,3 l/s bis 1 l/s ermittelt.

3.3.4 Grundwasserneubildung

Für das Modellgebiet wurde anhand vergleichbarer Untersuchungen eine mittlere Grundwasserneubildungsrate von 12,0 l/s·km² abgeschätzt.

4 Modellanpassung

4.1 Fließgewässermodell

4.1.1 Kinzig

Für die Kinzig liegen Wasserspiegelberechnungen aus Untersuchungen des Regierungspräsidiums Freiburg vor, die an Hochwassermarken und Pegelmessungen kalibriert wurden. Das hydraulische Fließgewässermodell für die Kinzig, das für die vorliegende Untersuchung aufgebaut wurde, wurde an diese Berechnungsergebnisse angepasst. Grundlage waren Ergebnisse für 50- und 100-jährliche Hochwasserabflüsse des Ingenieurbüros Ludwig aus der Flussgebietsuntersuchung Kinzig, die vom Regierungspräsidium Freiburg zur Verfügung gestellt wurden.

4.1.2 Mühlbach, Mühlkanal und Schattenbach

Für den Mühlbach, Mühlkanal und den Schattenbach lagen keine gemessenen Wasserstände zur Anpassung der Fließgewässermodelle an Hochwasserzustände vor. Deshalb wurden die Modellparameter (Rauhigkeitsbeiwerte k_{st}) entsprechend der Erfahrungswerte bei vergleichbaren Gewässern aus anderen Untersuchungen angenommen. Die berechneten Wasserspiegellagen für den Stichtag 02.11.2007 sind in **Anlage 4.1** für den Mühlbach und in **Anlage 4.2** für den Schattenbach als Längsschnitt dargestellt. Diese Wasserspiegellagen wurden bei der stationären Modellanpassung des Grundwassermodells als innere Randbedingungen zugrundegelegt.

4.2 Grundwassermodell

4.2.1 Stationäre Modellanpassung

Die stationäre Modellanpassung des Grundwassermodells wurde durch Simulation des Stichtags 02.11.2007 durchgeführt. In der Kinzig sind an diesem Tag nach Auswertung der Pegeldaten ca. $4 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeflossen, was deutlich unter Mittelwasserabfluss liegt. In den 3 - 4 Wochen vor dem 2.11.2007 weisen die gemessenen Werte an den beobachteten Grundwasserständen kaum Schwankungen auf, so dass für den gewählten Stichtag von einer nahezu stationären Grundwassersituation ausgegangen werden kann. Die horizontale Durchlässigkeit (k_f -Wert) des Grundwasserleiters und der Randzustrom wurden so angepasst, dass gemessene Grundwas-

serstände an den beiden Messstellen (Pegel Pumphaus und Pegel Buchholz) sehr gut nachvollzogen werden konnten.

Der berechnete Grundwassergleichenplan für den **Stichtag 02.11.2007** ist in der **Anlage 4.3** dargestellt.

4.2.2 Instationäre Modellanpassung

Um Hochwasserereignisse simulieren zu können, muss das Grundwassermodell auch instationär kalibriert werden. Dabei müssen vor allem die Speicherkoeffizienten des Grundwasserleiters angepasst werden. Da keine Grundwasserbeobachtungen zu historischen Hochwasserereignissen vorlagen, musste wiederum auf die Beobachtungen an den beiden Messstellen (Pegel Pumphaus und Pegel Buchholz) zurückgegriffen werden.

Nach dem Stichtag 02.11.2007 traten in der Kinzig in der Zeit bis Mitte Dezember zwei ca. 1-jährliche Hochwasserereignisse auf, die im Grundwasser zu deutlichen Grundwasseranstiegen führten. Das erste Hochwasserereignis lief in der Zeit vom 9. Nov. 07 bis zum 16. Nov. 07 ab und erreichte einen Scheitelwert von $123 \text{ m}^3/\text{s}$. Das zweite Hochwasserereignis trat in dem Zeitraum zwischen dem 1. Dez. 07 und dem 14. Dez. 07 auf. Der Maximalabfluss betrug bei diesem Ereignis $155 \text{ m}^3/\text{s}$. Für die instationäre Modellanpassung wurde der gesamte Zeitraum mit beiden Hochwasserereignissen ab dem 02. Nov. 07 bis zum 28. Dez. 07 nachgerechnet. Die Berechnungsergebnisse der stationären Modellanpassung konnten somit für die instationäre Modellanpassung (Nov. 2007) als Startwerte eingesetzt werden.

Die **Anlagen 4.4** und **4.5** zeigen die Modellanpassung durch den Vergleich gemessener an den beiden Messstellen. Man sieht, dass die gemessenen Grundwasserstände für diesen langen Zeitraum sehr gut nachvollzogen werden. In **Anlage 4.6** sind die maximalen Grundwasserstände für dieses Hochwasserereignis in einem Grundwassergleichenplan dargestellt. **Anlage 4.7** zeigt die Flurabstände (Differenz Geländeoberkante – max. Grundwasserstand). Hieraus wird deutlich, dass das Grundwasser in vielen Bereichen die Deckschicht erreicht, gespannte Grundwasserverhältnisse auftreten oder stellenweise das Grundwasser über der Geländeoberkante austritt.

5 Hydraulische Untersuchung des Ist-Zustandes

Um die Grundwasserverhältnisse insgesamt beurteilen und die Bemessungswerte für die Festlegungen im Bebauungsplan angeben zu können, sollten unterschiedliche hydrologische Zustände mit dem gekoppelten Grundwasser-Oberflächengewässermodell untersucht werden. Dabei sollte insbesondere der Einfluss von Kinzighochwasser aufgezeigt werden. Da Überflutungen in der Vergangenheit im Bereich des geplanten Baugebietes aber auch schon aufgrund von Hochwasser im Mühlbach (Welschensteinacher Talbach) aufgetreten sind, wurden auch „binnenseitige“ Hochwasserereignisse, ausgelöst durch Hochwasser im Mühlbach (Welschensteinacher Bach), simuliert.

Um die möglichen Auswirkungen der geplanten Aufschüttungen auf die Grundwasserverhältnisse bewerten zu können, mussten diese hydrologischen Zustände zunächst für den derzeitigen Ist-Zustand untersucht werden.

5.1 Fließgewässer

5.1.1 Schattenbach und Mühlbach

Mittelwasser im Mühlbach

Die Wasserspiegellage bei Mittelwasserverhältnissen im Mühlbach liegt geringfügig über den Wasserständen am Stichtag 02.11.2007. Die hierfür berechneten Wasserstände können der **Anlage 4.1** entnommen werden. Für den Schattenbach sind die berechneten Wasserstände für diesen Stichtag in **Anlage 4.2** dargestellt. Bei Mittelwasser liegen die Wasserstände etwas höher.

Mittleres Hochwasser (MHW) im Mühlbach

Aus der Hochwasserregionalisierung des Landes Baden-Württemberg lässt sich ableiten, dass bei einem mittleren Hochwasser im Mühlbach (Welschensteinacher Bach) ca. 12 m³/s abfließen. Bei diesem Abfluss tritt nach den hydraulischen Berechnungen im Schattenbach bereits Rückstau auf. Der Wasserspiegel stellt sich bei ca. 202,28 m+NN ein, wobei bereits erste kleinere Überflutungen auftreten. Die berechnete Wasserspiegellage für den Mühlbach bei MHW ist in **Anlage 5.1**, die für den Schattenbach in **Anlage 5.2** dargestellt. **Anlage 5.5** zeigt die sich einstellenden Überflutungsflächen im Lageplan.

10-jährliches Hochwasser (HQ₁₀) im Mühlbach

Bei einem 10-jährlichen Hochwasser am Mühlbach (Welschensteinacher Bach) ist in Steinach nach der Hochwasserregionalisierung mit einem Abfluss von ca. 22 m³/s zu rechnen. Die durchgeführten hydraulischen Berechnungen zeigen, dass damit die Leistungsfähigkeit des Mühlbachs in der Ortslage erreicht ist. An einigen Schwachstellen treten bereits Überflutungen auf. **Anlage 5.3** zeigt die berechnete Wasserspiegellage beim HQ₁₀ im Mühlbach.

Am Schattenbach kommt es aufgrund des Rückstaus vom Mühlbach her bei einem solchen Ereignis zu größeren Überflutungen. Der maximale Wasserspiegel stellt sich im Schattenbach im Bereich des geplanten Baugebiets „Mittelgrün“ bei ca. 202,77 m+NN ein. **Anlage 5.4** zeigt die berechnete Wasserspiegellage im Längsschnitt.

In **Anlage 5.5** ist die sich einstellende Überflutungsfläche dargestellt. Die Überflutungshöhe entspricht in etwa dem berechneten Wasserstand im Schattenbach. Dabei wurde unterstellt, dass das am Schattenbach über die Ufer getretene Wasser nicht breitflächig in die Ortslage abfließt, da dies mit dem eingesetzten eindimensionalen Strömungsmodell nicht simuliert werden kann.

100-jährliches Hochwasser (HQ₁₀₀) im Mühlbach

Da die Leistungsfähigkeit des Mühlbachs bei einem 10-jährlichen Hochwasserabfluss bereits erreicht wird, muss man davon ausgehen, dass bei extremeren Ereignissen, insbesondere bei einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ₁₀₀) am Mühlbach, in der Ortslage Steinach großflächige Überflutungen auftreten und das Wasser in den Straßen nach Norden in Richtung Kinzig abfließt. Solche Strömungszustände können dann nur noch mit einem zweidimensionalen Abflussmodell simuliert werden. Es ist davon auszugehen, dass im Bereich des geplanten Baugebietes sich dann aber keine wesentlich höheren Wasserstände als beim 10-jährlichen Hochwasser einstellen. Für die Aufgabenstellung des vorliegenden Gutachtens ist dieser Lastfall deshalb nicht relevant.

5.1.2 Kinzig

Durch die Wasserstände in der Kinzig werden die Grundwasserstände im Bereich der Ortslage Steinach maßgeblich geprägt. In hochwasserfreien Zeiten ist die Kinzig Grundwasservorfluter. Im Hochwasserfall infiltriert die Kinzig ins Grundwasser. Die Strömungsrichtung im Grundwasser dreht sich um. Die binnenseitigen Grundwasserstände steigen an. Eine Darstellung der Grundwassersituation im Bereich der Ortslage Steinach bzw. im Bereich des geplanten Baugebiets „Mittelgrün“ ist deshalb nur möglich, wenn die verschiedenen Abflusszustände in der Kinzig untersucht werden. Hochwasserereignisse müssen dabei allerdings instationär simuliert werden, um die zeitliche Belastung auf das Grundwasser realistisch ansetzen zu können.

Die maßgebenden statistischen Abflüsse in der Kinzig lassen sich aus den amtlichen Statistiken der LUBW an den Pegeln Hausach und Schwaibach ableiten. Steinach liegt in etwa in der Mitte zwischen diesen beiden Pegelstellen. In Tab. 5.1 sind die gewässerkundlichen Hauptzahlen für beide Pegel zusammengestellt.

Tab. 5.1 Gewässerkundliche Hauptzahlen für die Pegel Schwaibach und Hausach an der Kinzig (Quelle: LUNBW)

	Pegel Schwaibach	Kinzig bei gepl. Baugebiet „Mittelgrün“ in Steinach	Pegel Hausach
Lage oberhalb der Mündung	km 32+230	km 43+600 km 43+790	km 51+038
Einzugsgebietsfläche A_E	954 km ²		672 km ²
MNQ	4,7 m ³ /s	2,0 m ³ /s	1,4 m ³ /s
MQ	25 m ³ /s	19,0 m ³ /s	17,9 m ³ /s
HQ ₂	255 m ³ /s		233 m ³ /s
HQ ₁₀	533 m ³ /s		435 m ³ /s
HQ ₂₀	669 m ³ /s		519 m ³ /s
HQ ₅₀	874 m ³ /s		632 m ³ /s
HQ ₁₀₀	1049 m ³ /s	810,0 m ³ /s	720 m ³ /s

Mittelwasser

Der Mittelwasserabfluss in der Kinzig beträgt bei Steinach ca. 19 m³/s. Nach den hydraulischen Berechnungen liegt der Wasserstand in der Kinzig bei diesem Abfluss im Bereich des geplanten Baugebietes zwischen ca. 201,25 m+NN bis 201,50 m+NN. In **Anlage 5.6** ist die berechnete Wasserspiegellage für die Kinzig dargestellt.

Mittleres Hochwasser (MHQ) in der Kinzig

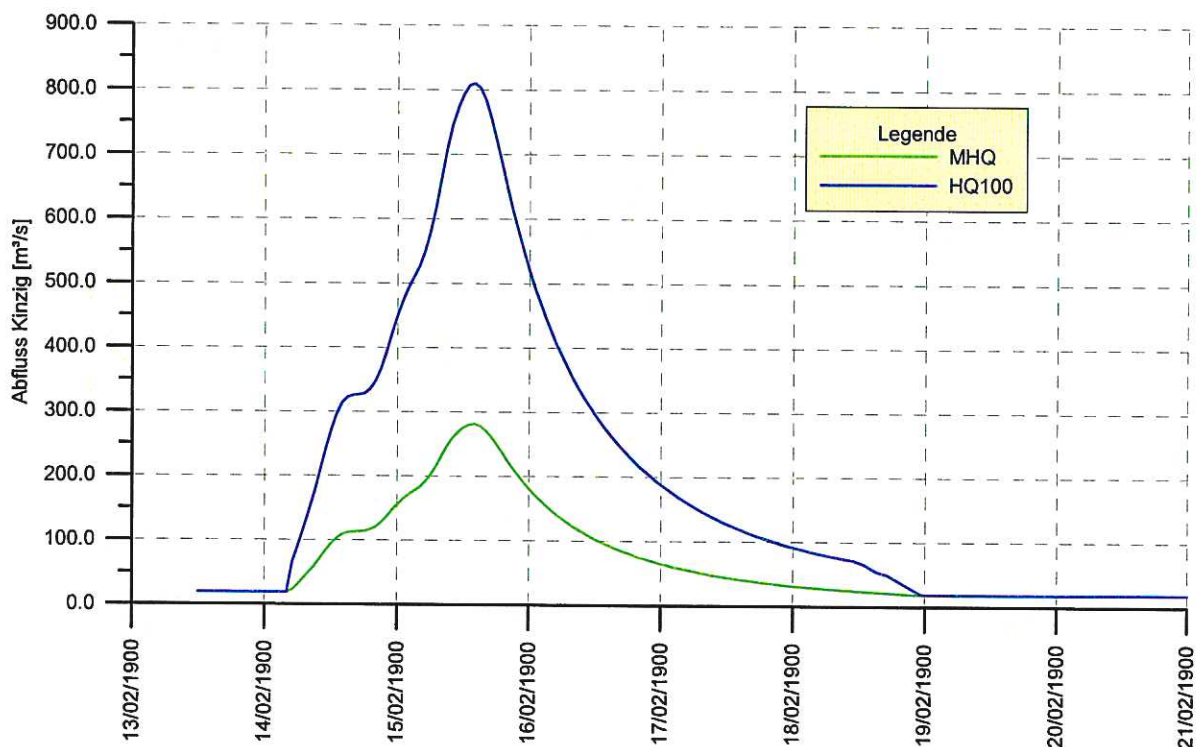
Der Scheitelabfluss bei einem mittleren Hochwasser beträgt nach der Hochwasserregionalisierung [LUBW] bei Steinach ca. 290 m³/s. Dabei handelt es sich um ein ca. 2- bis 5-jährliches Hochwasser. Um ein solches Hochwasser instationär simulieren zu können, wurde in Anlehnung an die Vorgehensweise des Ingenieurbüros Ludwig bei der Flussgebietsuntersuchung Kinzig die Hochwasserganglinie des historischen Hochwassers vom Februar 1990 herangezogen.

13/14
B

gen und auf den MHQ-Scheitelwert von 290 m³/s angepasst. Abb. 5.1 zeigt die konstruierte MHQ-Ganglinie.

Die berechneten maximalen Wasserstände in der Kinzig für dieses Ereignis sind in **Anlage 5.7** als Längsschnitt dargestellt. Im Bereich des geplanten Baugebietes „Mittelgrün“ liegen die Kinzig-Wasserstände bei MHQ zwischen 204,00 m+NN und 204,50 m+NN.

Abb. 5.1 Bemessungshochwasserganglinien für die Kinzig im Bereich der Ortslage Steinach



100-jährliches Hochwasser (HQ₁₀₀) in der Kinzig

Abb. 5.1 zeigt die konstruierte 100-jährliche Hochwasserabflussganglinie für den Bereich der Gemeinde Steinach. Die Ganglinie wurde entsprechend der Vorgehensweise bei MHQ aus der historischen Hochwasserganglinie vom HW Februar 1990 entwickelt und auf einen HQ₁₀₀-Scheitelabfluss von ca. 810 m³/s „aufgeblasen“. Die für dieses Ereignis berechneten maximalen Wasserstände in der Kinzig sind in **Anlage 5.8** im Längsschnitt dargestellt. Im Bereich des geplanten Baugebietes „Mittelgrün“ ergeben sich 100-jährliche Wasserstände zwischen 205,40 m+NN und 206,10 m+NN. Damit ist in diesem Bereich nur noch ein Freibord von 15 – 40 cm bis zur vorhandenen Dammkrone vorhanden.

5.2 Grundwasserstände

Die Grundwasserstände für den Ist-Zustand wurden mit dem gekoppelten Grundwasser-Oberflächengewässersmodell berechnet. Dabei wurden in den Fließgewässern die entsprechenden Abflusszustände berücksichtigt. Untersucht wurden Mittelwasserverhältnisse (MW) sowie ein mittleres Hochwasser (MHW) sowie ein 100-jährliches Hochwasser (HW_{100}) in der Kinzig. Mittelwasser wurde stationär und die beiden Hochwasserereignisse wurden instationär simuliert. Nachfolgend werden die Ergebnisse der durchgeführten Rechenläufe kurz beschrieben.

Mittelwasser (MW)

Die berechneten mittleren Grundwasserstände sind in **Anlage 5.9** als Grundwassergleichenplan dargestellt. Die Grundwasserfließrichtung ist parallel zur Kinzig in Richtung Norden ausgerichtet. Im Bereich des geplanten Baugebietes liegen die mittleren Grundwasserstände zwischen 201,80 m+NN am südlichen Rand und 201,25 m+NN am nördlichen Rand. Die geringsten Flurabstände treten bei MW mit ca. 25 cm bis 75 cm am westlichen Rand des Baugebietes auf. In **Anlage 5.10** sind die berechneten Flurabstände dargestellt.

Mittleres Hochwasser (MHW)

Die sich einstellenden maximalen Grundwasserstände bei einem mittleren Hochwasser in der Kinzig sind in **Anlage 5.11** als Grundwassergleichenplan aufgezeigt. Die Abbildung zeigt, dass die Kinzig stark infiltriert und sich deshalb eine Grundwasserfließrichtung in nordwestlicher Richtung einstellt. Die maximalen Grundwasserstände (Grundwasserpotentiale) treten mit einer Höhe von 203,10 m+NN im Nahbereich der Kinzig am östlichen Rand des geplanten Baugebietes auf. Am nordwestlichen Rand liegen die maximalen Grundwasserstände ca. 1 m tiefer.

Anlage 5.12 zeigt die sich dabei ergebenden Flurabstände. In mehreren Bereichen treten negative Flurabstände auf. Dies bedeutet, dass Grundwasser über Gelände austritt, wenn keine geschlossene und ausreichend dicke Deckschicht vorliegt, oder sich aber bereichsweise gespannte Grundwasserverhältnisse einstellen.

100-jährliches Hochwasser (HW_{100})

Bei einem 100-jährlichen Kinzighochwasser stellt sich ein noch größeres Grundwasserströmungsgefälle von der Kinzig her in nordwestlicher Richtung ein. **Anlage 5.13** zeigt die berechneten maximalen Grundwasserstände im Grundwassergleichenplan.

Am östlichen Rand des geplanten Baugebietes im Nahbereich des Kinzigdammes ergeben sich maximale Grundwasserstände bzw. Grundwasserpotentiale (bei geschlossener Deckschicht) von ca. 203,75 m+NN. In nordwestlicher Richtung nehmen diese maximalen Grundwasserstände dann auf ca. 202,20 m+NN ab.

13/16 B

Die Flurabstandskarte in Anlage 5.14 zeigt, dass beim 100-jährlichen Ereignis großflächig negative Flurabstände auftreten. Dies bedeutet wiederum, dass sich gespannte Grundwasser-Verhältnisse einstellen oder Grundwasser überall dort, wo die Deckschichten nicht ausreichend dick oder unterbrochen sind über Gelände austritt. Über dem Gelände austretendes Grundwasser wird sich dann entsprechend der Geländetopografie ausbreiten oder in Mulden und Senken sammeln. Im vorliegenden Fall ist nicht auszuschließen, dass sich ausgedehnte Druckwasserseen einstellen.

6 Untersuchung des Plan-Zustandes (Prognose)

6.1 Beschreibung des Plan-Zustandes

Im Rahmen der Erschließung des geplanten Baugebietes soll das zur Bebauung vorgesehene Gelände zumindest im Bereich der Straßen und privaten Grundstücke bis auf eine Höhe von ca. 204,00 m+NN aufgeschüttet werden. Zur Ableitung von Regenwasser sollen im öffentlichen Bereich nach unten abgedichtete Ableitungsgräben hergestellt werden. Auf eine gezielte Versickerung von Regenwasser im Baugebiet soll verzichtet werden.

Um einem Ansteigen der Grundwasserstände im Bereich der Aufschüttungen über die bisherigen Höchstwasserstände entgegenzuwirken, wird vorgeschlagen in dem geplanten Baugebiet Drainageleitungen zu verlegen, die eine Entwässerung bzw. Regulierung des ansteigenden Grundwassers auf dem bisherigen Niveau gewährleisten. Diese Drainageleitungen sollen weitestgehend in Abstimmung mit der Entwässerungsplanung im Bereich der geplanten Straßen über dem mittleren Grundwasserniveau auf bzw. in dem gewachsenen Boden eingebaut werden. Dabei ist darauf zu achten, dass vorhandene Deckschichten nicht zerstört werden.

Die Höhenlage, Dimension und Länge dieser Drainageleitungen wurde mit dem gekoppelten Grundwasser-Oberflächengewässermodell optimiert. **Anlage 6.1** zeigt die Lage des vorgeschlagenen Drainagenetzes. Dieser Vorschlag geht davon aus, dass eine zweigeteilte Regulierung des Grundwassers über die Drainageleitungen installiert wird. Im südlichen Teil des Baugebietes sollen die Drainageleitungen in den Schattenbach entwässern. Die Drainagen im nördlichen Teil des Baugebietes sollen am Wiesenbach, der entlang des Kinzigdammes verläuft, angeschlossen werden.

Für den Anschluss der Drainagen am Schattenbach wurde eine Einleitungshöhe von 202,00 m+NN ermittelt. Am Wiesenbach, der entlang des Kinzigdammes verläuft, wurde eine Anschlusshöhe von 202,50 m+NN berechnet. Da für den Wiesenbach keine Vermessung vorlag, konnte dessen Leistungsfähigkeit und genaue Höhenlage nicht zuverlässig ermittelt werden. In den Berechnungen wurde vorausgesetzt, dass eine Ableitung des Drainagewassers möglich ist. Hier sind im Rahmen der weiteren Planungen noch genauere Untersuchungen durchzuführen.

Es ist nicht auszuschließen, dass der Wiesenbach möglicherweise noch ausgebaut werden muss. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass der Graben in unmittelbarer Nachbarschaft zum Kinzigdamm (im Dammschutzstreifen?) verläuft, einem erhöhten Druckwasseranfall ausgesetzt ist und die Standsicherheit des Dammes bei allen Ausbauplanungen für den Wiesenbach nicht gefährdet werden darf. Deshalb sind im Rahmen der Detailplanung, diese Fragen abzuklären, insbesondere müssen die Grundwasserverhältnisse im Nahbereich noch einmal genauer untersucht und die erforderlichen geotechnischen Berechnungen durchgeführt werden. Alterna-

tiv wäre auch eine Ableitung des anfallenden Drainagewassers in diesem Bereich in einer geschlossenen Rohrleitung bzw. über ein kleines Pumpwerk zu prüfen.

Sofern eine Ableitung bzw. ausreichend gesicherte Vorflut im Wiesengraben oder entlang des Wiesengrabens möglich ist und auch eine Anschlusshöhe von 202,00 m+NN hergestellt werden kann, wäre auch ein Anschluss der Drainageleitungen des südlichen Baugebietes in diesem Bereich denkbar, um den Schattengraben zu entlasten. Wir weisen jedoch darauf hin, dass die Drainagewassermengen im Vergleich zum Abflussvermögens eines Grabens relativ gering sind und in einem Oberflächengewässer keine nennenswerte Verschlechterung der Abflussverhältnisse durch die Einleitung von Drainagewasser zu erwarten ist.

Um eine Einleitung von Oberflächenwasser aus dem Ableitungsgraben in die Drainageleitungen zu verhindern, sollte in den Drainagesystemen eine Absperrmöglichkeit im Bereich der Anschlussstelle vorgesehen werden.

6.2 Beeinflussung der Grundwasserstände bei MW

Da die mittleren Grundwasserstände im Bereich des geplanten Baugebiets unter der derzeitigen Geländeoberkante liegen, ist bei diesen hydrologischen Verhältnissen durch die geplanten Maßnahmen keine negative Beeinflussung der Grundwasserverhältnisse gegeben.

6.3 Beeinflussung der Grundwasserstände bei Hochwasser im Mühlbach

In Kap. 5 Abschnitt 5.1.1 wurde aufgezeigt, dass bereits bei 10-jährlichem Hochwasser im Mühlbach (Welschensteinacher Bach) durch Rückstau in den Schattenbach auch im Bereich des geplanten Baugebietes Überflutungen auftreten. Die sich einstellende Überflutungsfläche ist in Anlage 5.5 dargestellt. Durch die geplanten Aufschüttungen im Bereich des geplanten Baugebietes wird Überflutungsvolumen verloren gehen. Damit ist jedoch keine Verschlechterung für die unterhalb des Baugebiets liegende Bebauung gegeben. Durch die Reduktion der Überflutungsfläche ist eher eine geringe Verbesserung für die direkten Unterlieger zu erwarten.

Grundsätzlich ist für diesen Lastfall aber festzustellen, dass die vorhandene Hochwassersicherheit (< 10-jährlich !) am Mühlbach innerorts bei weitem nicht ausreichend ist und hier eine Verbesserung des Hochwasserschutzes angestrebt werden sollte, die auch den Bereich entlang des Schattenbaches mit einschließt. Damit würden die durch Rückstau vom Mühlbach her am Schattenbach verursachten Überflutungen zukünftig nicht mehr auftreten.

6.4 Beeinflussung der Grundwasserstände bei Kinzighochwasser

Um die Auswirkungen der geplanten Aufschüttungen bei einem extremen Kinzighochwasser aufzuzeigen, wurden mit dem gekoppelten Grundwasser-Oberflächengewässermodell Prognoseberechnungen durchgeführt. Simuliert wurde ein 100-jährliches Kinzighochwasser entsprechend der Untersuchungen für den Ist-Zustand. Dabei wurden im Grundwassermodell die vorgeschlagenen Drainageleitungen und die Aufschüttungen im Bereich des geplanten Baugebiets berücksichtigt.

Die berechneten maximalen Grundwasserstände sind in **Anlage 6.2** als Grundwassergleichplan dargestellt.

Anlage 6.3 zeigt die Differenzen zu den maximalen Grundwasserständen beim Ist-Zustand. Diese Darstellung zeigt, dass keine Grundwasserstandserhöhungen durch das geplante Baugebiet zu erwarten sind. Aufgrund der eingebauten Drainagen werden die maximalen Grundwasserstände bereichsweise um bis zu 7 cm gegenüber dem Ist-Zustand abgesenkt.

In **Anlage 6.4** sind die berechneten Grundwasserganglinien für den Plan-Zustand im Bereich von zwei ausgewählten bestehenden Häusern, die maximal 50 m bis 100 m in nordwestlicher Richtung von dem geplanten Baugebiet entfernt sind, im Vergleich zu den berechneten Ganglinien für den Ist-Zustand dargestellt. Auch hier zeigt sich, dass auch in diesem Bereich keine Verschlechterung der Grundwasserverhältnisse gegeben ist, sondern eher kleinere Verbesserungen möglich sind.

Die bei diesem Ereignis anfallenden maximalen Drainagewassermengen wurden bei sehr ungünstigen Annahmen im Grundwassermodell mit ca. 10 l/s bis 20 l/s für die Ableitung in den Schattenbach und ca. 20 l/s bis 30 l/s in den Wiesenbach berechnet.

7 Empfehlungen

7.1 Regulierung der Grundwasserstände

Es wird vorgeschlagen, bei einer Realisierung des geplanten Baugebietes und den vorgesehenen Aufschüttungen zur Regulierung der Grundwasserstände bei Hochwasser Drainagerohre DN 300 unter den Aufschüttungen einzubauen. Die Drainagerohre sollen über dem derzeitigen mittleren Grundwasserstand mit einer maximalen Anschlusshöhe von 202,00 m+NN am Schatzenbach bzw. 202,50 m+ NN am Wiesenbach verlegt werden. Alternativ sind auch andere Anschluss- bzw. Ableitungsvarianten möglich. Die angegebenen Anschlusshöhen dürfen jedoch nicht überschritten werden und die Drainageleitungen müssen ausreichend dimensioniert sein, um die anfallenden Drainagewassermengen sicher abführen zu können.

Es wird empfohlen, die Dimensionierung des Drainagerohrnetzes im Rahmen der Planung weiter zu optimieren. Sofern der Wiesenbach zur Ableitung herangezogen wird, sollen ebenfalls weitergehende Untersuchungen in Bezug auf den Druckwasseranfall im Nahbereich der Kinzig durchgeführt werden.

Im Bedarfsfall sollte auch eine Ableitung des Drainagewassers über ein Pumpwerk in Erwägung gezogen werden.

Bei der Planung sind die entsprechenden Vorschriften und DIN-Normen zu beachten.

7.2 Schüttmaterial

Als Schüttmaterial sollte kein bindiges Material verwendet werden. Es wird empfohlen, grobkörniges, sandig-kiesiges Material einzusetzen, das ein großes Porenvolumen aufweist. Zur Festlegung des Schüttmaterials sollte ein Bodengutachter herangezogen werden.

7.3 Versickerung von Regenwasser im Baugebiet

Aufgrund der Druckwasserproblematik und der vorherrschenden hohen Grundwasserstände sollte auch in dem aufgeschütteten Bereich auf eine gezielte Versickerung von Regenwasser verzichtet werden. Sofern das Regenwasser in offenen Gräben abgeleitet wird, sollten diese abgedichtet werden.

13/21 B

8 Zusammenfassung

Die Gemeinde Steinach plant im Bereich „Mittelgrün“ ein neues Baugebiet zu erschließen. Das Plangebiet liegt am südlichen Ortsrand im Nahbereich der Kinzig. Die Grundwasserverhältnisse sind deshalb sehr stark durch die Wasserstände in der Kinzig geprägt. Bei Kinzighochwasser fällt verstärkt Druckwasser an, das bereichsweise oberflächlich austritt und entsprechend der Geländetopografie zu flächigen Überflutungen in diesem Bereich führen kann. Aufgrund dieser Randbedingungen soll das geplante Baugebiet aufgeschüttet werden.

Mit Hilfe einer Grundwassermodelluntersuchung sollten Bemessungswasserstände im Bereich des Baugebietes ermittelt und die Auswirkungen dieser Aufschüttungen auf die umliegenden Grundwasserverhältnisse aufgezeigt werden. Dabei war die Wechselwirkung des Grundwassers mit der Kinzig und den binnenseitigen Gewässern und Gräben zu berücksichtigen.

Zur Lösung dieser Aufgabe wurde ein gekoppeltes Grundwasser-Oberflächengewässermodell aufgebaut, das alle Oberflächengewässer im Untersuchungsgebiet berücksichtigt. Mit diesem gekoppelten Modell konnten die Abflussvorgänge in den Oberflächengewässern simuliert und die Strömungsvorgänge im Aquifer unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser nachgebildet werden.

Das Modell wurde durch Nachrechnung gemessener Zustände stationär und instationär kalibriert. Es wurden Mittelwasserverhältnisse und statistische Hochwasserereignisse simuliert. Zunächst wurde für die verschiedenen hydrologischen Zustände der Ist-Zustand untersucht und die entsprechenden Bemessungswasserstände im Grundwasser und in den Oberflächengewässern ermittelt.

Die mittleren Grundwasserstände im Bereich des Baugebietes liegen nach den Berechnungen mit dem aufgestellten Modellsystem zwischen 201,80 m+NN und 201,25 m+NN.

Die maximalen Grundwasserstände steigen bei einem 100-jährlichen Kinzighochwasser am östlichen Rand des Baugebietes, im Bereich nahe der Kinzig bis auf ca. 203,75 m+NN an. Am nordwestlichen Rand des geplanten Baugebietes ergeben sich maximale Grundwasserstände von ca. 202,20 m+NN. Diese maximalen Grundwasserstände liegen in vielen Bereichen über der bestehenden Geländehöhe. Bei ausreichender Deckschichtdicke stellen sich somit gespannte bzw. teilgespannte Grundwasserverhältnisse ein. Dort wo die Deckschichten nicht geschlossen oder durchlässiger sind, wird Grundwasser über Gelände austreten und es werden Druckwasserflächen entstehen.

Weiterhin können im Bereich des geplanten Baugebiets und oberhalb davon auch durch Rückstau im Schattengraben, vom Mühlbach ausgelöst, Überflutungen auftreten. Diese Überflutungen sind bereits bei einem 10-jährlichem Hochwasser im Mühlbach (Welschensteinacher Bach) großflächig vorhanden.

Dabei zeigte sich aber auch, dass der Mühlbach in der Ortslage nur einen 10-jährlichen Hochwasserschutz aufweist.

Aufgrund der vorherrschenden Grundwasserverhältnisse soll das geplante Baugebiet aufgeschüttet werden. Im Rahmen der Untersuchung wurde vorgeschlagen, im Bereich der Aufschüttungen auf Höhe der derzeitigen Geländeoberkante über dem mittleren Grundwasserstand zur Regulierung des bei Hochwasser ansteigenden Grundwassers Drainagerohre einzubauen.

Die Wirkung dieser Maßnahmen wurde in Prognoserechnungen mit dem gekoppelten Grundwasser-Oberflächengewässermodell aufgezeigt. Es zeigte sich, dass bei einem 100-jährlichen Kinzighochwasser die Grundwasserstände sich für den Plan-Zustand im gesamten Untersuchungsgebiet nicht erhöhen, sich im Bereich der verlegten Drainagerohre unter den Aufschüttungen und im näheren Umfeld der Maßnahme sogar geringfügige Grundwasserstandsabsenkungen (bis zu 7 cm) einstellen.

Damit konnte nachgewiesen werden, dass die Grundwasserverhältnisse sich durch das geplante Baugebiet nicht verschlechtern und Dritte nicht benachteiligt werden.

Die anfallenden Drainagewassermengen sollen in den Schattengraben und in den entlang des Kinzigdammes verlaufenden Wiesengraben abgeleitet werden. Alternativ wäre technisch auch eine Ableitung des gesamten Drainagewassers in den Wiesengraben denkbar, sofern dort eine ausreichende Vorflut hergestellt werden kann. Hier wurde darauf hingewiesen, dass ergänzende Untersuchungen, eine detaillierte Vermessung, geotechnische Berechnungen und weiterführende Grundwassermodellberechnungen im Rahmen der Detailplanungen erforderlich werden.

Die abzuleitenden Drainagewassermengen wurden mit 10 l/s bis 20 l/s zum Schattengraben und ca. 20 l/s bis 30 l/s zum Wiesengraben ermittelt. Sollte eine Ableitung im Wiesengraben problematisch sein, wäre alternativ auch eine Ableitung des Drainagewassers über eine Rohrleitung oder über ein kleines Pumpwerk denkbar.

Durch die geplanten Aufschüttungen werden die Überflutungsflächen bzw. das Überflutungsvolumen bei den durch Rückstau im Schattenbach entstehenden Überflutungen reduziert. Dies führt jedoch nicht zu einer Erhöhung der Grundwasserstände oder erhöhtem Druckwasseranfall. Eine Verschlechterung für Dritte ist hierdurch nicht gegeben.

Mit einer Verbesserung des innerörtlichen Hochwasserschutzes am Mühlbach, bei dem auch der Schattenbach einbezogen werden muss, könnten diese durch Rückstau verursachten Überflutungen zukünftig verhindert werden.

Verwendete Unterlagen

- [1] M.G. McDonald & Harbaugh, A.W.: "A Modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model", U.S. Geological Survey Modeling Techniques Book 6, USA, 1988.
- [2] W.-H. Chiang & Kinzelbach, W.: "3D-Groundwater Modeling with PMWIN, A Simulation System for Modeling Groundwater Flow and Pollution", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001.
- [3] Regierungspräsidium Freiburg: Flussgebietsuntersuchung Kinzig, Hydraulische Berechnungen des Ingenieurbüros Ludwig , auszugsweise.
- [4] DWD: Langjährige Niederschlagsdaten, Tageswerte der Station Wolfach, Stand März 2006.